



## รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การประเมินผลกระทบการสั่นสะเทือนของโครงสร้างทาง  
พิเศษยกระดับที่มีต่อผู้ปฏิบัติงาน ณ ด้านเก็บค่าผ่านทาง  
Assessment on Effect of Elevated Expressway  
Structural Vibration to Toll Station Officers

พัชรพงษ์ อาสนจินดา

โครงการวิจัยประเภทงบประมาณเงินรายได้  
จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน)  
ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. ๒๕๕๙  
มหาวิทยาลัยบูรพา

รหัสโครงการ 2559A10802126

สัญญาเลขที่ 134/2559

## รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การประเมินผลกระทบการสั่นสะเทือนของโครงสร้างทาง  
พิเศษยกระดับที่มีต่อผู้ปฏิบัติงาน ณ ด้านเก็บค่าผ่านทาง

Assessment on Effect of Elevated Expressway  
Structural Vibration to Toll Station Officers

พัชรพงษ์ อาสนจินดา

คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยบูรพา

## กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2559 มหาวิทยาลัยบูรพา ผ่านสำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ เลขที่สัญญา 134/2559

ผู้วิจัยขอขอบคุณ การทางพิเศษแห่งประเทศไทย ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ให้ผู้วิจัยเข้าเก็บสำรวจข้อมูลภาคสนาม ณ ด่านรับชำระค่าผ่านทางทางพิเศษบูรพาวิถี

## บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลกระทบการสั่นสะเทือนของโครงสร้างทางพิเศษยกระดับที่มีผลต่อบุคคลบริเวณสถานีชำระค่าผ่านทาง โดยทำการตรวจวัดขนาดและความถี่ของความเร่งการสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นเพื่อนำไปวิเคราะห์ระดับการรับรู้ที่มีต่อบุคคลซึ่งปฏิบัติงานบริเวณด่านเก็บค่าผ่านทาง และนำไปเปรียบเทียบและนำเสนอเกณฑ์ระดับการรับรู้ต่อไป

การศึกษาได้ทำการทดสอบ ณ ทางพิเศษยกระดับบูรพาวิถี ด้านชลบุรี โดยตรวจวัดความเร่งการสั่นสะเทือนในช่องบริการสำหรับยานพาหนะ ช่องบริการสำหรับยานพาหนะ 4 ล้อ แบบปกติและแบบ Easy Pass โดยติดตั้งหัววัดความเร่งเพื่อวัดค่าการสั่นสะเทือนที่ผิวจราจรและเกาะคอนกรีตซึ่งติดตั้งตู้เก็บค่าผ่านทาง และได้ทำการสัมภาษณ์ระดับการรับรู้การสั่นสะเทือนที่ส่งผลต่อบุคคล จากนั้นจึงได้นำข้อมูลการตรวจวัดและการสัมภาษณ์มาวิเคราะห์ระดับการสั่นสะเทือนที่ส่งผลต่อระดับการรับรู้ของบุคคล ตามปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ช่วงเวลาและปริมาณยานพาหนะ ประเภทยานพาหนะ ตำแหน่งของตู้เก็บค่าผ่านทาง และประเภทช่องบริการ

จากผลการศึกษาพบว่า ช่วงเวลาและปริมาณยานพาหนะมีผลต่อระดับการรับรู้อย่างมีนัยสำคัญ โดยช่วงเวลาที่มียานพาหนะน้อยจะมีค่าระดับการรับรู้การสั่นสะเทือนที่สูงกว่า เนื่องจากผลของการเบรกยานพาหนะที่เคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูงขณะเข้าด่านเก็บค่าผ่านทาง และพบว่ายานพาหนะที่มีน้ำหนักมากจะส่งผลให้ขนาดความเร่งการสั่นสะเทือนมีค่าเพิ่มขึ้น การติดตั้งตู้เก็บค่าผ่านทางบนเกาะคอนกรีตสามารถลดระดับการสั่นสะเทือนลงได้อย่างชัดเจนถึงประมาณร้อยละ 19 การสั่นสะเทือนของช่องบริการแบบ Easy Pass จะมีระดับการรับรู้ที่ต่ำกว่าช่องบริการแบบปกติเนื่องจากไม่มีการหยุดรถ และงานวิจัยนี้ได้นำเสนอเกณฑ์ระดับการรับรู้การสั่นสะเทือนของทางพิเศษยกระดับ ซึ่งสามารถแบ่งระดับการรับรู้ได้ 3 ระดับได้แก่ ไม่รู้สึกรู้สึกได้บ้าง (imperceptible) รู้สึกได้บ้าง (barely perceptible) รู้สึกได้อย่างชัดเจน (distinctly perceptible) โดยมีขนาดการสั่นสะเทือนอยู่ในช่วงระหว่าง 0.001g - 0.030g และมีค่าความถี่การสั่นสะเทือนอยู่ในช่วง 2 - 20 Hz.

## Abstract

This research aimed to study on effect of elevated expressway vibration to personal perceptibility at toll station. The amplitude and frequency of vibration were measured to analyze the level of personal vibration perceptibility for those who work at toll station. The vibration perceptibility standard was compared and proposed in this study.

The experimental study was carried out at Buraphawithi elevated expressway - Chonburi station. The measurement was conducted at different pay toll lanes including heavy vehicle lane, regular lane for 4-wheel vehicle and Easy Pass lane for 4-wheel vehicle. The acceleration transducers were installed at both the pavement and the concrete isle right next to the toll booths. The level of personal vibration perceptibility was collected from the interview. The perceptibility level was analyzed by consideration of relevant factors i.e. time period and amount of vehicle travels, vehicle type, location of toll booth and type of service lanes.

Regarding to the results of study, it was found that time period and amount of vehicle travels significantly affect to perceptibility level. Time period having fewer vehicles provided higher level of perceptibility due to braking effect of higher speed vehicle approaching to the toll station. Moreover, it was observed that heavier vehicle induced larger amplitude of vibration acceleration. Placing the toll booth on concrete isle could apparently reduce the vibration level up to 19% approximately. Vibration of Easy Pass lane was found to be lower than regular lane because of no pausing car. Finally, the standard of personal vibration perceptibility for elevated expressway was proposed in this research. The level of perceptibility could be categorized into 3 levels i.e. imperceptible, barely perceptible and distinctly perceptible where the amplitude and the frequency of vibrations were in the range of 0.001g-0.030g and 2-20 Hz, respectively.

## สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ.....	ก
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ค
สารบัญ.....	ง
สารบัญตาราง.....	ฉ
สารบัญภาพ.....	ช
บทที่ 1 บทนำ.....	1
ที่มาและความสำคัญ.....	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	1
ขอบเขตของการวิจัย.....	2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
บทที่ 2 งานวิจัยในอดีตและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	3
การรับรู้การสิ้นสະเทือนของบุคคล.....	3
คุณสมบัติพื้นฐานทางพลศาสตร์โครงสร้างทางพิเศษยกระดับ.....	3
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	4
บทที่ 3 วิธีการศึกษา.....	9
บทนำ.....	9
พื้นที่การศึกษา.....	9
อุปกรณ์.....	12
การติดตั้งอุปกรณ์.....	15
การสัมภาษณ์ระดับการรับรู้การสิ้นสະเทือน.....	18
ตัวอย่างแบบสัมภาษณ์ระดับการรับรู้การสิ้นสະเทือน.....	19
ปัจจัยการศึกษา.....	20
กรณีศึกษา.....	21
บทที่ 4 ผลการศึกษา.....	23
ภาพรวมการศึกษา.....	23
ระดับความเร่งการสิ้นสະเทือนที่ได้จากการตรวจวัดขนาดความเร่งการสิ้นสະเทือน.....	26
ปัจจัยของช่วงเวลาที่มึปริมาณยานพาหนะมากกับช่วงที่มึปริมาณยานพาหนะน้อย.....	26
ปัจจัยของประเภทยานพาหนะ.....	30
ปัจจัยของตำแหน่งจุดตรวจวัดขนาดความเร่งการสิ้นสະเทือน.....	36

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ปัจจัยของประเภทของช่องบริการธรรมกับช่อง Easy Pass.....	41
ระดับการรับรู้การสิ้นสะเทือนที่ได้จากการสัมภาษณ์.....	45
เกณฑ์ตรวจวัดระดับการรับรู้การสิ้นสะเทือนสำหรับโครงสร้างทางพิเศษยกระดับ.....	46
บทที่ 5 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ.....	49
สรุปผลการศึกษาพฤติกรรมการสิ้นสะเทือนที่มีผลต่อระดับการรับรู้การสิ้นสะเทือน.....	49
สรุปผลการศึกษาเกณฑ์มาตรฐานเกณฑ์มาตรฐานสำหรับการวิเคราะห์ระดับการรับรู้การสิ้นสะเทือน.....	49
ข้อเสนอแนะสำหรับตรวจวัดระดับการรับรู้การสิ้นสะเทือนของทางพิเศษยกระดับ.....	50
ข้อเสนอแนะสำหรับการพัฒนา.....	50
รายงานสรุปการเงิน.....	51
บรรณานุกรม.....	52
ภาคผนวก.....	54
ประวัตินักวิจัย.....	100

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ผลกระทบเนื่องจากความสั่นสะเทือนที่มีต่อคนและอาคารสิ่งปลูกสร้าง.....	5
2.2 มาตรฐานกำหนดระดับความสั่นสะเทือนที่ก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพของมนุษย์และการรับรู้ของกระทรวงโลหะวัสดุและวิศวกรรมเคมี ประเทศไทย.....	6
2.3 ระดับการสั่นสะเทือนและผลกระทบต่อความรู้สึกไม่สบายของคน.....	7
3.1 กรณศึกษาทั้งหมด.....	22
3.2 จำนวนเหตุการณ์ที่ทำการตรวจวัดได้ทั้งหมด.....	22
4.1 ปริมาณข้อมูลของยานพาหนะแต่ละประเภท.....	25
4.2 ร้อยละของระดับการรับรู้ที่ได้จากการตรวจวัดขนาดความเร่งบริเวณผิวจราจรและตู้เก็บค่าผ่านทาง.....	25
4.3 ร้อยละของระดับการรับรู้ที่ได้จากการสัมภาษณ์บริเวณตู้เก็บค่าผ่านทาง.....	26
4.4 ระดับการรับรู้การสั่นสะเทือนที่ส่งผลต่อการรับรู้ของคุณ เมื่อเปรียบเทียบตามปริมาณยานพาหนะ.....	28
4.5 สรุประดับการรับรู้การสั่นสะเทือนที่ส่งผลต่อการรับรู้ของคุณ เมื่อเปรียบเทียบตามปริมาณยานพาหนะ.....	29
4.6 ระดับการรับรู้การสั่นสะเทือนที่ส่งผลต่อการรับรู้ของคุณ เมื่อเปรียบเทียบตามประเภทยานพาหนะ.....	32
4.7 สรุประดับการรับรู้การสั่นสะเทือนที่ส่งผลต่อการรับรู้ของคุณ เมื่อเปรียบเทียบตามประเภทยานพาหนะ.....	33
4.8 ร้อยละของระดับการรับรู้ที่ได้จากการตรวจวัดขนาดความเร่ง จุดตรวจวัดบริเวณผิวจราจรและบริเวณตู้เก็บค่าผ่านทาง.....	38
4.9 ร้อยละของระดับการรับรู้ที่ได้จากการแปลงค่าขนาดความเร่ง ช่องบริการแบบปกติและช่องบริการแบบ Easy Pass.....	42
4.10 ระดับการรับรู้การสั่นสะเทือนที่ได้จากการสัมภาษณ์.....	46
4.11 ระดับการรับรู้การสั่นสะเทือนจากเกณฑ์ที่น่าเสนอ.....	48
ผ.1 ข้อมูลความเร่งและความถี่การสั่นสะเทือนที่ตรวจวัดได้ กรณียานพาหนะตั้งแต่ 6 ล้อขึ้นไป สัญจรในช่วงเวลา 8.00-10.00.....	55
ผ.2 ข้อมูลความเร่งและความถี่การสั่นสะเทือนที่ตรวจวัดได้ กรณียานพาหนะตั้งแต่ 6 ล้อขึ้นไป สัญจรในช่วงเวลา 15.00-17.00 น.....	58



สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
ผ.3 ข้อมูลความเร่งและความถี่การสิ้นสเทือนที่ตรวจวัดได้ กรณียานพาหนะ 4 ล้อขึ้นไป ใน ช่องบริการ Easy Pass สัญจรในระยะเวลา 10.00-11.00 น.....	60
ผ.4 ข้อมูลความเร่งและความถี่การสิ้นสเทือนที่ตรวจวัดได้ กรณียานพาหนะ 4 ล้อขึ้นไป ใน ช่องบริการปกติ สัญจรในระยะเวลา 10.00-11.00 น.....	63
ผ.5 ข้อมูลระดับการรับรู้การสิ้นสเทือนที่ได้จากการสัมภาษณ์ ช่องบริการรถบรรทุกสัญจรใน ช่วงเวลา 8.00 – 10.00 น.....	68
ผ.6 ข้อมูลระดับการรับรู้การสิ้นสเทือนที่ได้จากการสัมภาษณ์ ช่องบริการรถบรรทุกสัญจรใน ช่วงเวลา 15.00 – 17.00 น.....	78
ผ.7 ข้อมูลระดับการรับรู้การสิ้นสเทือนที่ได้จากการสัมภาษณ์ กรณีช่องบริการยานพาหนะ 4 ล้อแบบปกติ สัญจรในระยะเวลา 10.00-11.00 น.....	88
ผ.8 ข้อมูลระดับการรับรู้การสิ้นสเทือนที่ได้จากการสัมภาษณ์ กรณีช่องบริการยานพาหนะ 4 ล้อ แบบ Easy Pass สัญจรในระยะเวลา 10.00-11.00 น.....	96

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 การสั่นสะเทือนในแนวแกนอ้างอิงต่าง ๆ ของร่างกายในท่านอน นิ่งและยืน.....	4
2.2 การรับรู้ต่อการสั่นสะเทือนในแนวดิ่งของมนุษย์.....	4
2.3 เกณฑ์ระดับการรับรู้ความสั่นสะเทือนต่อบุคคลโดย ISO สมาคมนักสุขศาสตร์อุตสาหกรรม แห่งสหรัฐอเมริกา (American Conference Governmental).....	6
2.4 เกณฑ์มาตรฐานการรับรู้การสั่นสะเทือน G.A. Athanasopoulos และ P.C. Pelekis.....	8
3.1 ด้านเก็บค่าผ่านทาง ด้านชลบุรีขาออก.....	10
3.2 ตำแหน่งการติดตั้งอุปกรณ์.....	11
3.3 หัววัดขนาดความเร่ง (Acceleration transducer).....	12
3.4 โมดูลแปลงสัญญาณวงจรแบบบริดจ์ (Bridge signal module).....	12
3.5 เครื่องรวมสัญญาณความถี่สูงแบบหลายช่องสัญญาณ (High frequency multi- channel data acquisition unit).....	13
3.6 คอมพิวเตอร์ (Computer).....	13
3.7 สายสัญญาณแบบ RJ-45 และ RJ-50 (RJ-45, RJ-50 cables).....	14
3.8 เครื่องสำรองไฟ (Power supply).....	14
3.9 แผ่นติดตั้งหัววัดความเร่ง (Acceleration transducer mounting pad).....	15
3.10 กล้องวิดีโอ (VDO camera).....	15
3.11 ติดหัววัดขนาดความเร่งติดเข้ากับแผ่นติดตั้ง.....	16
3.12 ตัวแปลงสายสัญญาณ.....	16
3.13 การต่อโมดูลแปลงสัญญาณวงจรแบบบริดจ์ (Bridge signal module) เข้ากับเครื่องรวม สัญญาณความถี่สูงแบบหลายช่องสัญญาณ (High frequency multi-channel data acquisition unit).....	16
3.14 การเชื่อมต่อระหว่างเครื่องรวมสัญญาณความถี่สูงแบบหลายช่องสัญญาณ (High Frequency multi-channel data acquisition unit) เข้ากับคอมพิวเตอร์.....	17
3.15 การติดตั้งกล้องวิดีโอ.....	17
3.16 มุมกล้องที่ได้จากกล้องวิดีโอ.....	18
4.1 ระดับการรับรู้การสั่นสะเทือนที่ส่งผลต่อบุคคล ณ ด้านเก็บค่าผ่านทาง.....	24
4.2 ระดับการรับรู้การสั่นสะเทือนโดยพิจารณาตามช่วงเวลาที่ปริมาณยานพาหนะมากกับ ช่วงที่มีปริมาณยานพาหนะน้อย จุดตรวจวัดช่องบริการที่ 1.....	26
4.3 ระดับการรับรู้การสั่นสะเทือนโดยพิจารณาตามประเภทยานพาหนะ.....	27

## สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.4 ตัวอย่างระดับการรับรู้การสิ้นสະเทือนโดยพิจารณาตามช่วงเวลาที่มืปริมาณยานพาหนะมากกับช่วงที่มีปริมาณยานพาหนะน้อย.....	30
4.5 ระดับการรับรู้การสิ้นสະเทือนโดยพิจารณาจากประเภทยานพาหนะช่องบริการที่ 1.....	30
4.6 ระดับการรับรู้การสิ้นสະเทือนโดยพิจารณาตามประเภทยานพาหนะ.....	31
4.7 ตัวอย่างสัญญาณและภาพยานพาหนะ 6 ล้อ.....	34
4.8 ตัวอย่างสัญญาณและภาพยานพาหนะ 18 ล้อ.....	35
4.9 ระดับการรับรู้การสิ้นสະเทือนของยานพาหนะ 6 ล้อ และ 18 ล้อ.....	36
4.10 ค่าระดับการรับรู้การสิ้นสະเทือน เมื่อเทียบระหว่างจุดตรวจวัดบริเวณผิวจราจรกับบริเวณตู้เก็บค่าผ่านทาง.....	36
4.11 ระดับการรับรู้การสิ้นสະเทือนโดยพิจารณาตามจุดตรวจวัดบริเวณผิวจราจรและบริเวณตู้เก็บค่าผ่านทาง โดยแบ่งตามประเภทยานพาหนะ.....	37
4.12 ตัวอย่างสัญญาณยานพาหนะ 18 ล้อ จุดตรวจวัดบริเวณผิวจราจร.....	39
4.13 ตัวอย่างสัญญาณยานพาหนะ 18 ล้อ จุดตรวจวัดบริเวณตู้เก็บค่าผ่านทาง.....	40
4.14 ภาพยานพาหนะ 18 ล้อ ของเหตุการณ์ดังภาพที่ 4.12 และ 4.13.....	40
4.15 ระดับการรับรู้การสิ้นสະเทือนของยานพาหนะ 18 ล้อ จุดตรวจวัดบริเวณจราจรและบริเวณตู้เก็บค่าผ่านทาง.....	41
4.16 ค่าระดับการรับรู้การสิ้นสະเทือน เมื่อเทียบระหว่างช่องบริการปกติกับช่องบริการแบบ Easy Pass.....	41
4.17 ตัวอย่างสัญญาณยานพาหนะ 4 ล้อ ในช่องบริการปกติ.....	43
4.18 ตัวอย่างสัญญาณยานพาหนะ 4 ล้อ ในช่องบริการ Easy Pass.....	44
4.19 ยานพาหนะ 4 ล้อของเหตุการณ์ดังภาพที่ 4.17 และ 4.18.....	44
4.20 ระดับการรับรู้การสิ้นสະเทือนของยานพาหนะ 4 ล้อ ในช่องบริการ Easy Pass และช่องบริการปกติ.....	45
4.21 การแบ่งเกณฑ์ที่ได้จากการตรวจวัดขนาดความเร่งการสิ้นสະเทือนของทางพิเศษยกระดับ	47
4.22 เกณฑ์ที่ได้จากการตรวจวัดขนาดความเร่งการสิ้นสະเทือนของทางพิเศษยกระดับ.....	47

## บทที่ 1

### บทนำ

#### ที่มาและความสำคัญ

ปัจจุบันมีการใช้บริการทางพิเศษยกระดับมากขึ้นเพื่อความสะดวกรวดเร็วในการเดินทาง และเมื่อมีปริมาณยานพาหนะเพิ่มมากขึ้นทำให้โครงสร้างทางด่วนพิเศษยกระดับเกิดการสั่นสะเทือนสูงขึ้น ซึ่งสามารถรับรู้ได้ถึงการสั่นสะเทือนอย่างชัดเจนแม้ในขณะที่นั่งอยู่ในยานพาหนะ โดยบริเวณสามารถรับรู้การสั่นสะเทือนได้อย่างชัดเจนคือ บริเวณด่านเก็บค่าผ่านทางยกระดับ เนื่องจากมีการชะลอความเร็วยานพาหนะสลับกับการเร่งความเร็ว อีกทั้งยังเป็นบริเวณที่บุคคลหยุดนิ่งอยู่กับที่หรือเคลื่อนที่เป็นระยะทางสั้นๆ และเคลื่อนที่อย่างช้าๆ และมีการกระตุกตัวของยานพาหนะเป็นจำนวนมากทั้ง รถยนต์ส่วนบุคคล รถบรรทุก ซึ่งการสั่นสะเทือนของโครงสร้างทางพิเศษยกระดับส่งผลต่อการรับรู้ของพนักงานเก็บค่าผ่านทาง และผู้ขับขี่ยานพาหนะที่รอคิวชำระค่าผ่านทาง

ปัจจุบันมีการศึกษาผลกระทบเนื่องจากแรงสั่นสะเทือนของโครงสร้างที่ส่งผลกระทบต่อบุคคลมากมาย ทั้ง โครงสร้างอาคารสูง อัฒจันทร์สนามกีฬา เป็นต้น แต่ยังไม่มีการศึกษาการสั่นสะเทือนของโครงสร้างทางพิเศษยกระดับ และส่งผลกระทบต่อรับรู้การสั่นสะเทือนของบุคคลในระดับใด และยังไม่มีความรู้มาตรฐานสำหรับการสั่นสะเทือนของโครงสร้างทางพิเศษยกระดับที่ส่งผลกระทบต่อรับรู้ของบุคคล เพื่อใช้สำหรับการบริหารจัดการบุคคลากรบริเวณด่านเก็บค่าผ่านทาง หรือใช้สำหรับการวางตำแหน่งการติดตั้งอุปกรณ์ สิ่งปลูกสร้างด้านบนทางด่วนพิเศษยกระดับ

งานวิจัยนี้จะทำการประเมินระดับการสั่นสะเทือนของโครงสร้างทางพิเศษยกระดับเพื่อพิจารณาว่ามีผลกระทบต่อรับรู้การสั่นสะเทือนต่อบุคคลที่ปฏิบัติงาน ณ บริเวณด่านชำระค่าผ่านทางมากน้อยเพียงใด โดยทำการศึกษาจากการทดสอบและการสำรวจข้อมูลภาคสนาม เพื่อประเมินและเปรียบเทียบผลการศึกษากับเกณฑ์มาตรฐานการรับรู้การสั่นสะเทือนของบุคคลที่มีอยู่ในปัจจุบัน ว่าปัญหาการสั่นสะเทือนของโครงสร้างทางยกระดับสามารถเทียบเคียงกับเกณฑ์มาตรฐานใด

#### วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. เพื่อศึกษาพฤติกรรมการสั่นสะเทือนของโครงสร้างทางพิเศษยกระดับที่ส่งผลกระทบต่อผู้ปฏิบัติงาน ณ ด่านเก็บค่าผ่านทาง
2. เพื่อศึกษาระดับการรับรู้การสั่นสะเทือนของข้อมูลที่ตรวจวัดได้ ว่ามีความใกล้เคียงกับเกณฑ์การรับรู้การสั่นสะเทือนมาตรฐานในปัจจุบันมากน้อยเพียงใด สามารถนำไปใช้แทนได้หรือไม่
3. เพื่อนำเสนอเกณฑ์ระดับการรับรู้การสั่นสะเทือนสำหรับโครงสร้างทางพิเศษยกระดับ

### ขอบเขตของการศึกษา

1. การศึกษาพิจารณาการทดสอบภาคสนามและการสำรวจข้อมูล ณ ด้านเก็บค่าผ่านทางพิเศษยกระดับบูรพาวิถี ด้านชลบุรีขาออก
2. โครงสร้างที่เลือกศึกษาเป็นโครงสร้างประเภทคานคอนกรีตอัดแรงรูปกล่องชิ้นส่วนสำเร็จ (prestressed segmental box girder)
3. การวิเคราะห์ขนาดการสั่นสะเทือนที่ตรวจวัดจะพิจารณาจากสัญญาณความเร่ง
4. การวิเคราะห์การสั่นสะเทือนจะพิจารณาการสั่นสะเทือนในแนวตั้งเท่านั้น
5. วิเคราะห์ข้อมูลโดยเลือกใช้เกณฑ์ของ G.A. Athanasopoulos และ P.C. Pelekis โดยการวัดขนาดความเร่งการสั่นสะเทือน

### ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ประเมินระดับการสั่นสะเทือนที่ส่งผลต่อผู้ปฏิบัติงาน ณ ด้านเก็บค่าผ่านทาง
2. เป็นข้อมูลที่ใช้ประกอบการบริหารจัดการบุคลากรที่ปฏิบัติงาน ณ ด้านเก็บค่าผ่านทาง
3. เป็นข้อมูลที่ใช้ประกอบการวางแผนการติดตั้งหรือการจัดวางอุปกรณ์ สิ่งปลูกสร้าง หรือโครงสร้างพื้นฐานของทางพิเศษยกระดับ เช่น การจัดวางตำแหน่งที่ตั้งตู้ชำระค่าผ่านทาง

## บทที่ 2

### งานวิจัยในอดีตและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

#### การรับรู้การสั่นสะเทือนของบุคคล

การสั่นสะเทือนที่ส่งผลต่อระดับการรับรู้ของบุคคลมีอยู่หลายปัจจัยด้วยกัน เช่น ลักษณะท่าทางของร่างกาย และ ลักษณะของการสั่นสะเทือน เช่น การสั่นสะเทือนแบบชั่วคราว หรือ การสั่นสะเทือนแบบคงที่ ขนาดของความเร็ว ความเร่ง การสั่นสะเทือน

#### คุณสมบัติพื้นฐานทางพลศาสตร์โครงสร้างทางพิเศษยกระดับ

การเคลื่อนที่ของยานพาหนะบนทางด่วนพิเศษยกระดับก่อให้เกิดแรงสั่นสะเทือน โดยความถี่ของการสั่นสะเทือน ประกอบด้วย ความถี่กับแอมพลิจูด โดยโครงสร้างมีความถี่ของตัวโครงสร้างเอง เรียกว่า ความถี่ธรรมชาติ ในกรณีที่ความถี่ของแรงกระทำภายนอกมากกว่ากับโครงสร้าง มีความถี่ใกล้เคียงกับความถี่ธรรมชาติของโครงสร้าง การสั่นสะเทือนจะมีความรุนแรงมากขึ้น เรียกว่า การสั่นพ้อง(resonance) ทำให้ส่งผลต่อระดับการรับรู้การสั่นสะเทือนของบุคคลบริเวณด้านเก็บค่าผ่านทางชัดเจนมากขึ้น

ความถี่ธรรมชาติ (natural frequency) คือ ความถี่ของการสั่นของโครงสร้างทางพิเศษยกระดับ ซึ่งเกิดขึ้นจากการให้พลังงานกับโครงสร้างทางพิเศษยกระดับ พลังงานนั้นเกิดจากการเคลื่อนที่ของยานพาหนะ ทำให้เกิดการสั่นของโครงสร้างทางพิเศษยกระดับ เรียกว่าความถี่ธรรมชาติ

การสั่นพ้อง (resonance) คือ ปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นเมื่อใส่พลังงานให้กับโครงสร้างทางพิเศษยกระดับ ทำให้โครงสร้างสั่นด้วยความถี่ธรรมชาติ ถ้าความถี่ของพลังงานที่ให้แก่โครงสร้างมีความถี่เท่ากับความถี่ของการสั่นตามธรรมชาติของโครงสร้างนั้น เป็นผลทำให้โครงสร้างนั้นรับพลังงานเข้าไปได้ดีที่สุดจึงทำให้โครงสร้างสั่นด้วยแอมพลิจูดที่มากขึ้น การสั่นมีความรุนแรงมากขึ้น

#### 1. พื้นฐานเบื้องต้นของการสั่นสะเทือน

การสั่นสะเทือน (vibration) หมายถึง การเคลื่อนที่ของโครงสร้างทางพิเศษยกระดับในลักษณะที่เป็นรูปคลื่นของการแกว่งไปมา หรือ Oscillatory motion การเคลื่อนไหวนี้มีจังหวะและทิศทางสม่ำเสมอ การสั่นสะเทือนที่ซับซ้อนมีหลายจังหวะและหลายทิศทาง

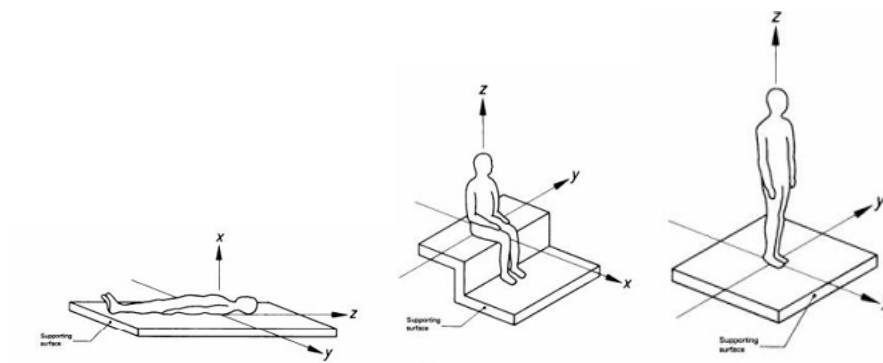
#### 2. การเกิดการสั่นสะเทือน

ลักษณะของการเกิดการสั่นสะเทือนแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ การสั่นสะเทือนอิสระ (free vibration) และการสั่นสะเทือนบังคับ (forced vibration)

การสั่นสะเทือนอิสระ เกิดจากการเปลี่ยนระยะกระจัดเริ่มต้น และ/หรือ การเปลี่ยนความเร็วเริ่มต้น เช่น การเปลี่ยนตำแหน่งของลูกตุ้มนาฬิกาที่เดิมอยู่นิ่งในแนวตั้ง

การสั่นสะเทือนบังคับ เป็นลักษณะของการสั่นสะเทือนที่เราพบโดยทั่วไปในโครงสร้างทางพิเศษยกระดับ การสั่นสะเทือนประเภทนี้เกิดจากการป้อนแรงหรือพลังงานอย่างต่อเนื่อง

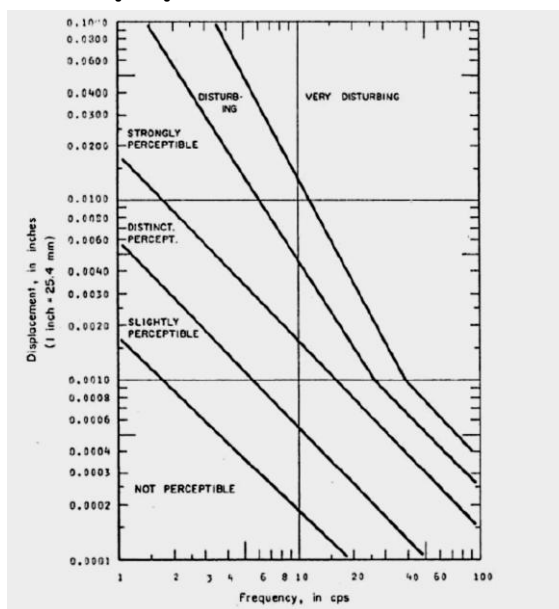
ทิศทางของการสั่นสะเทือนของวัตถุใดๆสามารถเกิดขึ้นในทิศทางต่างๆได้อย่างน้อยหนึ่งทิศทางหรือมากกว่าหลายๆทิศทางพร้อมกันได้แกนการเคลื่อนที่ หรือโคออร์ดิเนต (coordinate) จึงใช้ในการกำหนดทิศทางของการสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้น ซึ่งประกอบด้วยทิศทางแบบเชิงเส้น 3 ทิศ ได้แก่ ทิศตามแกน x, y และ z ดังภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 การสั่นสะเทือนในแนวแกนอ้างอิงต่าง ๆ ของร่างกายในท่านอน นั่งและยืน

### งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Reiher และ Meister (1946) ได้ทำการแบ่งระดับการสั่นสะเทือนที่มีผลกระทบต่อบุคคล โดยพิจารณาจากระดับความเร็วในการสั่นสะเทือน และแบ่งระดับการรับรู้การสั่นสะเทือนออกเป็น 6 ระดับ คือ 1) ไม่สามารถรับรู้ได้ 2) รู้สึกได้เพียงเล็กน้อย 3) สามารถรับรู้ได้โดยง่าย 4) สามารถรับรู้ได้ชัดเจน 5) รู้สึกถูกรบกวน และ 6) รู้สึกถูกรบกวนอย่างมาก ดังภาพที่ 2.2



ภาพที่ 2.2 การรับรู้ต่อการสั่นสะเทือนในแนวดิ่งของมนุษย์

Wiffin, A. C. และ Leonard, D. R. (1971) ได้ทำการสำรวจผลกระทบต่อมนุษย์และโครงสร้างอาคารเนื่องจากความสั่นสะเทือน โดยสำรวจจากค่าความเร็วอนุภาคสูงสุด ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ผลกระทบเนื่องจากความสั่นสะเทือนที่มีต่อคนและอาคารสิ่งปลูกสร้าง

ความเร็วอนุภาคสูงสุด มม./วินาที (นิ้ว/วินาที)	ผลกระทบต่อมนุษย์	ผลกระทบต่อโครงสร้างอาคาร
0 – 0.15 (0 – 0.006)	ไม่สามารถรับรู้ความรู้สึกได้	ไม่ส่งผลกระทบต่อ/ความเสียหายต่อโครงสร้างทุกประเภท
0.15 – 0.3 (0.006 – 0.012)	ระดับที่เป็นไปได้ที่จะรับรู้	ไม่ส่งผลกระทบต่อ/ความเสียหายต่อโครงสร้างทุกประเภท
2.0 (0.079)	รู้สึกได้ถึงความสั่นสะเทือน	ระดับที่สูงขึ้นของความสั่นสะเทือนจะส่งผลกระทบต่อการทำลาย หรือสร้างความเสียหายต่อโบราณสถาน
2.5 (0.098)	ถ้าความสั่นสะเทือนเป็นไปอย่างต่อเนื่องจะรู้สึกรำคาญ	ไม่เสี่ยงต่อความเสียหายที่จะเกิดขึ้นกับอาคารทั่วไป หรือโครงสร้างทางสถาปัตยกรรม
5.0 (0.197)	ความสั่นสะเทือนรบกวนต่อคนที่อยู่อาศัยในอาคาร (สอดคล้องกับระดับที่ส่งผลกระทบต่อคนที่อยู่สะพาน และได้รับในช่วงเวลาสั้น ๆ)	ระดับที่จะส่งผลทำให้เกิดความเสียหายต่อโครงสร้างทางสถาปัตยกรรม บ้านเรือนทั่วไปที่มีผนังและเพดานเป็นแบบ Plaster (ส่วนผสมที่มีปูน ทราย น้ำ และใยต่าง ๆ) ในกรณีที่เป็นผนัง/ฝ้าเพดาน แบบยึดหยุ่นจะได้รับความเสียหายเพียงเล็กน้อย
10 – 15 (0.394 – 0.591)	คนจะรู้สึกไม่พอใจถ้าเกิดแรงสั่นสะเทือนอย่างต่อเนื่อง และคนที่เดินบนสะพานจะไม่สามารถยอมรับได้	ระดับความสั่นสะเทือนที่สูงกว่าการจราจรปกติซึ่งจะทำให้เกิดความเสียหายต่อโครงสร้างทางสถาปัตยกรรม และสร้างความเสียหายต่อโครงสร้างบ้านเรือนเล็กน้อย

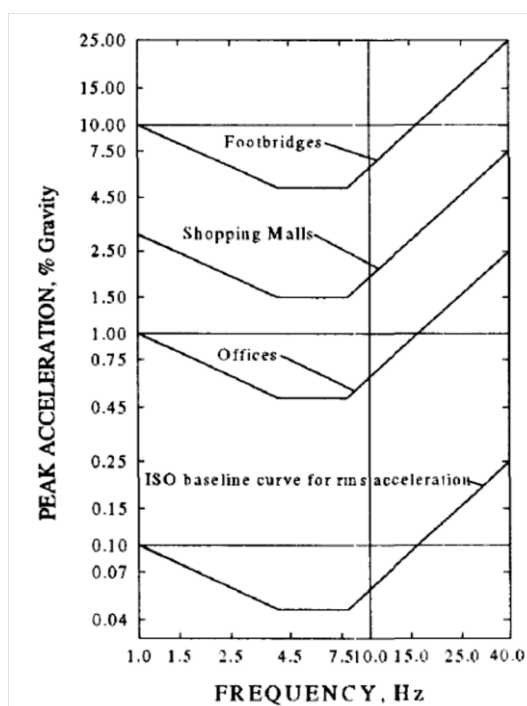
เกณฑ์มาตรฐานการสั่นสะเทือนที่อาจก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพของมนุษย์ โดยกระทรวงโลหะวัสดุและวิศวกรรมของรัสเซีย ซึ่งพบว่าระดับการรับรู้จะขึ้นอยู่กับความถี่ในการสั่นสะเทือนด้วย ดังตาราง 2.2



ตารางที่ 2.2 มาตรฐานกำหนดระดับความสั่นสะเทือนที่ก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพของมนุษย์และการรับรู้ของกระทรวงโลหะวัสดุและวิศวกรรมเคมี ประเทศไทย

ผลของความสั่นสะเทือนต่อมนุษย์	ความถี่ 1 - 10 Hz ความเร่ง (acceleration) (มม./วินาที <sup>2</sup> )	ความถี่ 10 - 100 Hz ความเร็ว (velocity) (มม./วินาที)
ไม่รู้สึกรู้หาย (imperceptible)	10	0.16
เริ่มรู้สึกได้ (just perceptible)	40	0.64
รู้สึกได้ชัดเจน (clearly perceptible)	125	2.0
รู้สึกโดนรบกวน (annoying)	400	6.4
รู้สึกอย่างรุนแรง (unpleasant, painful if lasting)	1000	16.0
รู้สึกจนทนไม่ได้ (harmful)	>1000	>16.0

International Organization for Standardization , ISO ISO 2631-2:1989 (1989) สำหรับการสั่นสะเทือนในรูปของค่าความเร่งสูงสุด (peak acceleration) สำหรับการยืน นั่ง หรือ นอน โดยพิจารณาความเร่งในลักษณะค่ายกกำลังสองเฉลี่ย (root mean square, rms) และพบว่าระดับความเร่งการสั่นสะเทือนที่ยอมรับได้จะแตกต่างกันตามประเภทของอาคาร ดังภาพที่ 2.3



ภาพที่ 2.3 เกณฑ์ระดับการรับรู้ความสั่นสะเทือนต่อบุคคลโดย ISO สมาคมนักวิทยาศาสตร์อุตสาหกรรมแห่งสหรัฐอเมริกา (American Conference Governmental)

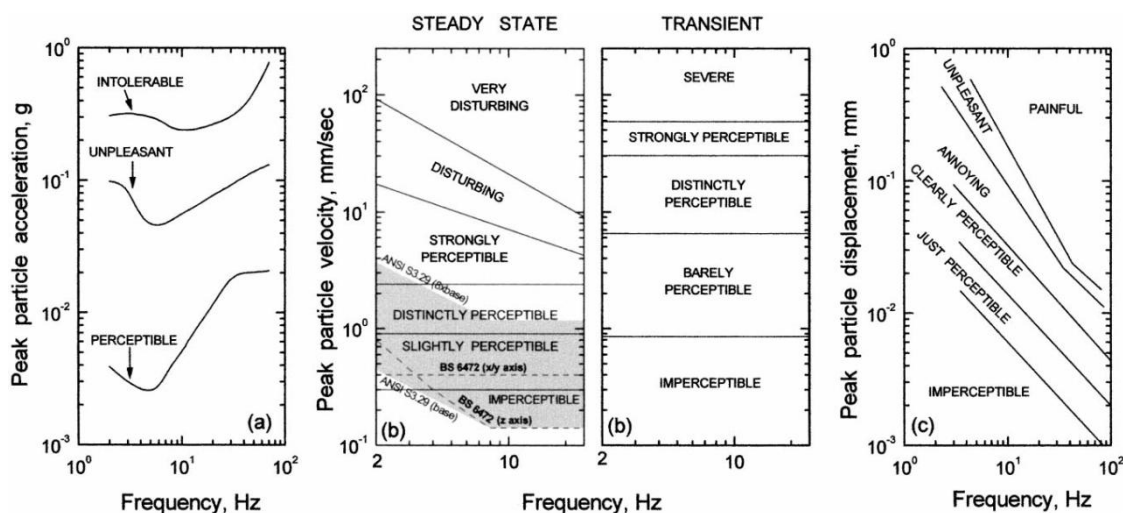
Mechanical Vibration and Shock–Evaluation of Human Exposure to Whole-Body Vibration ISO 2631: 1997 (1997) ได้ได้ทำการแบ่งระดับการสั่นสะเทือนที่มีผลกระทบต่อบุคคลโดยพิจารณาจากระดับความเร่งในการสั่นสะเทือน ดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 ระดับการสั่นสะเทือนและผลกระทบต่อความรู้สึกไม่สบายของคน ISO 2631-1: 1997

Annex C

ระดับการสั่นสะเทือน	ผลกระทบ
ต่ำกว่า $0.315 \text{ m/s}^2$	ปกติ
$0.315 - 0.63 \text{ m/s}^2$	มีความรู้สึกไม่สบายเล็กน้อย
$0.5 - 1 \text{ m/s}^2$	มีความรู้สึกไม่สบายปานกลาง (Fairly uncomfortable)
$0.8 - 1.6 \text{ m/s}^2$	มีความรู้สึกไม่สบาย (Uncomfortable)
$1.25 - 2.5 \text{ m/s}^2$	มีความรู้สึกไม่สบายมาก (Very Uncomfortable)
มากกว่า $2 \text{ m/s}^2$	มีความรู้สึกไม่สบายอย่างรุนแรงมาก (Extremely Uncomfortable)

G.A. Athanasopoulos และ P.C. Pelekis (2000) นำรวบรวมเกณฑ์มาตรฐานระดับการรับรู้ของบุคคลเนื่องจากการสั่นสะเทือนที่มีอยู่ในอดีตที่มีการพิจารณาค่าระดับการรับรู้การสั่นสะเทือนในแบบต่างๆ ได้แก่ พิจารณาจากค่าความเร่งอนุภาคสูงสุด (peak particle acceleration) Gierke HE, Goldman DE(1988) ดังกราฟรูปซ้ายมือ พิจารณาค่าความเร็วอนุภาคสูงสุด (peak particle velocity) Wiss JE(1981) ซึ่งแบ่งประเภทของการสั่นไหวเป็น 2 แบบ ได้แก่ การสั่นไหวแบบสภาวะคงที่ (steady state) การสั่นไหวแบบชั่วขณะ (transient) ซึ่งกรณีการสั่นไหวแบบชั่วขณะ บุคคลสามารถยอมรับระดับการสั่นสะเทือนได้สูงกว่ากรณีที่การสั่นสะเทือนเป็นไปอย่างต่อเนื่องดังกราฟรูปกลาง และพิจารณาจากค่าการโก่งตัวของโครงสร้าง Skipp BO(1997) ดังกราฟรูปขวามือ การใช้เซนเซอร์ตรวจวัดค่าประเภทต่างๆ นั้นขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของสถานที่ในการติดตั้ง และความสะดวกในการใช้งาน ดังภาพที่ 2.4



ภาพที่ 2.4 เกณฑ์มาตรฐานการรับรู้การสั่นสะเทือน G.A. Athanasopoulos และ P.C. Pelekis

จากงานวิจัยในอดีตพบว่า การวัดค่าการสั่นสะเทือนของโครงสร้างพิเศษยกระดับด้วยความเร่งการสั่นสะเทือน มีเกณฑ์มาตรฐานที่สอดคล้องกับงานวิจัย ดังนี้

- เกณฑ์มาตรฐานการสั่นสะเทือนที่อาจก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพของมนุษย์ แบ่งระดับการรับรู้การสั่นสะเทือนออกเป็น 6 ระดับ ตามความถี่การสั่นสะเทือน แต่การวัดระดับการรับรู้การสั่นสะเทือนด้วยความเร่งการสั่นสะเทือนนั้น ความถี่ต้องอยู่ในช่วง 1-10 Hz เท่านั้น

- International Organization for Standardization ,ISO ISO 2631-2:1989 (1989) เป็นการวัดการรับรู้การสั่นสะเทือนด้วยการวัดความเร่งการสั่นสะเทือน ในอริยาบถต่างๆ เช่น ยืน นอน นั่ง แต่เกณฑ์มาตรฐานนี้ได้แบ่งประเภทของโครงสร้างเอาไว้ ซึ่งไม่มีโครงสร้างทางพิเศษยกระดับที่ทำการศึกษารวมอยู่ด้วย

- Mechanical Vibration and Shock-Evaluation of Human Exposure to Whole-Body Vibration ISO 2631: 1997 (1997) เป็นการวัดการรับรู้การสั่นสะเทือนด้วยการวัดความเร่งการสั่นสะเทือน เป็นการสั่นสะเทือนเนื่องจากเครื่องจักร

- G.A. Athanasopoulos และ P.C. Pelekis (2000) มีการรวบรวมเกณฑ์มาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับการวัดการรับรู้การสั่นสะเทือน โดยวัดการรับรู้การสั่นสะเทือนได้จากทั้ง ระยะการแอ่นตัวของโครงสร้าง ความเร็วการสั่นสะเทือนของโครงสร้างและความเร่งการสั่นสะเทือนของโครงสร้าง จึงเลือกใช้เกณฑ์มาตรฐานในส่วนของการวัดความเร่งการสั่นสะเทือนของโครงสร้าง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัย อีกทั้งยังเป็นเกณฑ์ที่ได้มาตรฐานสากลโลก อีกทั้งยังเป็นที่ยอมรับใช้อย่างแพร่หลายอีกด้วย

## บทที่ 3

### วิธีการศึกษา

#### บทนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงวิธีการศึกษาผลกระทบความสั่นสะเทือนต่อบุคคลของทางพิเศษยกระดับ เนื่องจากการสัญจรของยานพาหนะบริเวณสถานีชำระค่าผ่านทาง โดยแบ่งการศึกษาออกเป็น 2 ส่วน คือ

1. การวัดขนาดความเร่งการสั่นสะเทือนของโครงสร้าง โดยใช้หัววัดขนาดความเร่ง (Acceleration transducer) โดยติดตั้งหัววัดขนาดความเร่งที่บริเวณตู้เก็บค่าผ่านทางในช่องบริการสำหรับยานพาหนะ 4-22 ล้อและช่องบริการสำหรับยานพาหนะ 4 ล้อ มีตำแหน่งติดตั้งที่บนผิวจราจรและบนเกาะคอนกรีตสำหรับตู้เก็บค่าผ่านทาง

2 . การสำรวจระดับการรับรู้การสั่นสะเทือนที่ส่งผลต่อบุคคลด้วยเกณฑ์การสัมภาษณ์ เพื่อให้ทราบถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นกับบุคคลบริเวณด่านเก็บค่าผ่านทางว่ามีผลกระทบมากน้อยเพียงใด โดยแบ่งเกณฑ์การรับรู้การสั่นสะเทือนออกเป็น 4 ระดับ คือ ไม่รู้สึก รู้สึกได้ รู้สึกไม่พอใจ รู้สึกจนทนไม่ได้ โดยเป็นการสัมภาษณ์ในลักษณะที่ผู้ถูกสัมภาษณ์หันหลังให้ยานพาหนะที่ผ่านไปเพื่อไม่ให้เกิดข้อขัดแย้งกันระหว่างระดับการรับรู้ที่เกิดขึ้นกับประเภทยานพาหนะ

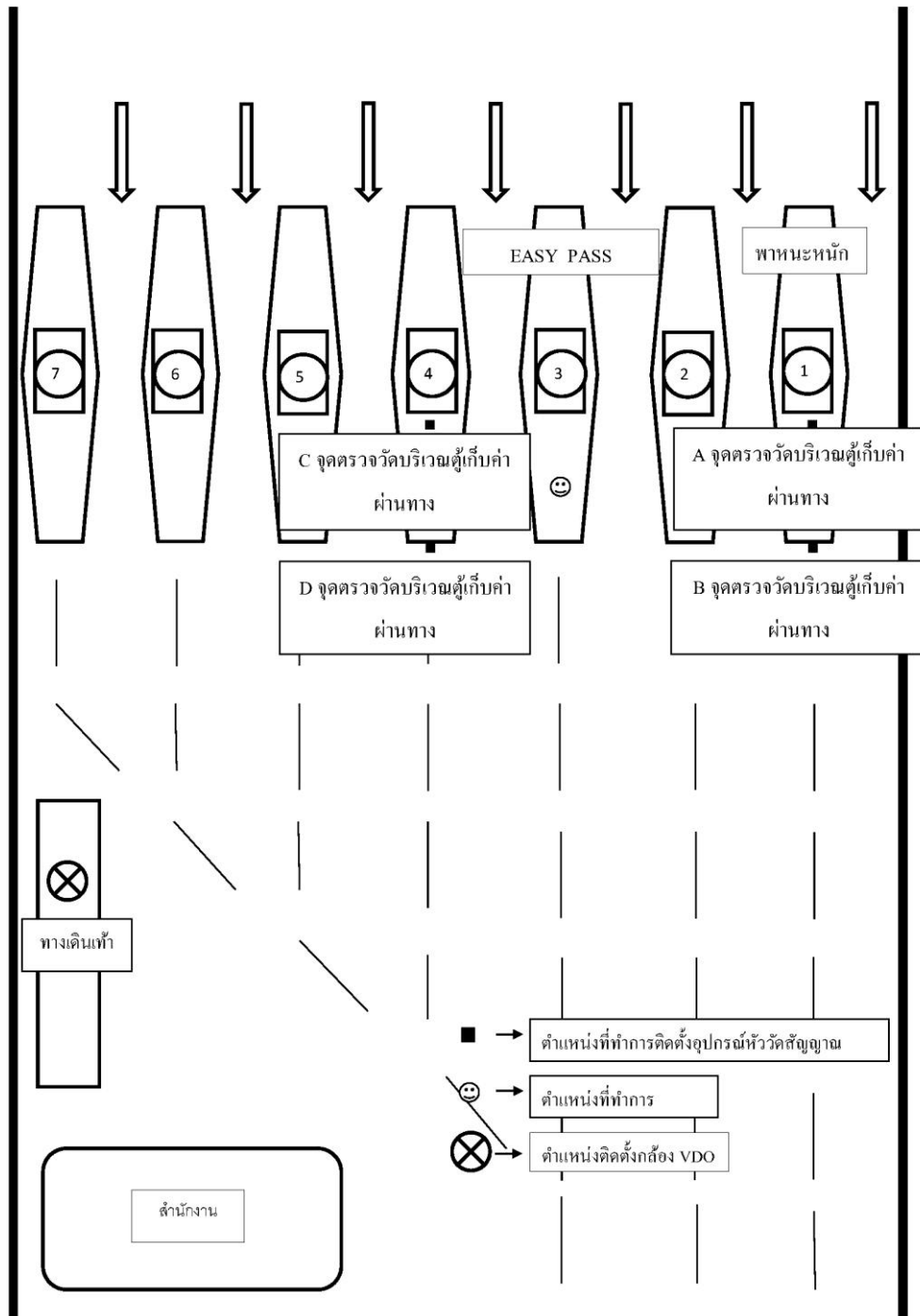
#### พื้นที่การศึกษา

ทำการตรวจวัดขนาดความเร่งการสั่นสะเทือนและการสำรวจข้อมูลระดับการรับรู้ด้วยการสัมภาษณ์ ณ ด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษยกระดับบูรพาวิถี ด่านชลบุรีขาออก โดยโครงสร้างทางพิเศษยกระดับเป็นโครงสร้างประเภทคานคอนกรีตอัดแรงรูปกล่องขึ้นส่วนสำเร็จ (Prestressed segmental box girder) ตั้งอยู่ที่ ต.คลองตำหรุ อ.เมืองชลบุรี จังหวัดชลบุรี มีช่องบริการทั้งหมด 12 ช่องบริการ โดยมีช่องบริการออกทั้งหมด 8 ช่อง ช่องสำหรับรถบรรทุก 2 ช่อง ช่องสำหรับ Easy Pass 2 ช่อง ช่องบริการปกติ 4 ช่อง ดังภาพที่ 3.1



ภาพที่ 3.1 ด้านเก็บค่าผ่านทาง ด้านชลบุรีขาออก  
(รูปภาพจาก Google.co.th/map)

การวัดขนาดความเร่งการสั่นสะเทือนของโครงสร้าง โดยใช้หัววัดค่าความเร่ง (Acceleration transducer) ต่อเข้ากับโมดูลแปลงสัญญาณวงจรแบบบริดจ์ (Bridge signal module) เชื่อมต่อเข้ากับเครื่องรวมความถี่สูงและส่งต่อเข้าไปยังคอมพิวเตอร์เพื่อบันทึกข้อมูล โดยจะติดตั้งหัววัดค่าความเร่งที่บริเวณตู้เก็บค่าผ่านทาง ทั้งบนผิวจราจรและบนเกาะคอนกรีตสำหรับติดตั้งตู้เก็บค่าผ่านทาง ทำการตรวจวัดขนาดความเร่งในช่องบริการที่ 1 คือช่องบริการสำหรับยานพาหนะ 4-22 ล้อ ใช้เวลาในการตรวจวัดขนาดความเร่งการสั่นสะเทือนทั้งหมด 4 ชั่วโมง ช่องบริการ 3 คือช่องบริการแบบ Easy pass สำหรับยานพาหนะ 4 ล้อ ใช้เวลาในการตรวจวัดขนาดความเร่งการสั่นสะเทือนทั้งหมด 1 ชั่วโมง และช่องบริการที่ 5 คือช่องบริการสำหรับยานพาหนะ 4 ล้อ ใช้เวลาในการตรวจวัดขนาดความเร่งการสั่นสะเทือนทั้งหมด 1 ชั่วโมง แสดงตำแหน่งการติดตั้งหัววัดขนาดความเร่ง (Acceleration transducer) ดังภาพที่ 3.2



ภาพที่ 3.2 ตำแหน่งการติดตั้งอุปกรณ์

### อุปกรณ์ทดสอบ

1. หัววัดขนาดความเร่ง (Acceleration transducer) เป็นเครื่องมือสำหรับการวัดขนาดความเร่งการสั่นสะเทือนของโครงสร้างทางพิเศษยกระดับ ดังภาพที่ 3.3



ภาพที่ 3.3 หัววัดขนาดความเร่ง (Acceleration transducer)

2. โมดูลแปลงสัญญาณวงจรแบบบริดจ์ (Bridge signal module) วัดสัญญาณจากหัวขนาดความเร่งซึ่งเป็นวงจรแบบบริดจ์แล้วแปลงสัญญาณให้เป็นศักย์ไฟฟ้า ดังภาพที่ 3.4



ภาพที่ 3.4 โมดูลแปลงสัญญาณวงจรแบบบริดจ์ (Bridge signal module)

3. เครื่องรวมสัญญาณความถี่สูงแบบหลายช่องสัญญาณ (High frequency multi-channel data acquisition unit) เพื่อรวมสัญญาณที่ตรวจวัดได้จากหัววัดต่าง ๆ หลายช่องสัญญาณให้เป็นข้อมูลชุดเดียวกัน เพื่อบันทึกข้อมูลในคอมพิวเตอร์ ดังภาพที่ 3.5



ภาพที่ 3.5 เครื่องรวมสัญญาณความถี่สูงแบบหลายช่องสัญญาณ (High frequency multi-channel data acquisition unit)

4. คอมพิวเตอร์ (Computer) บันทึกข้อมูลความเร่งการสั่นสะเทือน ดังภาพที่ 3.6



ภาพที่ 3.6 คอมพิวเตอร์ (Computer)

5. สายสัญญาณแบบ RJ-45 และ RJ-50 (RJ-45, RJ-50 cables) เป็นตัวส่งสัญญาณจากหัววัดความเร่งส่งมาที่โมดูลแปลงสัญญาณวงจรแบบบริดจ์และส่งมาที่คอมพิวเตอร์ ดังภาพที่ 3.7





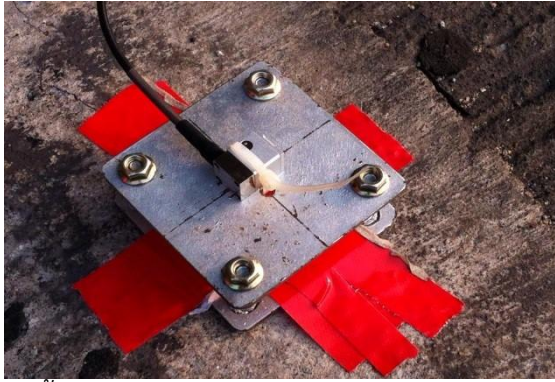
ภาพที่ 3.7 สายสัญญาณแบบ RJ-45 และ RJ-50 (RJ-45, RJ-50 cables)

6. เครื่องสำรองไฟ (Power supply) สำหรับจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับอุปกรณ์ต่างๆ ในกรณีที่กระแสไฟฟ้าเกิดขัดข้อง ดังภาพที่ 3.8



ภาพที่ 3.8 เครื่องสำรองไฟ (Power supply)

7. แผ่นติดตั้งหัววัดความเร่ง (Acceleration transducer mounting pad) ใช้สำหรับการปรับระดับหัววัดระดับความเร่งการสั่นสะเทือนให้ได้แนวระดับ ดังภาพที่ 3.9



ภาพที่ 3.9 แผ่นติดตั้งหัววัดความเร่ง (Acceleration transducer mounting pad)

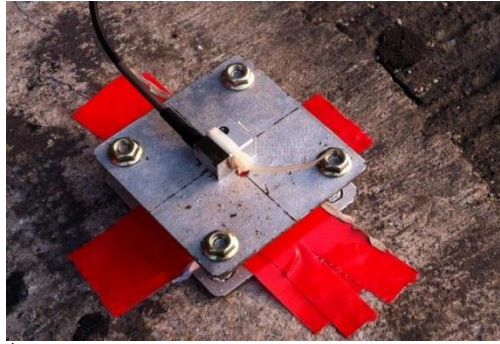
#### 8. กล้องวิดีโอ (VDO camera )



ภาพที่ 3.10 กล้องวิดีโอ (VDO camera )

#### การติดตั้งอุปกรณ์

1. นำหัววัดขนาดความเร่ง (Acceleration transducer) ติดเข้ากับแผ่นติดตั้งหัววัดความเร่ง (Acceleration transducer mounting pad) จากนั้นนำไปติดตั้งที่ช่องบริการที่ 1 ที่เป็นช่องสำหรับ ยานพาหนะหนัก ช่องบริการที่ 3 เป็นช่องบริการ Easy pass และช่องบริการที่ 5 เป็นช่องบริการ ยานพาหนะ 4 ล้อ แบบปกติ โดยในทุกช่องจะติดตั้งหัววัดขนาดความเร่งที่บริเวณตู้เก็บค่าผ่านทาง และผิวจราจร

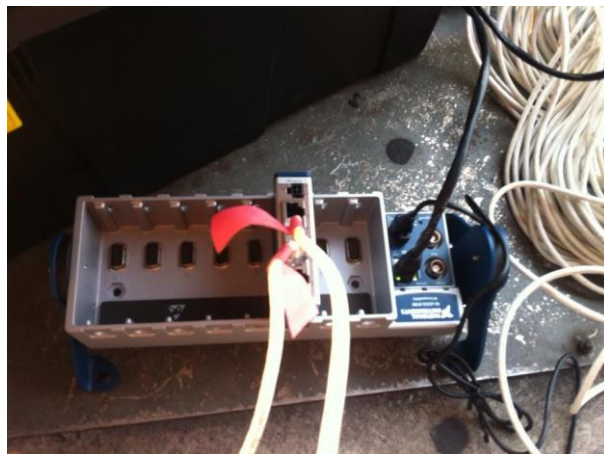


ภาพที่ 3.11 ติดหัววัดขนาดความเร่งติดเข้ากับแป้นติดตั้ง

2. จากนั้นนำหัววัดขนาดความเร่ง (Acceleration transducer) เชื่อมต่อตัวแปลงสายสัญญาณดังภาพที่ 3.12 และต่อเข้ากับโมดูลแปลงสัญญาณวงจรแบบบริดจ์ (Bridge signal module) และเชื่อมต่อเข้ากับเครื่องรวมสัญญาณความถี่สูงแบบหลายช่องสัญญาณ (High frequency multi-channel data acquisition unit) ดังภาพที่ 3.13



ภาพที่ 3.12 ตัวแปลงสายสัญญาณ



ภาพที่ 3.13 การต่อโมดูลแปลงสัญญาณวงจรแบบบริดจ์ (Bridge signal module) เข้ากับเครื่องรวมสัญญาณความถี่สูงแบบหลายช่องสัญญาณ (High frequency multi-channel data acquisition unit)

3. นำสายสัญญาณแบบ RJ-45 หรือ RJ-50 (RJ-45, RJ-50 cables) เชื่อมต่อระหว่างเครื่องรวมสัญญาณความถี่สูงแบบหลายช่องสัญญาณ (High frequency multi-channel data acquisition unit) เข้ากับคอมพิวเตอร์ ดังภาพที่ 3.14



ภาพที่ 3.14 การเชื่อมต่อระหว่างเครื่องรวมสัญญาณความถี่สูงแบบหลายช่องสัญญาณ (High frequency multi-channel data acquisition unit) เข้ากับคอมพิวเตอร์

4. ติดตั้งกล้องวิดีโอบริเวณทางเดินเท้าให้มุมกว้างเพื่อให้เห็นทุกช่องบริการ ดังภาพที่ 3.15



ภาพที่ 3.15 การติดตั้งกล้องวิดีโอ



ภาพที่ 3.16 มุมกล้องที่ได้จากกล้องวีดีโอ

### การสัมภาษณ์ระดับการรับรู้การสิ้นสะท้อน

เพื่อให้ทราบถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นว่ามีมากน้อยเพียงใด จึงใช้เกณฑ์การสัมภาษณ์ระดับการรับรู้การสิ้นสะท้อน โดยแบบสัมภาษณ์จะประกอบด้วย 2 ส่วน 1. ส่วนข้อมูลทั่วไปของผู้ถูกสัมภาษณ์ ได้แก่ เพศ ช่วงอายุ ประสบการณ์การทำงาน โรคประจำตัว 2. ส่วนของการบันทึกระดับการรับรู้และเวลา โดยแบ่งเกณฑ์การรับรู้ออกเป็น 4 ระดับ คือ 1) ไม่รู้สึก (Imperceptible) 2) เริ่มรู้สึกได้ (Barely Perceptible) 3) รู้สึกได้อย่างชัดเจน (Distinctly Perceptible) 4) รู้สึกไม่พอใจ (Unpleasant) ผู้ถูกสัมภาษณ์เป็นนิสิตปริญญาตรี มหาวิทยาลัยบูรพา เพื่อไม่ให้กระทบกับการทำงานของเจ้าหน้าที่ ให้ผู้ถูกสัมภาษณ์ยื่นบนเกาะบริเวณตู้เก็บค่าผ่านทางและหันหลังให้กับยานพาหนะที่เคลื่อนที่เข้ามายังช่องเก็บค่าผ่านทาง และทำการสัมภาษณ์ถึงรับการสิ้นสะท้อนที่ผู้ถูกสัมภาษณ์รับรู้ได้ว่าอยู่ในระดับใด และทำการจดบันทึกเวลาในขณะนั้นพร้อมทั้งทำการจำแนกประเภทยานพาหนะตามจำนวนล้อ ดังนี้ 4 ล้อ 6 ล้อ 8 ล้อ 10 ล้อ 12 ล้อ 18 ล้อ 22 ล้อ โดยที่ผู้ถูกสัมภาษณ์ 1 ท่าน จะใช้เวลาในการสัมภาษณ์ประมาณ 15 นาที

ตำแหน่งที่ทำการสัมภาษณ์มีอยู่ด้วยกัน 4 จุด คือ จุดที่ 1 ช่องบริการที่ 1 สำหรับยานพาหนะ 4-22 ล้อ จุดที่ 2 ช่องบริการที่ 3 ยานพาหนะ 4 ล้อแบบ Easy pass จุดที่ 3 ช่องบริการที่ 5 ยานพาหนะ 4 ล้อ แบบปกติ จุดที่ 4 บริเวณทางเดินเท้าสำหรับไปยังอาคารควบคุมและห้องสุขา





## ปัจจัยการศึกษา

### 1. ปัจจัยของปริมาณยานพาหนะ

เนื่องจากในช่วงเช้าจะมีปริมาณยานพาหนะที่มากกว่าช่วงบ่าย โดยปริมาณยานพาหนะในช่วงเช้าเท่ากับ 1,700 คันต่อชั่วโมง และช่วงบ่ายมีปริมาณยานพาหนะเท่ากับ 1,440 คันต่อชั่วโมง ทำให้เกิดแถวคอยขึ้นบริเวณหน้าด่านเก็บค่าผ่านทางเพื่อรอเข้าจ่ายเงินค่าบริการ เมื่อเกิดแถวคอยทำให้ยานพาหนะอยู่ในสภาพหยุดนิ่งและค่อยๆ เคลื่อนที่เข้าช่องบริการแรงเฉื่อยเนื่องจากการเบรกจึงไม่รุนแรงเท่ากับช่วงที่มีปริมาณยานพาหนะน้อย ที่ยานพาหนะมีความเร็วสูงก่อนเข้าช่องบริการ จึงเกิดแรงเฉื่อยเนื่องจากการเบรกที่รุนแรงกว่า

ทำการตรวจวัดขนาดความเร่งการสั่นเทือนในช่วงเวลาที่มีปริมาณยานพาหนะมากกับช่วงที่มีปริมาณยานพาหนะน้อย โดยทำการติดตั้งหัววัดขนาดความเร่งการสั่นสะเทือนในจุดตรวจวัดบริเวณตู้เก็บค่าผ่านทาง และจุดตรวจวัดบริเวณผิวจราจรในช่องบริการที่ 1 ซึ่งเป็นช่องบริการสำหรับยานพาหนะตั้งแต่ 4 ล้อขึ้นไป แต่ในกรณีนี้จะสนใจเฉพาะยานพาหนะ 6 ล้อ 8 ล้อ 10 ล้อ 12 ล้อ 18 ล้อ 22 ล้อ และเปรียบเทียบระดับการสั่นสะเทือนในยานพาหนะประเภทเดียวกันแต่เป็นช่วงเวลาต่างกัน

### 2. ปัจจัยของประเภทยานพาหนะ

เนื่องจากน้ำหนักบรรทุกที่มีมากจะทำให้เกิดการสั่นสะเทือนเมื่อทำการเบรกเพื่อเข้าช่องบริการเก็บค่าผ่านทาง และการสั่นสะเทือนจะมีความรุนแรงมากขึ้นตามน้ำหนักบรรทุกที่เพิ่มขึ้นทำการตรวจวัดขนาดความเร่งการสั่นสะเทือนจะสนใจเฉพาะยานพาหนะตั้งแต่ 6 ล้อ 8 ล้อ 10 ล้อ 12 ล้อ 18 ล้อ 22 ล้อ และตรวจวัดขนาดความเร่งการสั่นสะเทือนในช่วงเวลาเดียวกันมาเปรียบกันระหว่างยานพาหนะประเภทต่างๆ

### 3. ปัจจัยของเกาะบริเวณตู้เก็บค่าผ่านทาง

เนื่องจากเกาะบริเวณตู้เก็บค่าผ่านทางถูกสร้างด้วยคอนกรีตสูง 15 เซนติเมตร ซึ่งจะทำให้ความรุนแรงการสั่นสะเทือนสามารถลดลงได้ ทำการตรวจวัดขนาดความเร่งการสั่นสะเทือนระหว่างจุดตรวจวัดบริเวณตู้เก็บค่าผ่านทางซึ่งตั้งอยู่บนเกาะคอนกรีต และจุดตรวจวัดบริเวณผิวจราจร โดยข้อมูลที่ได้จะเป็นข้อมูลชุดเดียวกัน แตกต่างกันที่จุดติดตั้งหัววัดค่าความเร่งการสั่นสะเทือน และนำข้อมูลแต่ละชุดมาเปรียบเทียบระดับการรับรู้การสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้น

### 4. ปัจจัยของประเภทช่องบริการ

เนื่องจากช่องบริการแบบ Easy pass นั้นไม่มีความจำเป็นจะต้องหยุดยานพาหนะเพื่อจ่ายค่าผ่านทาง เพียงแต่ทำการชะลอความเร็วเท่านั้นทำให้การสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นอยู่ในระดับที่ไม่รุนแรงเท่ากับช่องบริการแบบปกติทำการตรวจวัดขนาดความเร่งการสั่นสะเทือนในช่องบริการแบบปกติและแบบ Easy pass โดยสนใจยานพาหนะประเภท 4 ล้อเท่านั้น และนำข้อมูลที่ได้มาเปรียบเทียบระดับการรับรู้การสั่นสะเทือนระหว่างช่องบริการแบบปกติกับแบบ Easy pass

## กรณีศึกษา

### 1. ช่องบริการยานพาหนะขนาดใหญ่

ทำการติดตั้งอุปกรณ์และตรวจเช็คความพร้อม โดยทำการติดตั้งที่ช่องบริการที่ 1 ติดหัววัดขนาดความเร่งที่บริเวณตู้เก็บค่าผ่านทางและที่ผิวจราจร จากนั้นทำการเก็บข้อมูลขนาดความเร่งการสั่นสะเทือน พร้อมทั้งทำการสัมภาษณ์ระดับการรับรู้การสั่นสะเทือนที่ส่งผลต่อบุคคลพร้อมทั้งบันทึกประเภทยานพาหนะและเวลาในแต่ละเหตุการณ์เป็นเวลา 4 ชั่วโมง แบ่งเป็นช่วงเช้า 2 ชั่วโมง และช่วงบ่าย 2 ชั่วโมง โดยที่สนใจเฉพาะยานพาหนะ 6 ล้อ 8 ล้อ 10 ล้อ 12 ล้อ 18 ล้อ 22 ล้อ เท่านั้น และต้องการจำนวนเหตุการณ์อย่างน้อย 100 เหตุการณ์จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ระดับการรับรู้การสั่นสะเทือน โดยจะแบ่งการการวิเคราะห์ออกเป็น 3 ปัจจัยคือ 1. ปัจจัยช่วงเวลาที่ปริมาณยานพาหนะมากและน้อย ในช่วงที่มีปริมาณยานพาหนะมากคือช่วงเช้ามีปริมาณยานพาหนะเท่ากับ 1,700 คันต่อชั่วโมง และช่วงเวลาที่ปริมาณยานพาหนะน้อยคือช่วงบ่ายมีปริมาณยานพาหนะเท่ากับ 1,440 คันต่อชั่วโมง นำข้อมูลที่ได้มาแบ่งตามประเภทยานพาหนะและนำข้อมูลที่ได้มาเปรียบเทียบกับด้วยยานพาหนะประเภทเดียวกัน แต่ช่วงเวลาต่างกัน 2. ปัจจัยของประเภทยานพาหนะ นำข้อมูลที่ได้แบ่งตามประเภทยานพาหนะและข้อมูลที่ได้มาเปรียบเทียบกับด้วยยานพาหนะต่างประเภทกัน แต่ช่วงเวลาเดียวกัน 3. ปัจจัยของเกาะบริเวณตู้เก็บค่าผ่านทาง นำข้อมูลในเหตุการณ์เดียวกันมาเปรียบเทียบกับกัน แต่จุดติดตั้งหัววัดขนาดความเร่งต่างกัน

### 2. ช่องบริการยานพาหนะ 4 ล้อ แบบปกติและแบบ Easy pass

ทำการติดตั้งอุปกรณ์และตรวจเช็คความพร้อม โดยทำการติดตั้งที่ช่องบริการที่ 3 เป็นช่องบริการแบบ Easy pass ติดหัววัดขนาดความเร่งที่บริเวณตู้เก็บค่าผ่านทางและที่ผิวจราจร จากนั้นทำการเก็บข้อมูลขนาดความเร่งการสั่นสะเทือน พร้อมทั้งทำการสัมภาษณ์ระดับการรับรู้การสั่นสะเทือนที่ส่งผลต่อบุคคลพร้อมทั้งบันทึกประเภทยานพาหนะและเวลาในแต่ละเหตุการณ์ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง และต้องการจำนวนเหตุการณ์อย่างน้อย 50 เหตุการณ์ เสร็จแล้วย้ายอุปกรณ์ไปติดตั้งที่ช่องบริการที่ 5 ที่เป็นช่องบริการแบบปกติ จากนั้นทำการเก็บข้อมูลขนาดความเร่งการสั่นสะเทือน พร้อมทั้งทำการสัมภาษณ์ระดับการรับรู้การสั่นสะเทือนที่ส่งผลต่อบุคคลพร้อมทั้งบันทึกประเภทยานพาหนะและเวลาในแต่ละเหตุการณ์ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง โดยที่สนใจเฉพาะยานพาหนะ 4 ล้อ และต้องการจำนวนเหตุการณ์อย่างน้อย 100 เหตุการณ์จากนั้นนำข้อมูลมาวิเคราะห์ระดับการรับรู้การสั่นสะเทือนในปัจจัยของประเภทช่องบริการแบบปกติและช่องบริการ Easy pass โดยนำข้อมูลที่ได้ทั้งหมดมาเปรียบเทียบกับกัน แต่ประเภทช่องบริการต่างกัน



ตารางที่ 3.1 จำนวนกรณีศึกษาทั้งหมด

ช่องบริการที่	จุดตรวจวัด	ประเภท ยานพาหนะ	ระยะเวลาการเก็บ ข้อมูล	จำนวน เหตุการณ์
1 (ยานพาหนะมากกว่า 4 ล้อ)	- เกาะติดตั้งตู้เก็บค่า ผ่านทาง - ผิวจราจร	- 6 ล้อ - 8 ล้อ - 10 ล้อ - 12 ล้อ - 18 ล้อ - 22 ล้อ	4 ชั่วโมง	ไม่น้อยกว่า 100 คัน
3 (ช่อง Easy Pass สำหรับ ยานพาหนะ 4 ล้อ)	- เกาะติดตั้งตู้เก็บค่า ผ่านทาง - ผิวจราจร	4 ล้อ	1 ชั่วโมง	ไม่น้อยกว่า 50 คัน
5 (ช่องปกติสำหรับ ยานพาหนะ 4 ล้อ)	- เกาะติดตั้งตู้เก็บค่า ผ่านทาง - ผิวจราจร	4 ล้อ	1 ชั่วโมง	ไม่น้อยกว่า 50 คัน

ตารางที่ 3.2 จำนวนเหตุการณ์ที่ทำการตรวจวัดได้ทั้งหมด

ช่องบริการที่	จุดตรวจวัด	ประเภท ยานพาหนะ	ระยะเวลา การเก็บ ข้อมูล	จำนวนเหตุการณ์ที่ ตรวจวัดได้
1 (ยานพาหนะมากกว่า 4 ล้อ)	- เกาะติดตั้งตู้เก็บ ค่าผ่านทาง - ผิวจราจร	- 6 ล้อ - 8 ล้อ - 10 ล้อ - 12 ล้อ - 18 ล้อ - 22 ล้อ	4 ชั่วโมง	- 6 ล้อ ได้ 85 คัน - 8 ล้อ ได้ 4 คัน - 10 ล้อ ได้ 28 คัน - 12 ล้อ ได้ 5 คัน - 18 ล้อ 9 คัน - 22 ล้อ 16 คัน รวม 147 คัน
3 (ช่อง Easy Pass สำหรับ ยานพาหนะ 4 ล้อ)	- เกาะติดตั้งตู้เก็บ ค่าผ่านทาง - ผิวจราจร	4 ล้อ	1 ชั่วโมง	160 คัน
5 (ช่องปกติสำหรับยานพาหนะ 4 ล้อ)	- เกาะติดตั้งตู้เก็บ ค่าผ่านทาง - ผิวจราจร	4 ล้อ	1 ชั่วโมง	78 คัน

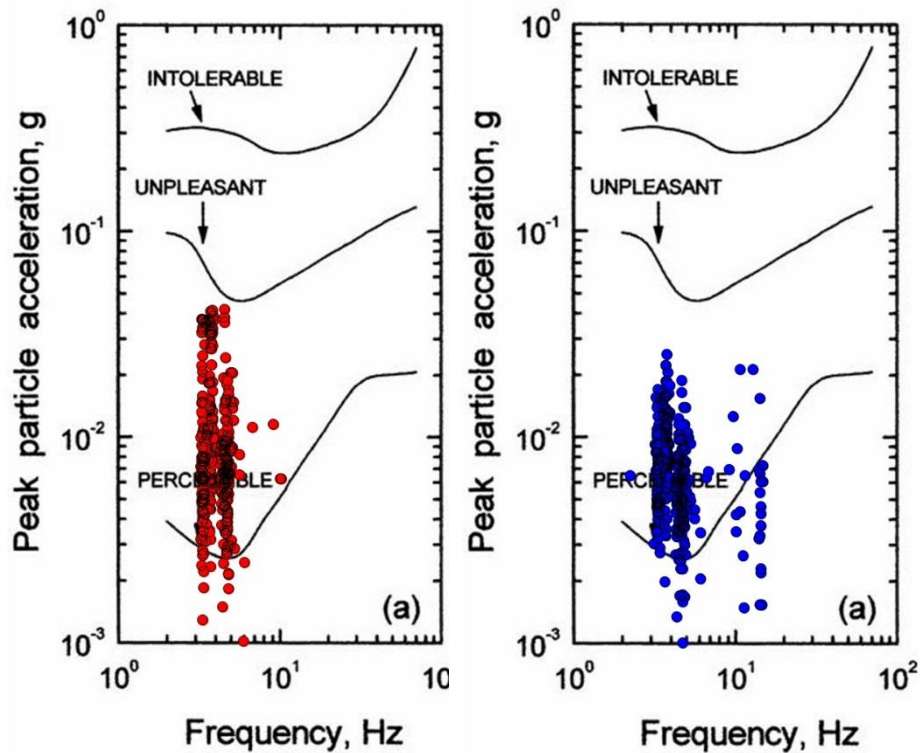
## บทที่ 4

### ผลการศึกษา

จากวิธีการศึกษาในบทที่ 3 ซึ่งได้ทำการเก็บข้อมูลขนาดความเร่งการสั่นสะเทือนของทางพิเศษยกระดับเนื่องจากการสัญจรของยานพาหนะในช่องบริการที่ 1, 3 และ 5 โดยติดตั้งหัววัดขนาดความเร่งที่ผิวจราจรและเกาะคอนกรีตของตู้รับชำระค่าผ่านทาง พร้อมทั้งสัมภาษณ์ระดับการรับรู้การสั่นสะเทือนโดยใช้อาสาสมัครเก็บข้อมูลเนื่องจากการสัญจรของยานพาหนะทั้งหมด 385 คน โดยในบทนี้จะวิเคราะห์และอภิปรายผลการศึกษาและการวิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบระดับการรับรู้กับเกณฑ์มาตรฐานสากล รวมถึงนำเสนอเกณฑ์ระดับการรับรู้ของโครงสร้างทางยกระดับ โดยมีรายละเอียดดังหัวข้อต่อไปนี้

#### ภาพรวมผลการศึกษา

การศึกษานี้จะทำการตรวจวัดขนาดความเร่งการสั่นสะเทือนเพื่อหาระดับระดับการรับรู้การสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้น เนื่องจากรถยนต์ที่ใช้บริการทางพิเศษบูรพาวิถี บริเวณด่านเก็บค่าผ่านทางขาออกโดยแบ่งจุดตรวจวัดค่าความเร่งการสั่นสะเทือนออกเป็น 2 จุด คือ 1. จุดตรวจวัดบริเวณผิวจราจร แสดงผลดังรูป 4.1(ก) 2. จุดตรวจวัดบริเวณตู้เก็บค่าผ่านทางซึ่งตั้งอยู่บนเกาะคอนกรีตสูงจากผิวจราจร 15 เซนติเมตร แสดงผลดังรูป 4.1(ข) และทำการสำรวจค่าระดับการรับรู้การสั่นสะเทือนของบุคคลโดยการสัมภาษณ์ เพื่อให้ทราบถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นจริง พบว่าระดับการรับรู้การสั่นสะเทือนที่จุดตรวจวัดบริเวณผิวจราจรมีค่าแอมพลิจูดการสั่นสะเทือนอยู่ในช่วง 0.001-0.04 g และมีค่าความถี่การสั่นสะเทือนในช่วง 3-5 Hz เป็นระดับการรับรู้การสั่นสะเทือนในระดับไม่รู้สึกลงไปถึงรู้สึกได้ โดยมีข้อมูลส่วนใหญ่อยู่ในระดับรู้สึกได้ จุดตรวจวัดบริเวณตู้เก็บค่าผ่านทางจะมีค่าแอมพลิจูดการสั่นสะเทือนในระดับที่ต่ำกว่าจุดตรวจวัดที่ผิวจราจร มีค่าอยู่ในช่วง 0.001-0.03 g และค่าความถี่การสั่นสะเทือนในช่วง 3-15 Hz เป็นระดับระดับการรับรู้การสั่นสะเทือนในระดับไม่รู้สึกลงไปถึงรู้สึกได้ โดยจะมีระดับการรับรู้การสั่นสะเทือนต่ำกว่าจุดตรวจวัดบริเวณผิวจราจรเล็กน้อย



ภาพที่ 4.1 ระดับการรับรู้การสั่นสะเทือนที่ส่งผลต่อบุคคล ณ ด้านเก็บค่าผ่านทาง  
(ก) ตรวจวัดที่ผิวจราจร (ข) ตรวจวัดบริเวณตู้เก็บค่าผ่านทาง

การทดสอบได้ตรวจวัดขนาดความเร่งการสั่นสะเทือนเนื่องจากการเคลื่อนที่ของยานพาหนะ ตั้งแต่ 4-22 ล้อ โดยได้ข้อมูลยานพาหนะทั้งหมด 385 คัน โดยได้แสดงปริมาณข้อมูลของยานพาหนะ แต่ละประเภทดังตารางที่ 4.1

ระดับการรับรู้การสั่นสะเทือนที่ได้จากการแปลงค่าความเร่งการสั่นสะเทือนจุดตรวจวัดบริเวณ ผิวจราจรอยู่ในระดับ ไม่รู้สึก (imperceptible) ร้อยละ 4.16 รู้สึกได้ (perceptible) ร้อยละ 95.84 และค่าความเร่งการสั่นสะเทือนจุดตรวจวัดบริเวณตู้เก็บค่าผ่านทางอยู่ในระดับ ไม่รู้สึก (imperceptible) ร้อยละ 8.83 รู้สึกได้ (perceptible) ร้อยละ 91.17 ดังตารางที่ 4.2

ระดับการรับรู้การสั่นสะเทือนที่ได้จากการสัมภาษณ์จุดตรวจวัดบริเวณตู้เก็บค่าผ่านทาง อยู่ในระดับ ไม่รู้สึก (imperceptible) ร้อยละ 69.87 รู้สึกได้บ้าง (barely perceptible) ร้อยละ 21.94 รู้สึกได้อย่างชัดเจน (distinctly perceptible) ร้อยละ 5.19 ดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.1 ปริมาณข้อมูลของยานพาหนะแต่ละประเภท

ประเภทยานพาหนะ	ข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดยานพาหนะแต่ละประเภทและข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์ระดับการรับรู้การสั่นสะเทือน*
4 ล้อ	238
6 ล้อ	85
8 ล้อ	4
10 ล้อ	28
12 ล้อ	5
18 ล้อ	9
22 ล้อ	16
รวม	385

\*หมายเหตุ การสัมภาษณ์ระดับการรับรู้การสั่นสะเทือนของบุคคลจะพิจารณาเฉพาะบริเวณตู้เก็บค่าผ่านทางเท่านั้น

ตารางที่ 4.2 ร้อยละของระดับการรับรู้ที่ได้จากการตรวจวัดขนาดความเร่งบริเวณผิวจราจรและตู้เก็บค่าผ่านทาง

จุดตรวจวัด	ระดับการรับรู้การสั่นสะเทือน	จำนวนระดับการรับรู้ที่ได้จากการแปลงค่าการตรวจวัดขนาดความเร่ง(เหตุการณ์)	ร้อยละของจำนวนระดับการรับรู้ที่ได้จากการแปลงค่าการตรวจวัดขนาดความเร่ง
บริเวณผิวจราจร	ไม่รู้สึกรู้ (imperceptible)	16	4.16
	รู้สึกได้ (perceptible)	369	95.84
	รู้สึกไม่พอใจ (unpleasant)	0	0
	รู้สึกทนไม่ได้ (intolerable)	0	0
บริเวณตู้เก็บค่าผ่านทาง	ไม่รู้สึกรู้ (imperceptible)	34	8.83
	รู้สึกได้ (perceptible)	351	91.17
	รู้สึกไม่พอใจ (unpleasant)	0	0
	รู้สึกทนไม่ได้ (intolerable)	0	0

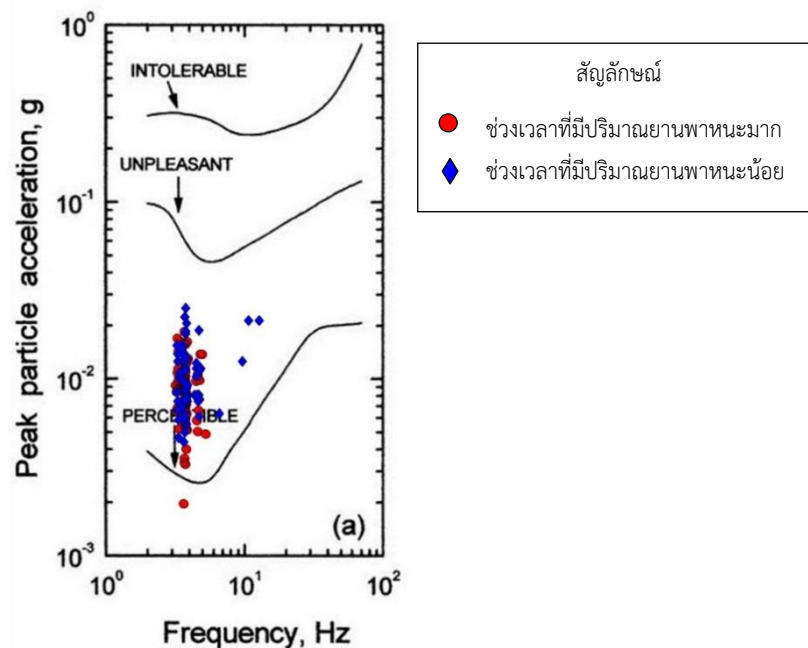
ตารางที่ 4.3 ร้อยละของระดับการรับรู้ที่ได้จากการสัมภาษณ์บริเวณตู้เก็บค่าผ่านทาง

จุดตรวจวัด	ระดับการรับรู้การสั่นสะเทือน	จำนวนระดับการรับรู้ที่ได้จากการสัมภาษณ์ (เหตุการณ์)	ร้อยละของจำนวนระดับการรับรู้ที่ได้จากการสัมภาษณ์
ตู้เก็บค่าผ่านทาง	ไม่รู้สึกรู้หาย (imperceptible)	269	69.87
	รู้สึกได้บ้าง (barely perceptible)	96	24.94
	รู้สึกได้อย่างชัดเจน (distinctly perceptible)	20	5.19
	รู้สึกไม่พอใจ (unpleasant)	0	0

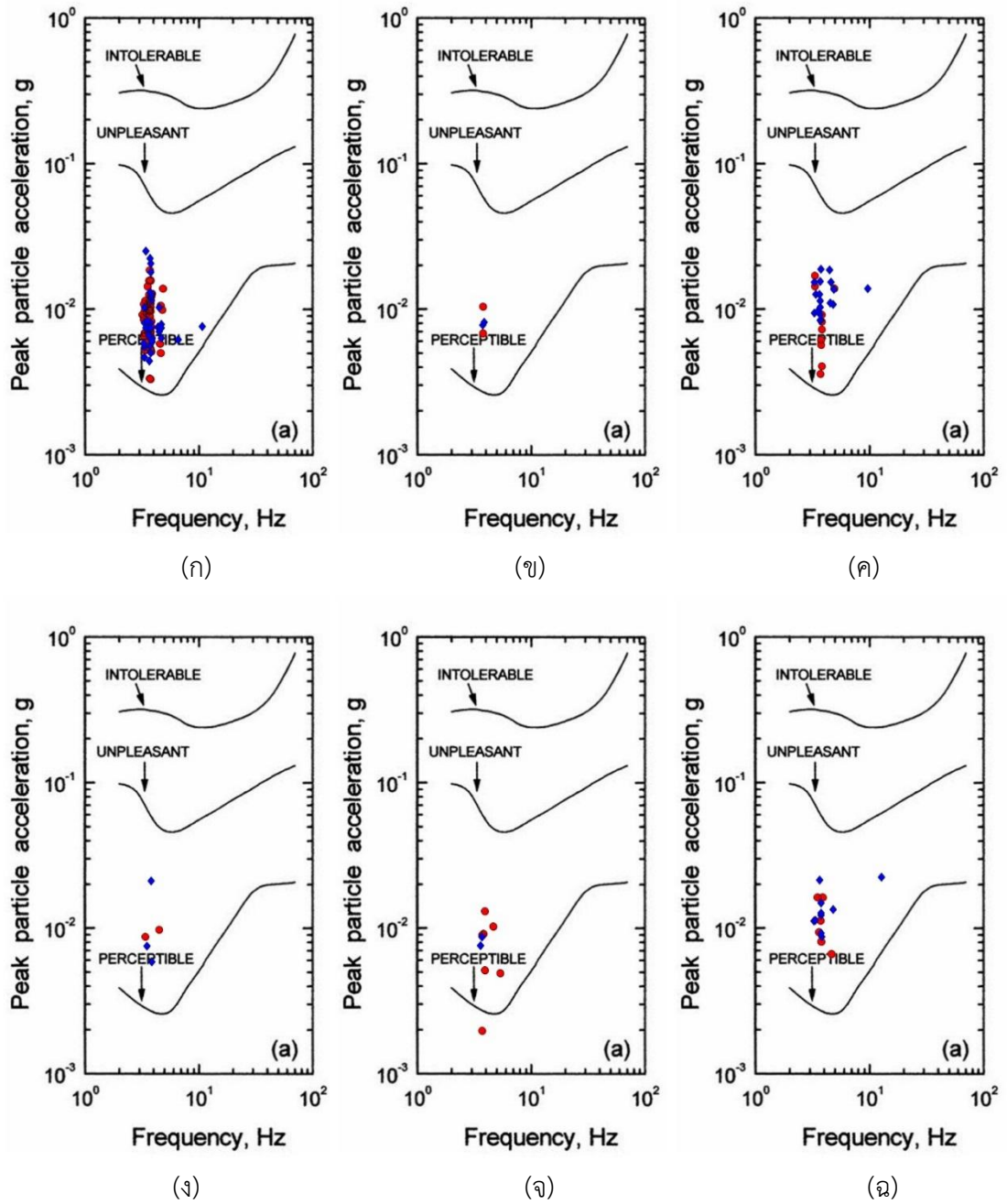
### ระดับความแรงการสั่นสะเทือนที่ได้จากการตรวจวัดขนาดความแรงการสั่นสะเทือน

#### ปัจจัยของช่วงเวลาที่มียานพาหนะมากกับช่วงเวลาที่มียานพาหนะน้อย

ระดับการรับรู้การสั่นสะเทือนในช่วงเวลาที่มียานพาหนะมากกับช่วงเวลาที่มียานพาหนะน้อย จะมีระดับการรับรู้การสั่นสะเทือนอยู่ในระดับเดียวกันคือ รู้สึกได้ (perceptible) แต่ในช่วงที่มีปริมาณยานพาหนะน้อยจะมีค่าแอมพลิจูดการสั่นสะเทือนที่สูงกว่าเล็กน้อย แสดงกราฟดังภาพที่ 4.2



ภาพที่ 4.2 ระดับการรับรู้การสั่นสะเทือนโดยพิจารณาตามช่วงเวลาที่มียานพาหนะมากกับช่วงเวลาที่มียานพาหนะน้อย จุดตรวจวัดช่องบริการที่ 1



ภาพที่ 4.3 ระดับการรับรู้การสั่นสะเทือนโดยพิจารณาตามช่วงเวลาที่มีปริมาณยานพาหนะมากกับช่วงที่มีปริมาณยานพาหนะน้อย โดยแบ่งตามประเภทยานพาหนะ  
(ก) 6 ล้อ (ข) 8 ล้อ (ค) 10 ล้อ (ง) 12 ล้อ (จ) 18 ล้อ และ (ฉ) 22 ล้อ

ตารางที่ 4.4 ระดับการรับรู้การสั่นสะเทือนที่ส่งผลต่อการรับรู้ของบุคคล เมื่อเปรียบเทียบตาม ปริมาณยานพาหนะ

ประเภท ยานพาหนะ (ล้อ)	ระดับการรับรู้การสั่นสะเทือน	จำนวนระดับการรับรู้ที่ได้จาก การแปลงค่าการตรวจวัด ขนาดความเร่ง(เหตุการณ์)		ร้อยละของจำนวนระดับการ รับรู้ที่ได้จากการแปลงค่าการ ตรวจวัดขนาดความเร่ง	
		ปริมาณ	ปริมาณ	ปริมาณ	ปริมาณ
		ยานพาหนะ มาก	ยานพาหนะ น้อย	ยานพาหนะ มาก	ยานพาหนะ น้อย
6 ล้อ	ไม่รู้สึกรู้หาย (imperceptible)	0	0	0	0
	รู้สึกได้ (perceptible)	52	33	21.15	100
	รู้สึกไม่พอใจ (unpleasant)	0	0	78.85	0
	รู้สึกทนไม่ได้ (intolerable)	0	0	0	0
8 ล้อ	ไม่รู้สึกรู้หาย (imperceptible)	0	0	0	0
	รู้สึกได้ (perceptible)	2	2	100	100
	รู้สึกไม่พอใจ (unpleasant)	0	0	0	0
	รู้สึกทนไม่ได้ (intolerable)	0	0	0	0
10 ล้อ	ไม่รู้สึกรู้หาย (imperceptible)	0	0	0	0
	รู้สึกได้ (perceptible)	10	18	100	100
	รู้สึกไม่พอใจ (unpleasant)	0	0	0	0
	รู้สึกทนไม่ได้ (intolerable)	0	0	0	0
12 ล้อ	ไม่รู้สึกรู้หาย (imperceptible)	0	0	0	0
	รู้สึกได้ (perceptible)	2	3	100	100
	รู้สึกไม่พอใจ (unpleasant)	0	0	0	0
	รู้สึกทนไม่ได้ (intolerable)	0	0	0	0
18 ล้อ	ไม่รู้สึกรู้หาย (imperceptible)	1	0	14.29	0
	รู้สึกได้ (perceptible)	6	2	85.71	100
	รู้สึกไม่พอใจ (unpleasant)	0	0	0	0
	รู้สึกทนไม่ได้ (intolerable)	0	0	0	0
22 ล้อ	ไม่รู้สึกรู้หาย (imperceptible)	0	0	0	0
	รู้สึกได้ (perceptible)	6	10	100	100
	รู้สึกไม่พอใจ (unpleasant)	0	0	0	0
	รู้สึกทนไม่ได้ (intolerable)	0	0	0	0

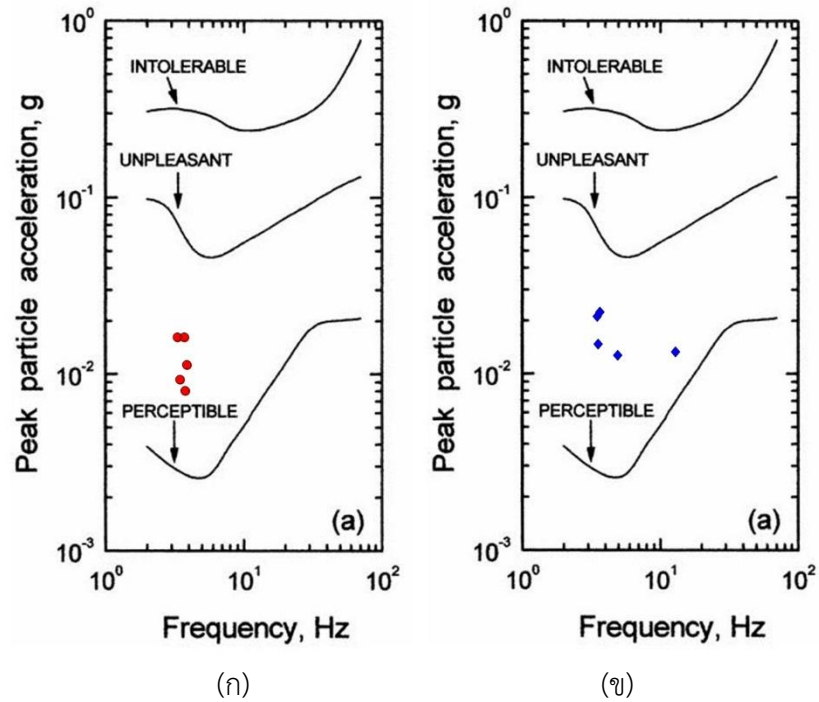
ช่วงเวลาที่มียานพาหนะมากมีค่าแอมพลิจูดการสั่นสะเทือนในช่วง 0.003-0.02 g และค่าความถี่การสั่นสะเทือนในช่วง 3-5 Hz ซึ่งแปลงเป็นค่าระดับการรับรู้การสั่นสะเทือนได้ระดับไม่รู้สึกรู้สึก (imperceptible) และระดับรู้สึกได้ (perceptible) โดยส่วนใหญ่อยู่ในระดับรู้สึกได้ (perceptible) ร้อยละ 98.73 และในช่วงเวลาที่มียานพาหนะน้อยมีค่าแอมพลิจูดการสั่นสะเทือนในช่วง 0.004-0.03 g และค่าความถี่การสั่นสะเทือนในช่วง 3-15 Hz ซึ่งแปลงเป็นค่าระดับการรับรู้การสั่นสะเทือนได้ระดับรู้สึกได้ (perceptible) ร้อยละ 100 ดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 สรุประดับการรับรู้การสั่นสะเทือนที่ส่งผลต่อการรับรู้ของบุคคล เมื่อเปรียบเทียบตามปริมาณยานพาหนะ

ระดับการรับรู้การสั่นสะเทือน	จำนวนระดับการรับรู้ที่ได้จากการแปลงค่าการตรวจวัดขนาดความเร่ง (เหตุการณ์)		ร้อยละของจำนวนระดับการรับรู้ที่ได้จากการแปลงค่าการตรวจวัดขนาดความเร่ง	
	ปริมาณ	ปริมาณ	ปริมาณ	ปริมาณ
	ยานพาหนะมาก	ยานพาหนะน้อย	ยานพาหนะมาก	ยานพาหนะน้อย
ไม่รู้สึกรู้สึก (imperceptible)	1	0	1.27	0
รู้สึกได้ (perceptible)	78	68	98.73	100
รู้สึกไม่พอใจ (unpleasant)	0	0	0	0
รู้สึกทนไม่ได้ (intolerable)	0	0	0	0

จากวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า ช่วงเวลาที่มียานพาหนะมากมีค่าแอมพลิจูดการสั่นสะเทือนในช่วง 0.003-0.02 g และค่าความถี่การสั่นสะเทือนในช่วง 3-5 Hz ซึ่งแปลงเป็นค่าระดับการรับรู้การสั่นสะเทือนได้ระดับไม่รู้สึกรู้สึก (imperceptible) และระดับรู้สึกได้ (perceptible) โดยส่วนใหญ่อยู่ในระดับรู้สึกได้ (perceptible) และในช่วงเวลาที่มียานพาหนะน้อยมีค่าแอมพลิจูดการสั่นสะเทือนในช่วง 0.004-0.03 g และค่าความถี่การสั่นสะเทือนในช่วง 3-15 Hz ซึ่งแปลงเป็นค่าระดับการรับรู้การสั่นสะเทือนได้ระดับรู้สึกได้ (perceptible) โดยแอมพลิจูดการสั่นสะเทือนในช่วงเวลาที่มียานพาหนะน้อยนั้นมีค่าสูงกว่าช่วงเวลาที่มียานพาหนะมาก ดังภาพที่ 4.2 เนื่องมาจากในช่วงเวลาที่มียานพาหนะน้อย ไม่มีแกวค้อยเกิดขึ้นทำให้ยานพาหนะเคลื่อนที่เข้าด้านเก็บค่าผ่านทางด้วยความเร็วสูง และเกิดการเบรกอย่างกะทันหันบริเวณหน้าด่านเก็บค่าผ่านทางและส่งผลให้แรงเฉื่อยที่เกิดขึ้นจากการเบรกรุนแรงกว่าปกติ ส่งผลให้การสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นรุนแรงกว่าช่วงเวลาที่มียานพาหนะมากที่บริเวณหน้าด่านเก็บค่าผ่านทางมีแกวค้อยเกิดขึ้น จากปริมาณยานพาหนะที่ใช้บริการจำนวนมาก ยานพาหนะจึงเคลื่อนที่เข้าด้านด้วยความเร็วที่ต่ำทำให้การเบรกเพื่อลดความเร็วเกิดแรงเฉื่อยที่ไม่รุนแรง ซึ่งตัวอย่างแอมพลิจูดการสั่นสะเทือนแสดงได้ดังภาพที่ 4.4

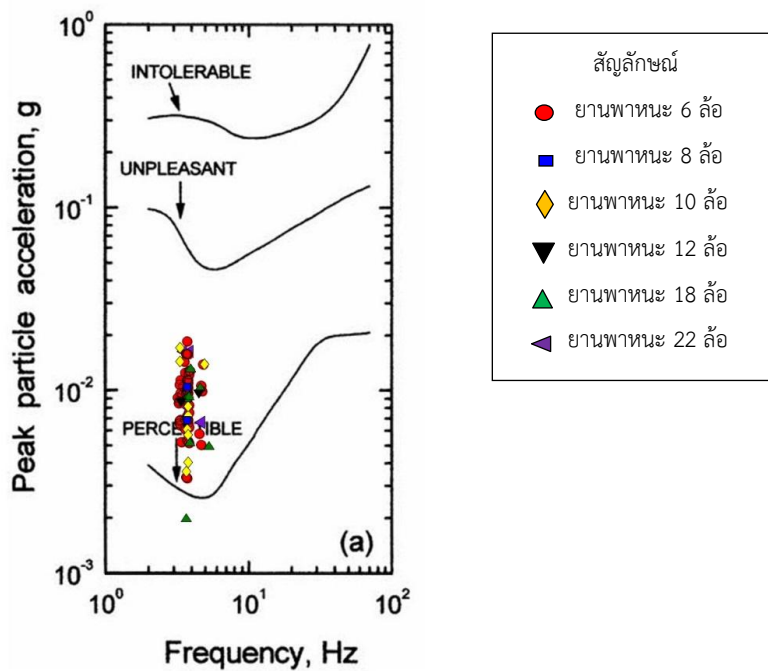




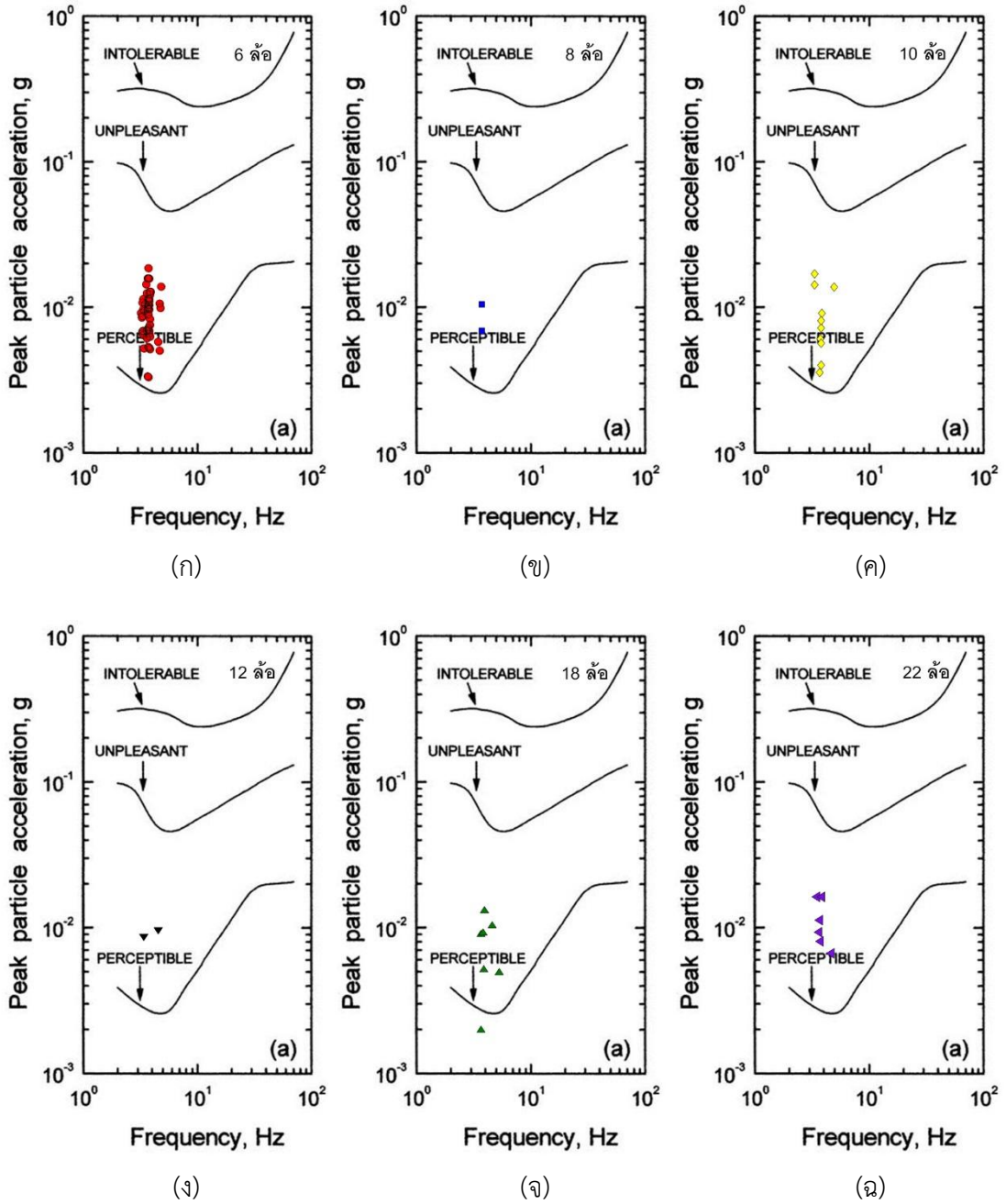
ภาพที่ 4.4 ระดับการรับรู้การสั่นสะเทือนโดยพิจารณาตามช่วงเวลา  
 (ก) ช่วงเวลาที่มีปริมาณยานพาหนะมาก และ (ข) ช่วงเวลาที่มีปริมาณยานพาหนะน้อย

ปัจจัยของประเภทยานพาหนะ

ในปัจจัยนี้จะพิจารณาเฉพาะยานพาหนะตั้งแต่ 6-22 ล้อ ซึ่งเป็นยานพาหนะที่น้ำหนักบรรทุกค่อนข้างมาก โดยมีระดับการรับรู้การสั่นสะเทือนอยู่ในระดับรู้สึกได้ (perceptible) ดังภาพที่ 4.5



ภาพที่ 4.5 ระดับการรับรู้การสั่นสะเทือนโดยพิจารณาจากประเภทยานพาหนะช่องบริการที่ 1



ภาพที่ 4.6 ระดับการรับรู้การสั่นสะเทือนโดยพิจารณาตามประเภทยานพาหนะ

(ก) 6 ล้อ (ข) 8 ล้อ (ค) 10 ล้อ (ง) 12 ล้อ (จ) 18 ล้อ และ (ฉ) 22 ล้อ

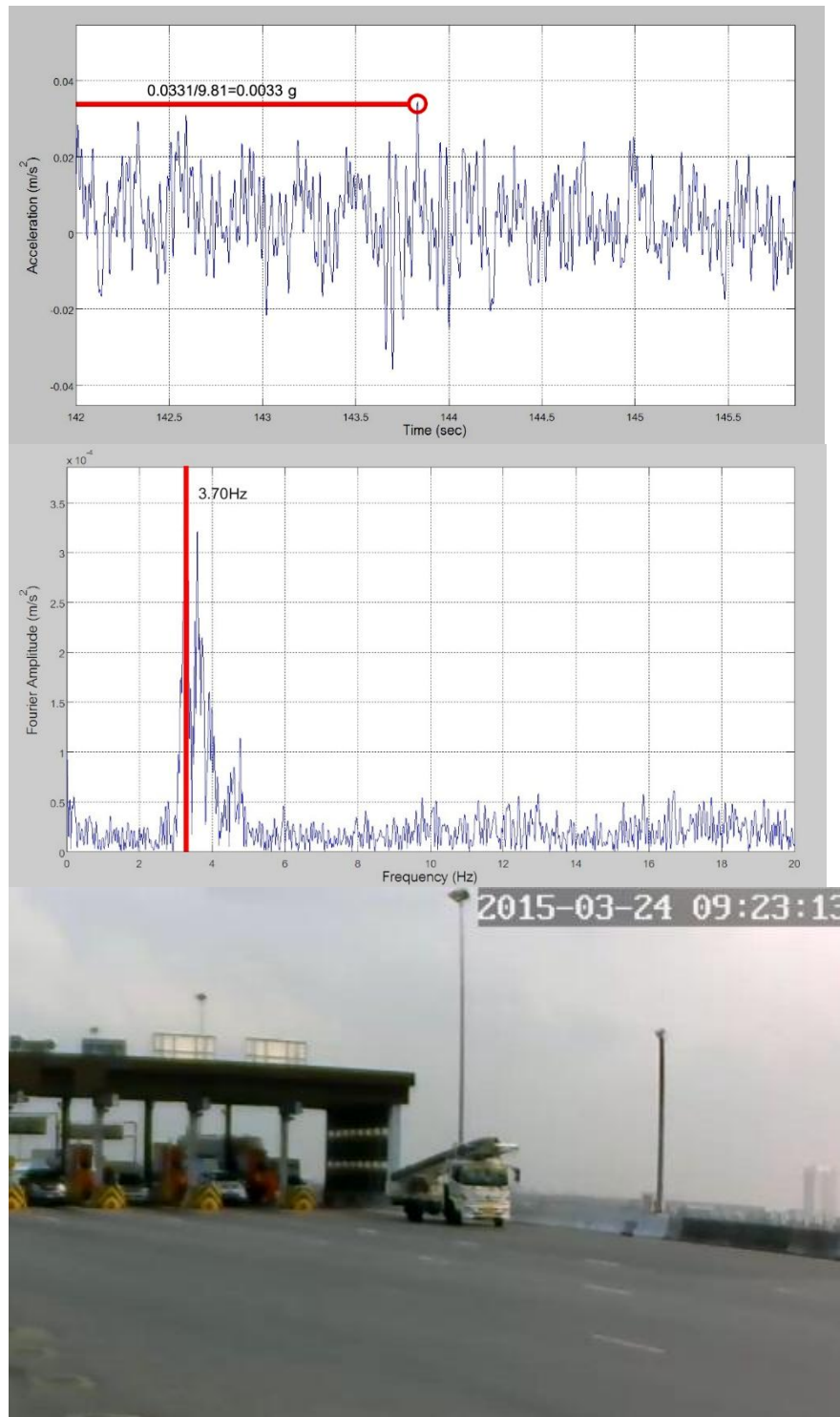
ตารางที่ 4.6 ระดับการรับรู้การสัมผัสที่ส่งผลต่อการรับรู้ของบุคคล เมื่อเปรียบเทียบตาม  
ประเภทยานพาหนะ

ประเภท ยานพาหนะ (ล้อ)	ระดับการรับรู้การสัมผัสที่ ยานพาหนะ	จำนวนระดับการรับรู้ที่ได้จาก การแปลงค่าการตรวจวัดขนาด ความเร่ง(เหตุการณ์)	ร้อยละของจำนวนระดับการ รับรู้ที่ได้จากการแปลงค่าการ ตรวจวัดขนาดความเร่ง
6 ล้อ	ไม่รู้สึก (imperceptible)	0	0
	รู้สึกได้ (perceptible)	52	100
	รู้สึกไม่พอใจ (unpleasant)	0	0
	รู้สึกจนทนไม่ได้ (intolerable)	0	0
8 ล้อ	ไม่รู้สึก (imperceptible)	0	0
	รู้สึกได้ (perceptible)	2	100
	รู้สึกไม่พอใจ (unpleasant)	0	0
	รู้สึกจนทนไม่ได้ (intolerable)	0	0
10 ล้อ	ไม่รู้สึก (imperceptible)	0	0
	รู้สึกได้ (perceptible)	10	100
	รู้สึกไม่พอใจ (unpleasant)	0	0
	รู้สึกจนทนไม่ได้ (intolerable)	0	0
12 ล้อ	ไม่รู้สึก (imperceptible)	0	0
	รู้สึกได้ (perceptible)	2	100
	รู้สึกไม่พอใจ (unpleasant)	0	0
	รู้สึกจนทนไม่ได้ (intolerable)	0	0
18 ล้อ	ไม่รู้สึก (imperceptible)	1	14.29
	รู้สึกได้ (perceptible)	6	85.71
	รู้สึกไม่พอใจ (unpleasant)	0	0
	รู้สึกจนทนไม่ได้ (intolerable)	0	0
22 ล้อ	ไม่รู้สึก (imperceptible)	0	0
	รู้สึกได้ (perceptible)	6	100
	รู้สึกไม่พอใจ (unpleasant)	0	0
	รู้สึกจนทนไม่ได้ (intolerable)	0	0

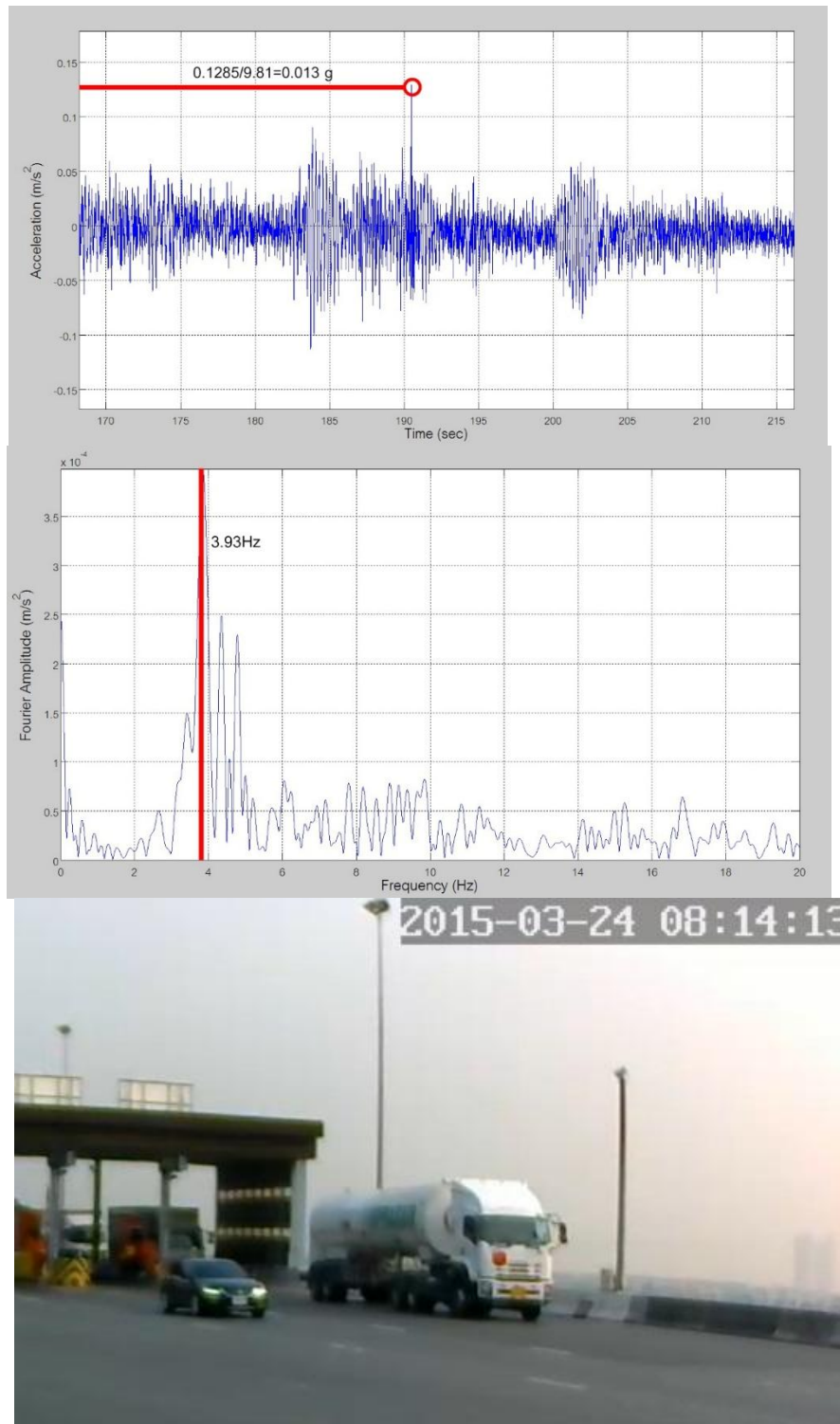
ตารางที่ 4.7 สรุประดับการรับรู้การสั่นสะเทือนที่ส่งผลต่อการรับรู้ของบุคคล เมื่อเปรียบเทียบกับ  
 ปรเภทยานพาหนะ

ระดับการรับรู้การสั่นสะเทือน	จำนวนระดับการรับรู้ที่ได้จากการแปลง ค่าการตรวจวัดขนาดความเร่ง (เหตุการณ์)	ร้อยละของจำนวนระดับการรับรู้ที่ ได้จากการแปลงค่าการตรวจวัด ขนาดความเร่ง
ไม่รู้สึก (imperceptible)	1	1.28
รู้สึกได้ (perceptible)	78	98.72
รู้สึกไม่พอใจ (unpleasant)	0	0
รู้สึกทนไม่ได้ (intolerable)	0	0

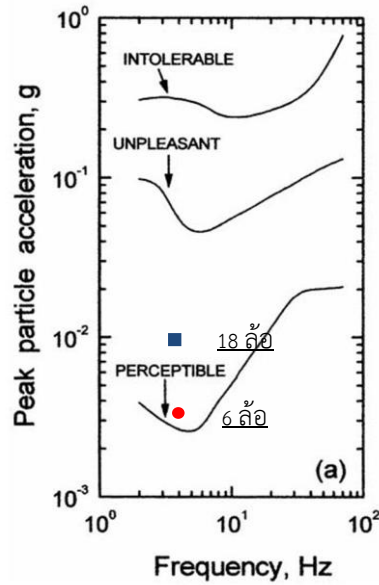
จากการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า ค่าแอมพลิจูดการสั่นสะเทือนอยู่ในช่วง 0.003-0.02 g และค่าความถี่การสั่นสะเทือนอยู่ในช่วง 3-5 Hz ซึ่งแปลงเป็นค่าระดับการรับรู้การสั่นสะเทือนที่ได้ในระดับรู้สึกได้ (perceptible) เนื่องจากยานพาหนะมีน้ำหนักบรรทุกมาก ทำให้แรงสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นรุนแรงมากกว่ายานพาหนะขนาดเล็กในขณะเบรกเพื่อลดความเร็วก่อนเข้าด่านเก็บค่าผ่านทาง และเมื่อน้ำหนักบรรทุกมากขึ้น แรงเฉื่อยที่เกิดขึ้นจะมีความรุนแรงเพิ่มมากขึ้น และส่งผลให้การสั่นสะเทือนมีความรุนแรงเพิ่มมากขึ้น อีกทั้งระบบช่วงล่างของยานพาหนะที่ถูกออกแบบมาเพื่อการรองรับน้ำหนักบรรทุกโดยเฉพาะซึ่งจะไม่มี ความนุ่มนวลในการขับขี่มากนัก แสดงตัวอย่างสัญญาณยานพาหนะ 6 ล้อ ดังภาพที่ 4.7 ที่แอมพลิจูดการสั่นสะเทือนเท่ากับ 0.0033 g และค่าความถี่การสั่นสะเทือนเท่ากับ 3.7 Hz และเมื่อเทียบกับยานพาหนะ 18 ล้อ แสดงตัวอย่างสัญญาณดังภาพที่ 4.8 มีค่าแอมพลิจูดการสั่นสะเทือนเท่ากับ 0.013 g และค่าความถี่การสั่นสะเทือนเท่ากับ 3.93 Hz เห็นได้ว่าเมื่อยานพาหนะมีน้ำหนักมากขึ้นทำให้ค่าแอมพลิจูดการสั่นสะเทือนเพิ่มสูงขึ้น



ภาพที่ 4.7 ตัวอย่างสัญญาณและภาพยานพาหนะ 6 ล้อ



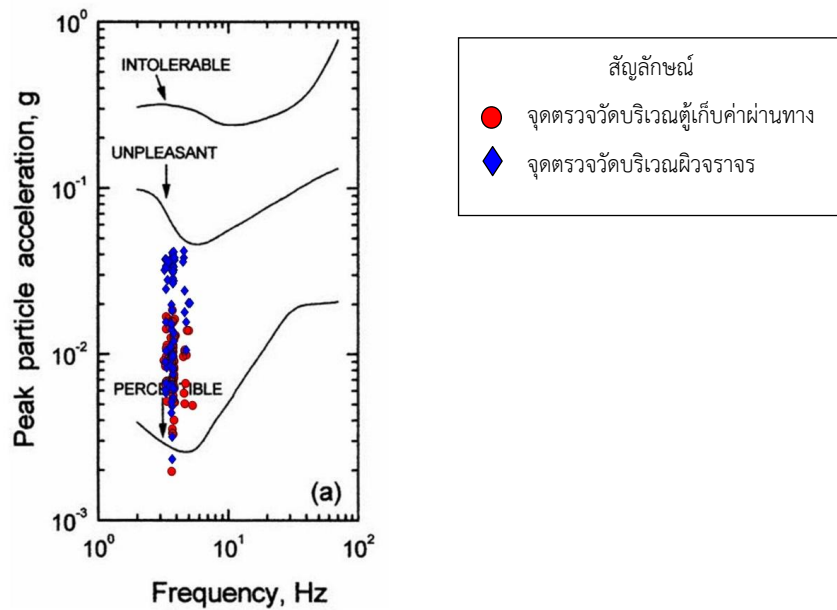
ภาพที่ 4.8 ตัวอย่างสัญญาณและภาพยานพาหนะ 18 ล้อ



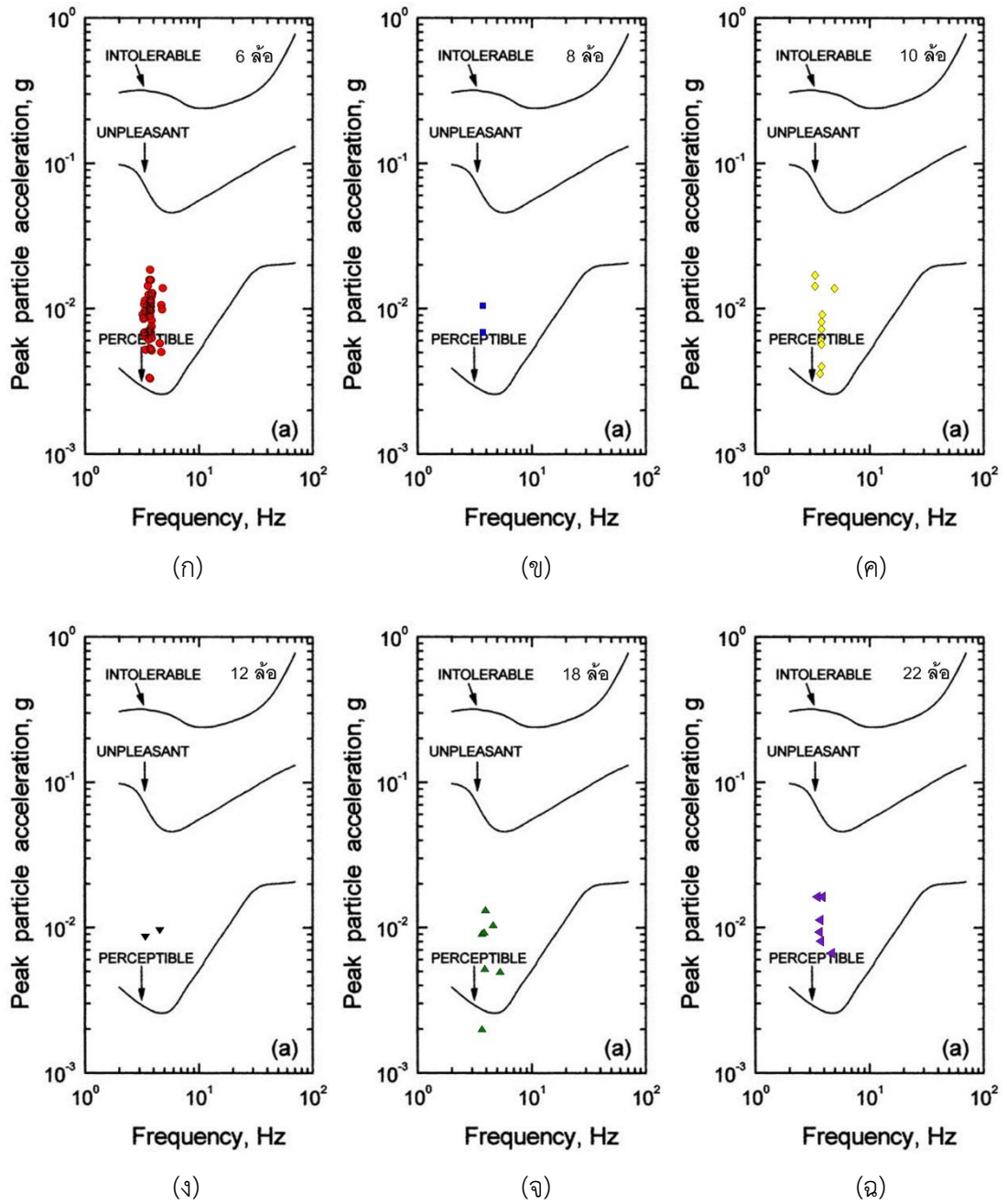
ภาพที่ 4.9 ระดับการรับรู้การสั่นสะเทือนของยานพาหนะ 6 ล้อ และ 18 ล้อ

**ปัจจัยของตำแหน่งจุดตรวจวัดขนาดความเร่งการสั่นสะเทือน**

พิจารณาระดับการรับรู้การสั่นสะเทือนที่จุดตรวจวัดบริเวณผิวจราจรและจุดตรวจวัดบริเวณตู้เก็บค่าผ่านทาง ซึ่งตั้งอยู่บนเกาะคอนกรีตสูงจากพื้นผิวจราจร 15 เซนติเมตร พบว่าค่าระดับการรับรู้การสั่นสะเทือนที่จุดตรวจวัดบริเวณผิวจราจรอยู่ในระดับรู้สึกได้ (perceptible) และค่าระดับการรับรู้การสั่นสะเทือนจุดตรวจวัดบริเวณตู้เก็บค่าผ่านทางอยู่ในระดับรู้สึกได้ (perceptible) แต่ที่จุดตรวจวัดบริเวณผิวจราจรจะมีค่าแอมพลิจูดการสั่นสะเทือนที่สูงมากกว่า ดังภาพที่ 4.10



ภาพที่ 4.10 ค่าระดับการรับรู้การสั่นสะเทือน เมื่อเทียบระหว่างจุดตรวจวัดบริเวณผิวจราจรกับบริเวณตู้เก็บค่าผ่านทาง



ภาพที่ 4.11 ระดับการรับรู้การสั่นสะเทือนโดยพิจารณาตามจุดตรวจวัดบริเวณผิวจราจรและบริเวณตู้

เก็บค่าผ่านทาง โดยแบ่งตามประเภทยานพาหนะ

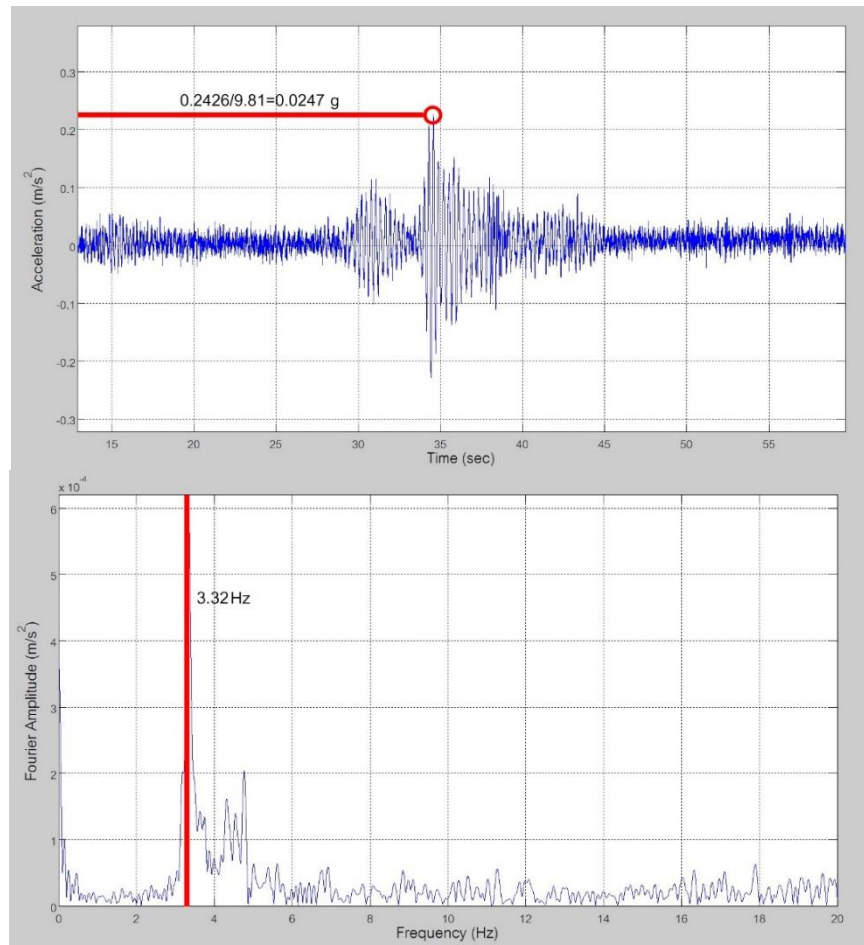
(ก) 6 ล้อ (ข) 8 ล้อ (ค) 10 ล้อ (ง) 12 ล้อ (จ) 18 ล้อ และ (ฉ) 22 ล้อ



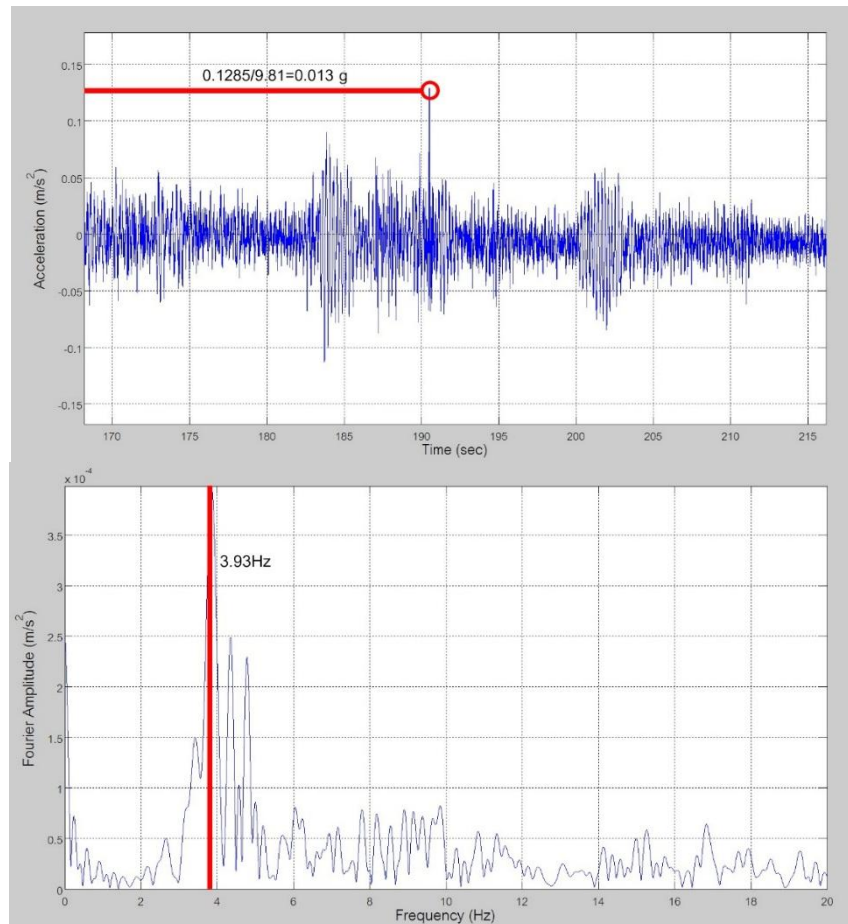
ตารางที่ 4.8 ร้อยละของระดับการรับรู้ที่ได้จากการตรวจวัดขนาดความเร่ง จุดตรวจวัดบริเวณผิวจราจรและบริเวณตู้เก็บค่าผ่านทาง

จุดตรวจวัด	ระดับการรับรู้การสั่นสะเทือน	จำนวนระดับการรับรู้ที่ได้จากการแปลงค่าการตรวจวัดขนาดความเร่ง(เหตุการณ์)	ร้อยละของจำนวนระดับการรับรู้ที่ได้จากการแปลงค่าการตรวจวัดขนาดความเร่ง
ตู้เก็บค่าผ่านทาง	ไม่รู้สึกรู้หาย (imperceptible)	1	1.27
	รู้สึกได้ (perceptible)	78	98.72
	รู้สึกไม่พอใจ (unpleasant)	0	0
	รู้สึกทนไม่ได้ (intolerable)	0	0
บริเวณผิวจราจร	ไม่รู้สึกรู้หาย (imperceptible)	1	1.27
	รู้สึกได้ (perceptible)	78	98.72
	รู้สึกไม่พอใจ (unpleasant)	0	0
	รู้สึกทนไม่ได้ (intolerable)	0	0

จากการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่าค่าระดับการรับรู้การสั่นสะเทือนที่ได้จากการแปลงค่าของขนาดความเร่งการสั่นสะเทือนทั้งจุดตรวจวัดบริเวณผิวจราจรและจุดตรวจวัดบริเวณตู้เก็บค่าผ่านทางอยู่ในระดับเดียวกันคือ ระดับรู้สึกได้ (perceptible) โดยค่าแอมพลิจูดการสั่นสะเทือนที่จุดตรวจวัดบริเวณผิวจราจรมีค่าอยู่ในช่วง 0.002-0.04 g และมีค่าความถี่การสั่นสะเทือนอยู่ในช่วง 3-5 Hz และค่าแอมพลิจูดการสั่นสะเทือนจุดตรวจวัดบริเวณตู้เก็บค่าผ่านทาง ที่ตั้งอยู่บนเกาะคอนกรีตสูง 15 เซนติเมตร อยู่ในช่วง 0.002-0.02 g และค่าความถี่การสั่นสะเทือนอยู่ในช่วง 3-5 Hz ซึ่งบริเวณตู้เก็บค่าผ่านทางสามารถลดทอนค่าแอมพลิจูดการสั่นสะเทือนลงโดยเฉลี่ยร้อยละ 45 ดังภาพที่ 4.12 และ 4.13



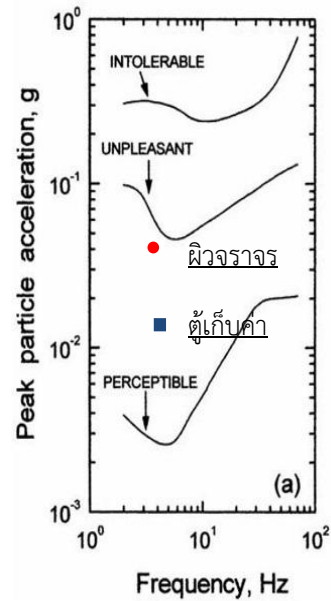
ภาพที่ 4.12 ตัวอย่างสัญญาณยานพาหนะ 18 ล้อ จุดตรวจวัดบริเวณผิวจราจร



ภาพที่ 4.13 ตัวอย่างสัญญาณยานพาหนะ 18 ล้อ จุดตรวจวัดบริเวณตู้เก็บค่าผ่านทาง



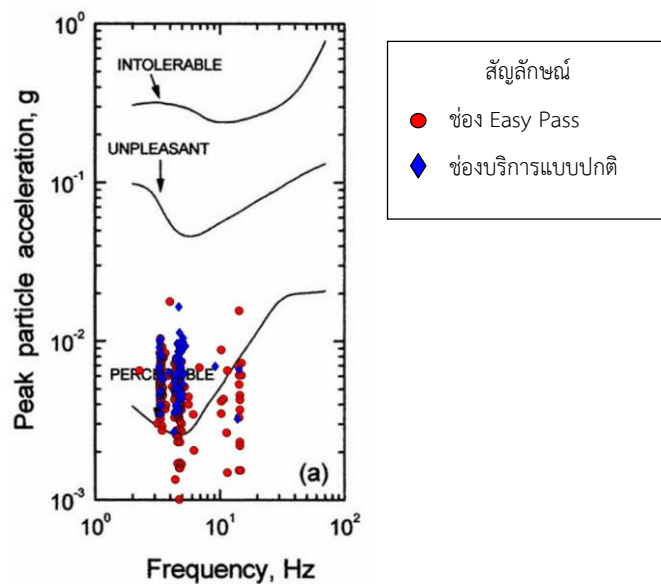
ภาพที่ 4.14 ภาพยานพาหนะ 18 ล้อของเหตุการณ์ดังภาพที่ 4.12 และ 4.13



ภาพที่ 4.15 ระดับการรับรู้การสั่นสะเทือนของยานพาหนะ 18 ล้อ จุดตรวจวัดบริเวณจราจรและบริเวณตู้เก็บค่าผ่านทาง

#### ปัจจัยของประเภทช่องบริการธรรมดากับช่อง Easy Pass

ระดับการรับรู้การสั่นสะเทือนของช่องบริการแบบ Easy Pass มีค่าระดับการรับรู้การสั่นสะเทือนอยู่ในระดับไม่รู้สึกรบกวน (imperceptible) และระดับรู้สึกได้ (perceptible) และมีค่าแอมพลิจูดการสั่นสะเทือนอยู่ในระดับที่ต่ำกว่าช่องบริการปกติ ซึ่งมีระดับการรับรู้การสั่นสะเทือนอยู่ในระดับรู้สึกได้ (perceptible) ดังภาพที่ 4.16

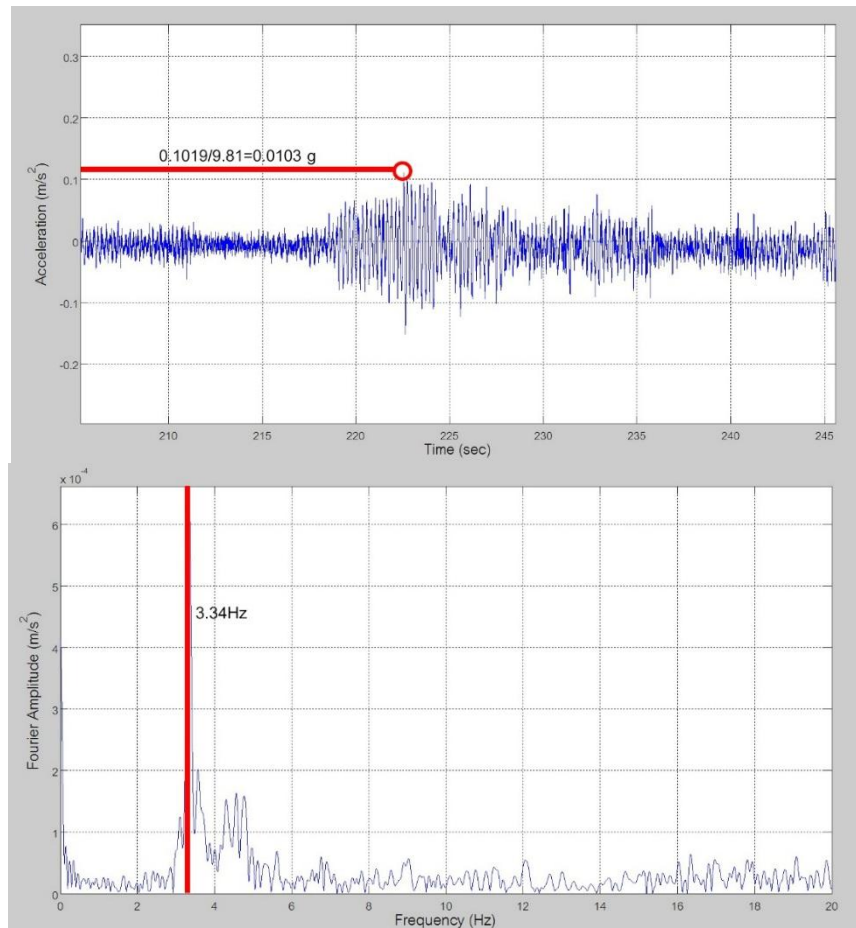


ภาพที่ 4.16 ค่าระดับการรับรู้การสั่นสะเทือน เมื่อเทียบระหว่างช่องบริการปกติกับ Easy Pass

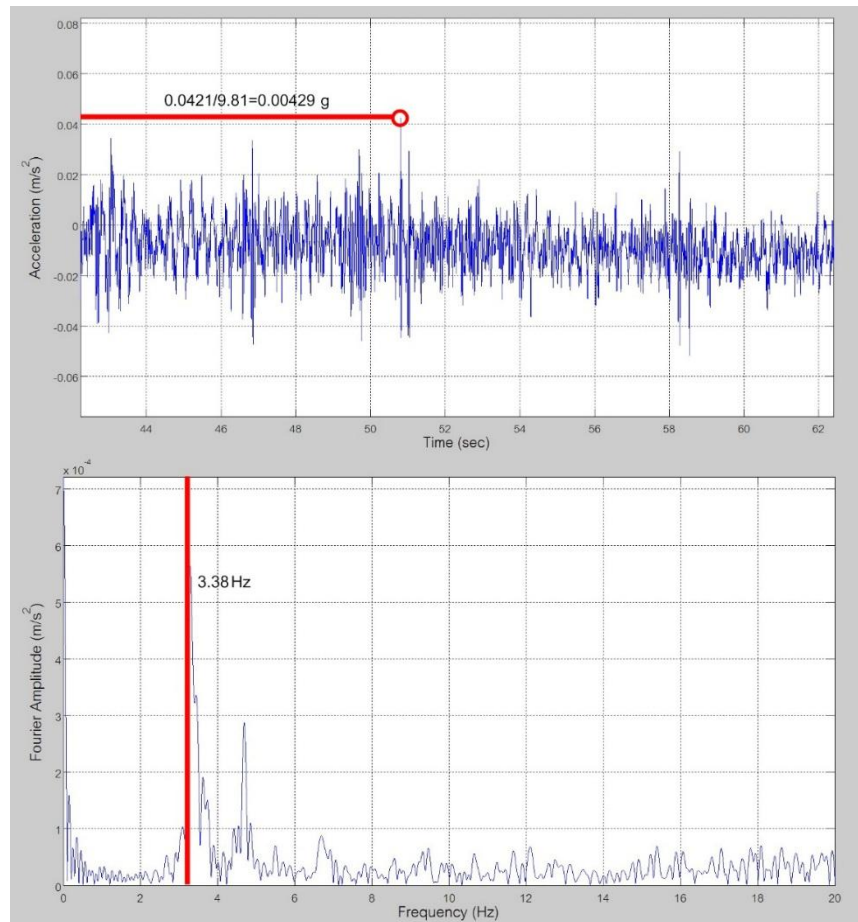
ตารางที่ 4.9 ร้อยละของระดับการรับรู้ที่ได้จากการแปลงค่าขนาดความเร่ง ช่องบริการแบบปกติและ  
ช่องบริการแบบ Easy Pass

ช่องบริการ	ระดับการรับรู้การสั่นสะเทือน	จำนวนระดับการรับรู้ที่ได้จากการแปลงค่าการตรวจวัดขนาดความเร่ง(เหตุการณ์)	ร้อยละของจำนวนระดับการรับรู้ที่ได้จากการแปลงค่าการตรวจวัดขนาดความเร่ง
ปกติ	ไม่รู้สึกรู้ (imperceptible)	2	2.56
	รู้สึกได้ (perceptible)	76	97.44
	รู้สึกไม่พอใจ (unpleasant)	0	0
	รู้สึกทนไม่ได้ (intolerable)	0	0
Easy Pass	ไม่รู้สึกรู้ (imperceptible)	32	20
	รู้สึกได้ (perceptible)	128	80
	รู้สึกไม่พอใจ (unpleasant)	0	0
	รู้สึกทนไม่ได้ (intolerable)	0	0

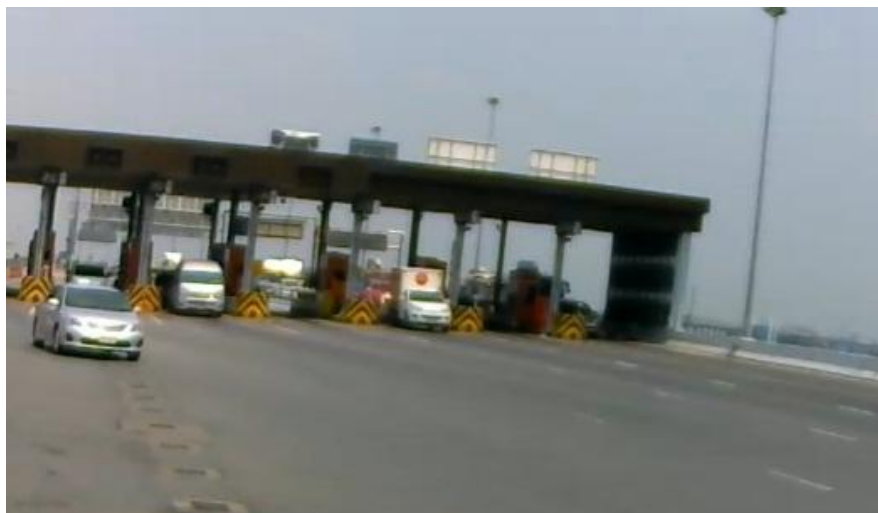
จากการวิเคราะห์ข้อมูล พบว่าช่องบริการปกติจะมีค่าแอมพลิจูดการสั่นสะเทือนอยู่ในช่วง 0.003-0.01 g และค่าความถี่การสั่นสะเทือนอยู่ในช่วง 3-5 Hz แปลงเป็นค่าระดับการรับรู้การสั่นสะเทือนอยู่ในระดับรู้สึกได้ (perceptible) ร้อยละ 97.44 ช่องบริการ Easy Pass จะมีค่าแอมพลิจูดการสั่นสะเทือนอยู่ในช่วง 0.001-0.008 g และค่าความถี่การสั่นสะเทือนอยู่ในช่วง 3-15 Hz แปลงเป็นค่าระดับการรับรู้การสั่นสะเทือนอยู่ในระดับไม่รู้สึกรู้ (imperceptible) ร้อยละ 20 และระดับรู้สึกได้ (perceptible) ร้อยละ 80 เนื่องจากในการเข้าใช้บริการช่องบริการปกติยานพาหนะจำเป็นต้องหยุดนิ่งเพื่อทำการชำระค่าผ่านทางกับผู้ปฏิบัติงานจึงต้องเบรกเพื่อลดความเร็วยานพาหนะบริเวณหน้าด่านเก็บค่าผ่านทาง ทำให้แรงเฉื่อยที่เกิดขึ้นรุนแรงและส่งผลทำให้การสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นรุนแรงกว่าช่องบริการแบบ Easy Pass ในขณะที่ยานพาหนะที่เข้าช่อง Easy Pass นั้นจะเป็นการชะลอความเร็วแต่ไม่จำเป็นต้องหยุดนิ่ง แรงสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นเนื่องจากแรงเฉื่อยจากการเบรกจึงมีความรุนแรงน้อยกว่าช่องบริการปกติที่จำเป็นต้องหยุดยานพาหนะให้นิ่ง ดังภาพที่ 4.17 และ 4.18



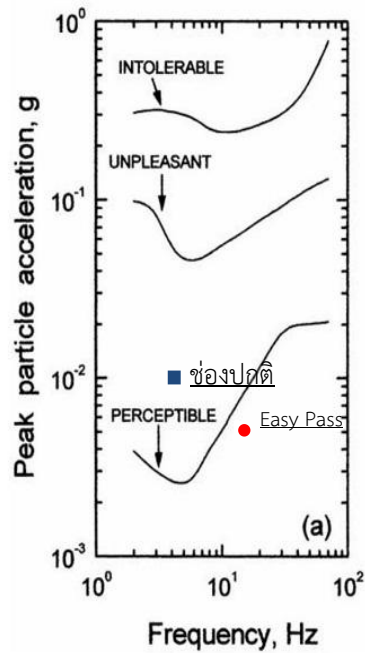
ภาพที่ 4.17 ตัวอย่างสัญญาณยานพาหนะ 4 ล้อ ในช่องบริการปกติ



ภาพที่ 4.18 ตัวอย่างสัญญาณยานพาหนะ 4 ล้อ ในช่องบริการ Easy Pass



ภาพที่ 4.19 ยานพาหนะ 4 ล้อ ของเหตุการณ์ดังภาพที่ 4.17 และ 4.18



ภาพที่ 4.20 ระดับการรับรู้การสั่นสะเทือนของยานพาหนะ 4 ล้อ ในช่อง Easy Pass และช่องปกติ

#### ระดับการรับรู้การสั่นสะเทือนที่ได้จากการสัมภาษณ์

จากการวิเคราะห์ระดับการรับรู้การสั่นสะเทือนที่ได้จากการแปลงค่าขนาดความเร่งการสั่นสะเทือน เนื่องจากการเคลื่อนที่ของยานพาหนะ โดยมีระดับการรับรู้การสั่นสะเทือนดังนี้ ระดับรู้สึกได้ (perceptible) ร้อยละ 91.17 และเพื่อให้ทราบถึงระดับการรับรู้การสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นตรงกับระดับการรับรู้ของบุคคลมากน้อยเพียงใด จึงทำการสัมภาษณ์ระดับการรับรู้การสั่นสะเทือนต่อบุคคล โดยทำการสัมภาษณ์ระดับการรับรู้กับอาสาสมัครตรงบริเวณตู้เก็บค่าผ่านทาง มีระดับการรับรู้ตั้งแต่ ระดับไม่รู้สึก (imperceptible) ระดับรู้สึกได้บ้าง (perceptible) ระดับรู้สึกได้อย่างชัดเจน (distinctly perceptible) และระดับรู้สึกไม่พอใจ (unpleasant) เนื่องจากข้อมูลระดับการรับรู้ที่ได้จากการแปลงค่าขนาดความเร่งการสั่นสะเทือนนั้นไม่มีข้อมูลอยู่ในระดับรู้สึกจนทนไม่ได้ (intolerable) จึงทำการตัดระดับรู้สึกจนทนไม่ได้ (intolerable) ออกและแยกระดับรู้สึกได้ (perceptible) ออกเป็น ระดับรู้สึกได้บ้าง (perceptible) และระดับรู้สึกได้อย่างชัดเจน (distinctly perceptible) และระดับการรับรู้สูงสุดคือระดับรู้สึกไม่พอใจ (unpleasant) โดยมีระดับการรับรู้การสั่นสะเทือนในระดับไม่รู้สึก (imperceptible) ร้อยละ 69.87 ระดับรู้สึกได้บ้าง (barely perceptible) ร้อยละ 24.94 และระดับรู้สึกได้อย่างชัดเจน (distinctly perceptible) ร้อยละ 5.19 ของข้อมูลทั้งหมด 385 เหตุการณ์



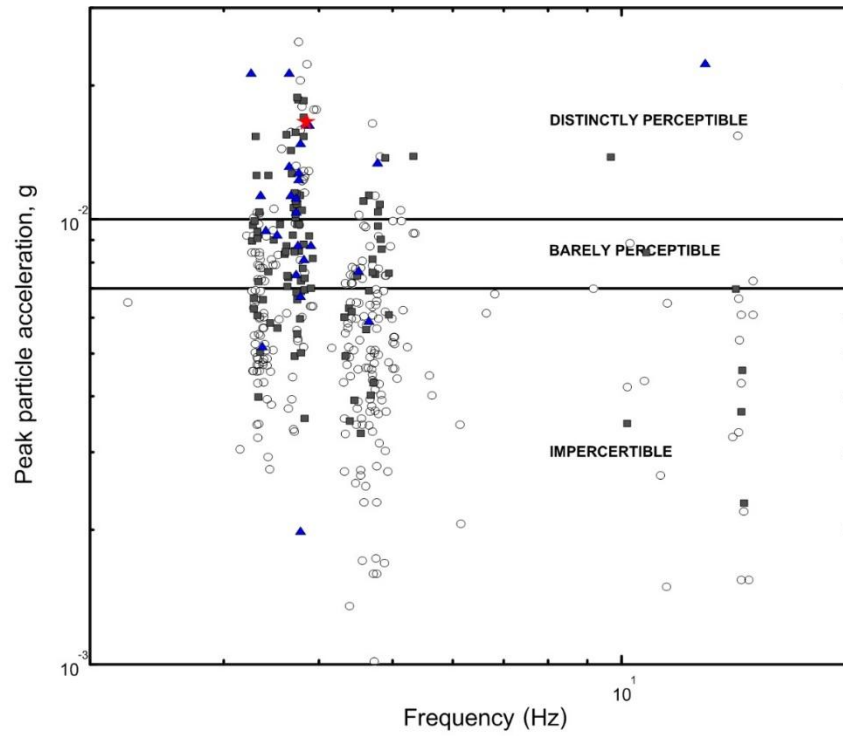
ตารางที่ 4.10 ระดับการรับรู้การสั่นสะเทือนที่ได้จากการสัมภาษณ์

จุดตรวจวัด	ระดับการรับรู้การสั่นสะเทือน	จำนวนระดับการรับรู้ที่ ได้จากการสัมภาษณ์ (เหตุการณ์)	ร้อยละของจำนวน ระดับการรับรู้ที่ได้จาก การสัมภาษณ์
ตู้เก็บค่า	ไม่รู้สึกรู้หาย (imperceptible)	269	69.87
ผ่านทาง	รู้สึกได้บ้าง (barely perceptible)	96	24.94
	รู้สึกได้อย่างชัดเจน (distinctly perceptible)	20	5.19
	รู้สึกไม่พอใจ (unpleasant)	0	0

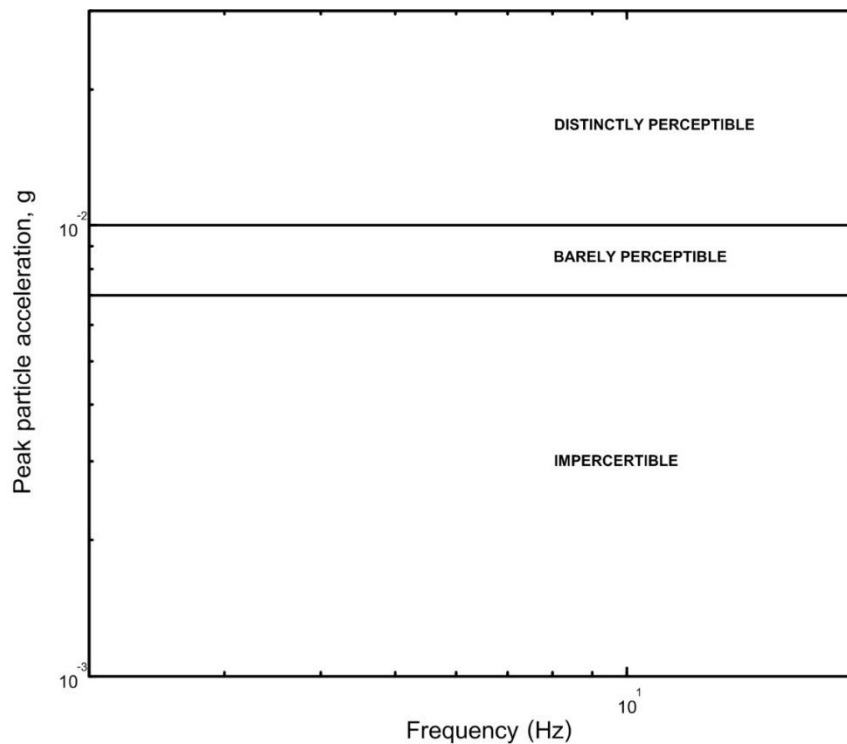
โดยปัจจัยที่มีระดับการรับรู้การสั่นสะเทือนที่ได้จากการแปลงค่าขนาดความเร่งการสั่นสะเทือนและค่าระดับการรับรู้การสั่นสะเทือนที่ได้จากการสัมภาษณ์ ตรงกันมากที่สุดอยู่ที่ร้อยละ 69.62 คือปัจจัยช่วงเวลาที่ปริมาณยานพาหนะมากและช่วงเวลาที่ปริมาณยานพาหนะน้อย ปัจจัยของประเภทยานพาหนะ และปัจจัยบริเวณตู้เก็บค่าผ่านทาง เนื่องจากปัจจัยที่กล่าวมาข้างต้นนั้นเป็นข้อมูลชุดเดียวกัน แต่นำมาวิเคราะห์ข้อมูลด้วยเงื่อนไขที่แตกต่างกัน ผลของระดับการรับรู้การสั่นสะเทือนที่ได้จึงอยู่ในระดับเดียวกัน แตกต่างกันที่ค่าแอมพลิจูดการสั่นสะเทือนเท่านั้น และจากข้อมูลข้างต้นทำให้ทราบว่าน้ำหนักของยานพาหนะที่เพิ่มสูงขึ้นนั้น จะส่งผลให้ระดับการรับรู้การสั่นสะเทือนที่ส่งผลกระทบต่อบุคคลชัดเจนและแสบร้อนมากขึ้น แต่เกณฑ์มาตรฐานที่นำมาปรับใช้นั้นยังมีความอ่อนไหวต่อการสั่นสะเทือนอยู่มาก ทำให้ค่าระดับการรับรู้การสั่นสะเทือนเปลี่ยนเป็นระดับที่สูงขึ้น แม้ว่าเกิดการสั่นสะเทือนที่มีความรุนแรงเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย เนื่องจากเกณฑ์มาตรฐานที่นำมาปรับใช้นั้นไม่ได้เป็นเกณฑ์สำหรับโครงสร้างทางพิเศษยกระดับโดยเฉพาะ จึงทำให้มีความแม่นยำในระดับที่ไม่สูงมากนัก จึงมีการนำเสนอเกณฑ์สำหรับโครงสร้างทางพิเศษยกระดับขึ้น

#### เกณฑ์ตรวจวัดระดับการรับรู้การสั่นสะเทือนสำหรับโครงสร้างทางพิเศษยกระดับ

การแบ่งระดับการรับรู้การสั่นสะเทือนจะพิจารณาจากร้อยละระดับความเชื่อมั่นของข้อมูล ที่ได้จากการตรวจวัดขนาดความเร่งการสั่นสะเทือนเมื่อยานพาหนะเคลื่อนที่เข้าช่องบริการเก็บค่าผ่านทาง และแปลงเป็นค่าแอมพลิจูดการสั่นสะเทือนและค่าความถี่การสั่นสะเทือน โดยเป็นจุดตรวจวัดบริเวณตู้เก็บค่าผ่านทางซึ่งตั้งอยู่บนเกาะคอนกรีตสูงจากผิวจราจร 15 เซนติเมตร ประกอบค่าระดับการรับรู้การสั่นสะเทือนที่ได้จากการสัมภาษณ์ระดับการรับรู้การสั่นสะเทือน ซึ่งสามารถแบ่งออกได้ 3 ระดับ ไม่รู้สึกรู้หาย (imperceptible) มีร้อยละระดับความเชื่อมั่น 70 รู้สึกได้บ้าง (barely perceptible) มีร้อยละระดับความเชื่อมั่น 70 รู้สึกได้อย่างชัดเจน (distinctly perceptible) มีร้อยละระดับความเชื่อมั่น 60 ได้ข้อมูลดังภาพที่ 4.21



ภาพที่ 4.21 การแบ่งเกณฑ์ที่ได้จากการตรวจวัดขนาดความเร่งการสั่นสะเทือนของทางพิเศษยกระดับ



ภาพที่ 4.22 เกณฑ์ที่ได้จากการตรวจวัดขนาดความเร่งการสั่นสะเทือน ของทางพิเศษยกระดับ

จากภาพที่ 4.22 เป็นเกณฑ์ตรวจวัดระดับการรับรู้การสั่นสะเทือนที่ส่งผลกระทบต่อบุคคลของทางพิเศษยกระดับ โดยมีแกนตั้งเป็นค่า แอมพลิจูดการสั่นสะเทือนมีหน่วยเป็น g และแกนนอนเป็นค่าความถี่การสั่นสะเทือนมีหน่วยเป็น Hz แบ่งระดับการรับรู้การสั่นสะเทือนที่ส่งผลกระทบต่อบุคคล

ออกเป็น 4 ระดับ คือ ระดับไม่รู้สึกรู้หาย (imperceptible) ระดับรู้สึกรู้หายได้บ้าง (barely perceptible) ระดับรู้สึกรู้หายได้อย่างชัดเจน (distinctly perceptible) และระดับรู้สึกรู้หายไม่พอใจ (unpleasant) แต่เนื่องจากระดับรู้สึกรู้หายไม่พอใจนั้นมีเพียงเหตุการณ์เดียว ซึ่งทำให้ไม่มีความน่าเชื่อถือจึงตัดข้อมูลออกไม่นำมาพิจารณาด้วย จึงทำให้ระดับสูงสุดอยู่ที่รู้สึกรู้หายได้อย่างชัดเจน (distinctly perceptible) มีค่าแอมพลิจูดการสั่นสะเทือนสูงสุดเท่ากับ 0.03 g และค่าความถี่การสั่นสะเทือนอยู่ในช่วง 2-20 Hz สรุปได้ดังตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 ระดับการรับรู้การสั่นสะเทือนจากเกณฑ์ที่นำเสนอ

ระดับการรับรู้การสั่นสะเทือนที่ส่งผลกระทบต่อบุคคล	ค่าแอมพลิจูดการสั่นสะเทือน* (g)
ไม่รู้สึกรู้หาย (imperceptible)	0.001-0.007
รู้สึกรู้หายได้บ้าง (barely perceptible)	0.0071-0.01
รู้สึกรู้หายได้อย่างชัดเจน (distinctly perceptible)	0.011-0.03

\*ค่าความถี่การสั่นสะเทือนอยู่ในช่วง 2 – 20 Hz

## บทที่ 5

### สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

#### สรุปผลการศึกษาพฤติกรรมการณ์การสัมผัสเทือนที่มีผลต่อระดับการรับรู้การสัมผัสเทือน

##### 1. พฤติกรรมการณ์การสัมผัสเทือนเนื่องจากปริมาณยานพาหนะ

จากผลการศึกษาพบว่าช่วงที่มีปริมาณยานพาหนะน้อย มีค่าระดับการรับรู้การสัมผัสเทือนคือ ระดับรู้สึกได้ (perceptible) ร้อยละ 98.73 เนื่องจากช่วงเวลาที่ปริมาณยานพาหนะน้อยทำให้ยานพาหนะเคลื่อนที่เข้าด้านเก็บค่าผ่านทางด้วยความเร็วสูง และเบรกอย่างกะทันหันบริเวณหน้าด่านส่งผลต่อการสัมผัสเทือนที่เกิดขึ้น

##### 2. พฤติกรรมการณ์การสัมผัสเทือนเนื่องจากประเภทยานพาหนะ

จากผลการศึกษาพบว่ายานพาหนะที่มีน้ำหนักบรรทุกมาก มีค่าระดับการรับรู้การสัมผัสเทือนที่อยู่ในระดับรู้สึกได้ (perceptible) ร้อยละ 98.73 เนื่องจากเป็นยานพาหนะที่มีน้ำหนักบรรทุกค่อนข้างมากประกอบกับระบบช่วงล่างยานพาหนะที่ออกแบบมาสำหรับบรรทุกน้ำหนักโดยเฉพาะทำให้ระบบช่วงล่างมีความแข็งแรงต่างไม่นุ่มนวลมากนัก จึงไม่มีการดูดซับแรงที่กระทำต่อโครงสร้างได้มากเท่าที่ควร ซึ่งส่งผลให้ระดับการรับรู้การสัมผัสเทือนสูงกว่ายานพาหนะ 4 ล้อ

##### 3. ระดับการรับรู้การสัมผัสเทือนบริเวณตู้เก็บค่าผ่านทาง

ได้ทำการตรวจวัดระดับการรับรู้การสัมผัสเทือนที่บริเวณตู้เก็บค่าผ่านทาง และที่ผิวจราจร จากผลการศึกษาพบว่าบริเวณที่ตั้งตู้เก็บค่าผ่านทาง ซึ่งเป็นคอนกรีตสูง 15 เซนติเมตร นั้นสามารถลดทอนค่าแอมพลิจูดความเร่งการสัมผัสเทือนลงได้ ร้อยละ 4.67 โดยค่าแอมพลิจูดการสัมผัสเทือนบริเวณตู้เก็บค่าผ่านทางมีค่าสูงสุดเท่ากับ 0.02 g แต่ค่าแอมพลิจูดการสัมผัสเทือนบริเวณผิวจราจรมีค่าสูงสุดเท่ากับ 0.04 g และค่าระดับการรับรู้การสัมผัสเทือนยังอยู่ในระดับรู้สึกได้ (perceptible)

##### 4. พฤติกรรมการณ์การสัมผัสเทือนเนื่องจากประเภทของช่องบริการ

ช่องบริการปกติ มีค่าระดับการรับรู้การสัมผัสเทือนที่สูงกว่าช่องบริการ Easy Pass โดยช่องบริการปกติมีค่าระดับการรับรู้การสัมผัสเทือนได้ ระดับรู้สึกได้ (perceptible) ร้อยละ 97.44 เนื่องจากยานพาหนะเคลื่อนที่เข้าด้านเก็บค่าผ่านทางด้วยความเร็วสูง และเบรกอย่างกะทันหันบริเวณหน้าด่านเพื่อลดความเร็วและหยุดยานพาหนะให้อยู่ในสถานะหยุดนิ่งแล้วทำการจ่ายค่าผ่านทางซึ่งต่างจากช่องบริการ Easy Pass ยานพาหนะเพียงแค่ชะลอความเร็วลงเท่านั้นซึ่งส่งผลให้ระดับการรับรู้การสัมผัสเทือนต่ำกว่าช่องบริการแบบปกติ

#### สรุปผลการศึกษาเกณฑ์มาตรฐานสำหรับการวิเคราะห์ระดับการรับรู้การสัมผัสเทือน

สำหรับเกณฑ์ของ G.A. Athanasopoulos และ P.C. Pelekis ที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์ปัจจัยต่างๆ โดยใช้สัญญาณค่าแอมพลิจูดการสัมผัสเทือนและค่าความถี่การสัมผัสเทือนในการบอกระดับการรับรู้การสัมผัสเทือน มีความอ่อนไหวมากกว่าระดับการรับรู้การสัมผัสเทือนที่ส่งผลต่อบุคคล

จริง และมีระดับการรับรู้การสั่นสะเทือนที่ตรงกันร้อยละ 30.13 คือระดับรู้สึกได้ (perceptible) อาจเนื่องมาจากเกณฑ์ที่นำมาวิเคราะห์นั้นไม่ได้เป็นเกณฑ์สำหรับทางพิเศษโดยเฉพาะจึงทำให้ข้อมูลที่ได้ไม่แม่นยำ แต่สามารถนำมาใช้เป็นแนวทางเพื่อคาดคะเนระดับการรับรู้การสั่นสะเทือนได้

#### ข้อเสนอเกณฑ์สำหรับตรวจวัดระดับการรับรู้การสั่นสะเทือนของทางพิเศษยกระดับ

สำหรับเกณฑ์ที่นำเสนอขึ้นมานั้น เป็นการนำข้อมูลระดับการรับรู้การสั่นสะเทือนที่ได้จากการสัมภาษณ์ของอาสาสมัคร เทียบกับข้อมูลขนาดความถี่การสั่นสะเทือนของโครงสร้างพิเศษยกระดับ ซึ่งเป็นเกณฑ์สำหรับจุดตรวจวัดบริเวณตู้เก็บค่าผ่านทางที่ตั้งอยู่บนเกาะคอนกรีตเท่านั้น ซึ่งเกณฑ์สามารถใช้ได้กับค่าแอมพลิจูดการสั่นสะเทือนในช่วง 0.001-0.03 g และค่าความถี่การสั่นสะเทือนในช่วง 2-20 Hz โดยสามารถแบ่งระดับการรับรู้การสั่นสะเทือนได้ออกเป็น 3 ระดับ คือ ไม่รู้สึก (imperceptible) มีค่าแอมพลิจูดการสั่นสะเทือนอยู่ในช่วง 0.001-0.007 รู้สึกได้บ้าง (barely perceptible) มีค่าแอมพลิจูดการสั่นสะเทือนอยู่ในช่วง 0.0071-0.01 รู้สึกได้อย่างชัดเจน (distinctly perceptible) มีค่าแอมพลิจูดการสั่นสะเทือนอยู่ในช่วง 0.011-0.03 และมีค่าความถี่การสั่นสะเทือนในช่วง 2 – 20 Hz ดังภาพที่ 4.22

#### ข้อเสนอแนะสำหรับการพัฒนา

1. ควรมีการเพิ่มข้อมูลที่จุดตรวจวัดบริเวณอื่น เนื่องเกณฑ์สามารถใช้ได้เฉพาะจุดตรวจวัดบริเวณตู้เก็บค่าผ่านทางเท่านั้น
2. ควรเพิ่มปริมาณข้อมูลการสัมภาษณ์ระดับการรับรู้การสั่นสะเทือน โดยเฉพาะอย่างยิ่งผู้ปฏิบัติงานบริเวณด่านเก็บค่าผ่านทาง
3. ควรทำการศึกษาโดยเก็บข้อมูลเพิ่มเติม เพื่อให้ข้อมูลที่ได้มามีความถูกต้องและชัดเจนมากขึ้น
4. ควรมีการปรับกะเวลาการทำงานให้ลดลง จากปกติ 8 ชั่วโมง ลดเหลือ 6 ชั่วโมง เพื่อลดเวลาการทำงานในช่วงเร่งด่วนเพื่อคลายความตึงเครียดจากการทำงาน
5. ควรมีการปรับความยาวของเกาะคอนกรีตในช่องบริการที่ 1 และ 2 ที่เป็นช่องบริการสำหรับยานพาหนะขนาดใหญ่ ให้มีความยาวไปทางด้านหลังด่านและเลื่อนตู้เก็บค่าผ่านทางออกไปทางด้านหลัง เพื่อให้ไกลจากจุดกำเนิดการสั่นสะเทือน

## รายงานสรุปการเงิน

เลขที่โครงการระบบบริหารงานวิจัย (NRMS 13 หลัก) 2559A10802126 สัญญาเลขที่ 134/2559

โครงการวิจัยประเภทงบประมาณเงินรายได้จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน)

ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2559

มหาวิทยาลัยบูรพา

ชื่อโครงการ.....การประเมินผลกระทบการสิ้นสะท้อนของโครงสร้างทางพิเศษยกระดับที่มีต่อผู้ปฏิบัติงาน ณ  
ด่านเก็บค่าผ่านทาง.....

ชื่อหัวหน้าโครงการวิจัยผู้รับทุน.....ดร.พัทธพงษ์ อาสนจินดา.....

รายงานในช่วงตั้งแต่วันที่ 1 ตุลาคม 2558.....ถึงวันที่ 30 กันยายน 2559.....

ระยะเวลาดำเนินการ 1 ปี - เดือน ตั้งแต่วันที่ 1 ตุลาคม 2558.....

### รายรับ

จำนวนเงินที่ได้รับ

งวดที่ 1 (50%) ..... 244,500 บาท เมื่อ ธันวาคม 2558.....

งวดที่ 2 (40%) ..... 195,600 บาท เมื่อ มิถุนายน 2559.....

งวดที่ 3 (10%) ..... 48,900 บาท เมื่อ -.....

รวม ..... 489,000 บาท.....

### รายจ่าย

รายการ	งบประมาณที่ตั้งไว้	งบประมาณที่ใช้จริง	จำนวนเงินคงเหลือ/เกิน
1. ค่าตอบแทน	160,000	203,600	-43,600
2. ค่าจ้าง	60,000	80,000	-20,000
3. ค่าวัสดุ	181,000	126,500	54,500
4. ค่าใช้สอย	39,000	31,000	9,000
5. ค่าครุภัณฑ์	-	-	-
6. ค่าสาธารณูปโภค (ค่าธรรมเนียมอุดหนุน สถาบัน)	48,900	48,900	-
รวม	489,000	490,000	-1,000

(.....)

ดร.พัทธพงษ์ อาสนจินดา

หัวหน้าโครงการวิจัยผู้รับทุน

## บรรณานุกรม

- American National Standards Institute, ANSI S3 29-1993. Guide to the evaluation of human exposure to vibrations in buildings. Acoustical Society of America, New York, NY, 1993.
- Athanasopoulos G.A., Pelekis P.C. (2000). Ground vibrations from sheet pile driving in urban environment : measurements, analysis and effects on buildings and occupants, *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 19, 371-387.
- British Standards Institution, BS 6472: 1992. Evaluation of human exposure to vibration in buildings (1 Hz to 80 Hz). BSI, London, 1992.
- Deutches Institut fur Normung, DIN 4150: Parts 1, 2 and 3. Vibrations in buildings: effects on structures. Provisional Standards Revised Draft, Part 3, Berlin, 1983.
- International Standard ISO 2631-1.(1997). Mechanical Vibration and shock –Evaluation of human exposure to whole-body vibration – Part 1: General Requirements, International Standards Organization.
- International Standard ISO 2631-2.(1989). Evaluation of Human Exposure to Whole-Body Vibration - Part 2: Human Exposure to Continuous and Shock-Induced Vibrations in Buildings, International Standards Organization.
- Kelley PL, Dellorusso SJ, Russo CJ. Building response to adjacent excavation and construction. In: Dusenberry DO, Davie JR, editors. *Effects of construction on structures*, ASCE. Geotechnical Special Publication No 84, 1998:80±97.
- Lenzen, K.H. (1966). Vibration of Steel Joist – Concrete Slab Floors. *Engineering Journal*, AISC: 133-136.
- Reiher, H. and Meister, F.J. (1931). The Effect of Vibration on People. *U.S. Air Material Command*,2(11): 381-6.
- Skipp B.O. Ground vibration-codes and standards. In: *Proceedings of the Conference on Ground Dynamics and Man-made Processes*. Institution of Civil Engineers, London, 1997.
- Smith Chapman J.W. and Hall (1988). Application in civil engineering design. *Vibration of structures*, p. 338.
- Von Gierke, H. E. and Goldman, D. E. (1988). Effects of shock and vibration on man. *Shock and vibration handbook*, McGraw-Hill :41–58.

Woods RD. Dynamic effects of pile installations on adjacent structures, NCHRP 253.  
Washington, D.C.: National Academy Press, 1997.



ภาคผนวก

ตารางที่ ผ1. ข้อมูลความเร่งและความถี่การสั่นสะเทือนที่ตรวจวัดได้ กรณียานพาหนะตั้งแต่ 6 ล้อขึ้นไป  
 สัญจรในช่วงเวลา 8.00-10.00

กรณี	ตรวจวัดบริเวณตู้เก็บค่าผ่านทาง			ตรวจวัดบริเวณผิวจราจร			ประเภท ยานพาหนะ (ล้อ)	ร้อยละขนาด ความเร่งที่ ลดลง (%)
	แอมพลิจูด สูงสุด (m/s <sup>2</sup> )	ความถี่ (Hz)	ระดับการ รับรู้การ สั่นสะเทือน	แอมพลิจูด สูงสุด (m/s <sup>2</sup> )	ความถี่ (Hz)	ระดับการ รับรู้การ สั่นสะเทือน		
1	0.0033741	3.70	1	0.0048726	3.70	1	6	30.75
2	0.0051682	3.82	1	0.0111111	3.70	1	6	53.49
3	0.0052396	3.39	1	0.0120693	3.35	1	6	56.59
4	0.0053925	3.75	1	0.0157390	3.29	1	6	65.74
5	0.0061570	3.63	1	0.0204587	3.32	1	6	69.91
6	0.0068603	3.32	1	0.0277166	3.60	1	6	75.25
7	0.0058206	4.56	1	0.0309786	3.82	1	6	81.21
8	0.0076045	3.83	1	0.0323344	4.76	1	6	76.48
9	0.0092049	3.21	1	0.0325688	4.95	1	6	71.74
10	0.0094495	3.48	1	0.0334353	3.82	1	6	71.74
11	0.0097350	3.77	1	0.0344241	3.75	1	6	71.72
12	0.0098063	3.72	1	0.0344241	3.71	1	6	71.51
13	0.0105810	3.49	1	0.0363710	3.79	1	6	70.91
14	0.0123242	3.82	1	0.0366157	3.39	1	6	66.34
15	0.0128338	3.82	1	0.0368603	3.72	1	6	65.18
16	0.0128338	3.88	1	0.0368807	3.61	1	6	65.20
17	0.0138838	4.81	1	0.0372375	3.29	1	6	62.72
18	0.0144444	3.57	1	0.0372375	3.79	1	6	61.21
19	0.0157390	3.67	1	0.0372783	3.31	1	6	57.78
20	0.0158818	3.78	1	0.0398471	3.64	1	6	60.14
21	0.0033231	3.75	1	0.0023344	3.75	1	6	-42.36
22	0.0053313	3.79	1	0.0058614	3.34	1	6	9.04
23	0.0064832	3.35	1	0.0060958	4.66	1	6	-6.35
24	0.0065953	3.29	1	0.0067074	3.65	1	6	1.67
25	0.0069011	3.38	1	0.0065953	3.75	1	6	-4.64
26	0.0050459	4.65	1	0.0076351	3.76	1	6	33.91
27	0.0062895	3.83	1	0.0083690	3.78	1	6	24.85
28	0.0066157	3.79	1	0.0083690	3.76	1	6	20.95
29	0.0069317	3.61	1	0.0085525	3.79	1	6	18.95
30	0.0069521	3.77	1	0.0090418	3.84	1	6	23.11
31	0.0072885	3.72	1	0.0099694	3.78	1	6	26.89
32	0.0083486	3.82	1	0.0104791	3.72	1	6	20.33
33	0.0085015	3.27	1	0.0111111	3.48	1	6	23.49
34	0.0085015	3.28	1	0.0137920	3.77	1	6	38.36
35	0.0087971	3.30	1	0.0157085	3.57	1	6	44.00
36	0.0089602	3.73	1	0.0179918	3.75	1	6	50.20

ตารางที่ ผ1. ข้อมูลความเร่งและความถี่การสั่นสะเทือนที่ตรวจวัดได้ กรณียานพาหนะตั้งแต่ 6 ล้อขึ้นไป  
 สัญจรในช่วงเวลา 8.00-10.00 (ต่อ)

กรณี	ตรวจวัดบริเวณตู้เก็บค่าผ่านทาง			ตรวจวัดบริเวณผิวจราจร			ประเภท ยานพาหนะ (ล้อ)	ร้อยละขนาด ความเร่งที่ ลดลง (%)
	แอมพลิจูด สูงสุด (m/s <sup>2</sup> )	ความถี่ (Hz)	ระดับการ รับรู้การ สั่นสะเทือน	แอมพลิจูด สูงสุด (m/s <sup>2</sup> )	ความถี่ (Hz)	ระดับการ รับรู้การ สั่นสะเทือน		
37	0.0097248	3.34	1	0.0197961	3.32	1	6	50.88
38	0.0099083	4.78	1	0.0268094	3.55	1	6	63.04
39	0.0101019	3.71	1	0.0286748	3.66	1	6	64.77
40	0.0104077	3.75	1	0.0321814	3.67	1	6	67.66
41	0.0104077	3.78	1	0.0323344	3.30	1	6	67.81
42	0.0106218	4.66	1	0.0334964	3.77	1	6	68.29
43	0.0108359	3.31	1	0.0356983	3.66	1	6	69.65
44	0.0113660	3.73	1	0.0368603	3.26	1	6	69.16
45	0.0113660	3.76	1	0.0368603	3.83	1	6	69.16
46	0.0125790	3.64	1	0.0382569	3.49	1	6	67.12
47	0.0157390	3.75	1	0.0409582	3.38	1	6	61.57
48	0.0186035	3.73	1	0.0416208	3.87	1	6	55.30
49	0.0070744	3.74	1	0.0096024	4.55	1	6	26.33
50	0.0097452	3.66	1	0.0268094	3.72	1	6	63.65
51	0.0110296	3.78	1	0.0314475	4.56	1	6	64.93
52	0.0114475	3.37	1	0.0340265	3.31	1	6	66.36
53	0.0068705	3.74	1	0.0094088	3.74	1	8	26.98
54	0.0105199	3.74	1	0.0149337	3.66	1	8	29.56
55	0.0035780	3.71	1	0.0031804	3.71	1	10	-12.50
56	0.0061060	3.75	1	0.0054944	3.75	1	10	-11.13
57	0.0072477	3.80	1	0.0097554	3.68	1	10	25.71
58	0.0090826	3.83	1	0.0132722	3.79	1	10	31.57
59	0.0138838	4.95	1	0.0204587	3.83	1	10	32.14
60	0.0143119	3.33	1	0.0247299	5.10	1	10	42.13
61	0.0169827	3.32	1	0.0334047	3.32	1	10	49.16
62	0.0056575	3.78	1	0.0082467	3.78	1	10	31.40
63	0.0081753	3.82	1	0.0242406	4.60	1	10	66.27
64	0.0040265	3.80	1	0.0051682	3.34	1	10	22.09
65	0.0097554	4.51	1	0.0372783	3.41	1	12	73.83
66	0.0087462	3.41	1	0.0280326	3.31	1	12	68.80
67	0.0090112	3.68	0	0.0044444	3.65	1	18	-102.75
68	0.0090112	5.32	1	0.0064118	3.58	1	18	-40.54
69	0.0092049	3.68	1	0.0106014	4.79	1	18	13.17
70	0.0103670	3.82	1	0.0141081	3.68	1	18	26.52
71	0.0130989	4.62	1	0.0413965	3.89	1	18	68.36
72	0.0019878	3.93	1	0.0062080	3.72	1	18	67.98

ตารางที่ ผ1. ข้อมูลความเร่งและความถี่การสั่นสะเทือนที่ตรวจวัดได้ กรณียานพาหนะตั้งแต่ 6 ล้อขึ้นไป  
 สัญจรในช่วงเวลา 8.00-10.00 (ต่อ)

กรณี	ตรวจวัดบริเวณตู้เก็บค่าผ่านทาง			ตรวจวัดบริเวณผิวจราจร			ประเภท ยานพาหนะ (ล้อ)	ร้อยละขนาด ความเร่งที่ ลดลง (%)
	แอมพลิจูด สูงสุด (m/s <sup>2</sup> )	ความถี่ (Hz)	ระดับการ รับรู้การ สั่นสะเทือน	แอมพลิจูด สูงสุด (m/s <sup>2</sup> )	ความถี่ (Hz)	ระดับการ รับรู้การ สั่นสะเทือน		
73	0.0051682	3.89	1	0.0183792	3.82	1	18	71.88
74	0.0066972	4.68	1	0.0062793	3.77	1	22	-6.66
75	0.0080938	3.77	1	0.0152396	3.66	1	22	46.89
76	0.0093986	3.63	1	0.0314475	3.78	1	22	70.11
77	0.0113048	3.72	1	0.0359123	4.52	1	22	68.52
78	0.0162895	3.49	1	0.0361774	3.49	1	22	54.97
79	0.0162895	3.89	1	0.0383690	3.88	1	22	57.55

ตารางที่ ผ2. ข้อมูลความเร่งและความถี่การสั่นสะเทือนที่ตรวจวัดได้ กรณียานพาหนะตั้งแต่ 6 ล้อขึ้นไป  
 สัณจรในช่วงเวลา 15.00-17.00 น.

กรณี	ตรวจวัดบริเวณตู้เก็บค่าผ่านทาง			ตรวจวัดบริเวณผิวจราจร			ประเภท ยานพาหนะ (ล้อ)	ร้อยละขนาด ความเร่งที่ ลดลง (%)
	แอมพลิจูด สูงสุด (m/s <sup>2</sup> )	ความถี่ (Hz)	ระดับการ รับรู้การ สั่นสะเทือน	แอมพลิจูด สูงสุด (m/s <sup>2</sup> )	ความถี่ (Hz)	ระดับการ รับรู้การ สั่นสะเทือน		
1	0.004414	3.69	1	0.003527	3.68	1	6	-25.14
2	0.004669	3.35	1	0.005770	3.35	1	6	19.08
3	0.005627	3.74	1	0.005902	3.79	1	6	4.66
4	0.006340	4.70	1	0.006014	3.75	1	6	-5.42
5	0.006157	6.64	1	0.006218	3.80	1	6	0.98
6	0.006361	3.90	1	0.006748	4.70	1	6	5.74
7	0.007492	4.40	1	0.006310	4.40	1	6	-18.74
8	0.007880	4.71	1	0.006952	3.80	1	6	-13.34
9	0.008104	3.78	1	0.007370	4.51	1	6	-9.96
10	0.008114	3.35	1	0.008165	3.74	1	6	0.62
11	0.008318	3.53	1	0.008552	3.43	1	6	2.74
12	0.010245	4.51	1	0.010387	3.73	1	6	1.37
13	0.010285	3.34	1	0.010938	3.83	1	6	5.96
14	0.011519	3.83	1	0.010979	3.69	1	6	-4.92
15	0.012222	3.80	1	0.011040	3.64	1	6	-10.71
16	0.012508	3.82	1	0.012365	3.65	1	6	-1.15
17	0.013201	3.73	1	0.013568	3.34	1	6	2.70
18	0.018002	3.80	1	0.018226	3.80	1	6	1.23
19	0.020550	3.80	1	0.018226	3.69	1	6	-12.75
20	0.022355	3.75	1	0.019093	4.73	1	6	-17.08
21	0.025148	3.45	1	0.022416	3.81	1	6	-12.19
22	0.005015	3.78	1	0.004465	3.70	1	6	-12.33
23	0.005535	3.33	1	0.005586	3.78	1	6	0.91
24	0.005851	3.23	1	0.005912	4.51	1	6	1.03
25	0.005994	3.90	1	0.006106	3.80	1	6	1.84
26	0.006096	3.83	1	0.007482	3.89	1	6	18.53
27	0.006656	3.65	1	0.007625	3.43	1	6	12.70
28	0.007013	4.49	1	0.008012	3.78	1	6	12.47
29	0.007390	3.64	1	0.008277	4.75	1	6	10.71
30	0.007421	3.43	1	0.008298	3.35	1	6	10.56
31	0.007472	3.81	1	0.008338	3.81	1	6	10.39
32	0.007472	4.71	1	0.009052	3.82	1	6	17.45
33	0.007645	10.77	1	0.009653	4.49	1	6	20.80
34	0.007788	3.77	1	0.009959	3.34	1	8	21.80
35	0.008145	3.85	1	0.010387	3.77	1	8	21.59
36	0.008420	3.76	1	0.010499	3.70	1	10	19.81

ตารางที่ ผ2. ข้อมูลความเร่งและความถี่การสั่นสะเทือนที่ตรวจวัดได้ กรณียานพาหนะตั้งแต่ 6 ล้อขึ้นไป  
 สัญจรในช่วงเวลา 15.00-17.00 น. (ต่อ)

กรณี	ตรวจวัดบริเวณตู้เก็บค่าผ่านทาง			ตรวจวัดบริเวณผิวจราจร			ประเภท ยานพาหนะ (ล้อ)	ร้อยละขนาด ความเร่งที่ ลดลง (%)
	แอมพลิจูด สูงสุด (m/s <sup>2</sup> )	ความถี่ (Hz)	ระดับการ รับรู้การ สั่นสะเทือน	แอมพลิจูด สูงสุด (m/s <sup>2</sup> )	ความถี่ (Hz)	ระดับการ รับรู้การ สั่นสะเทือน		
37	0.008461	3.72	1	0.010714	3.86	1	10	21.03
38	0.009215	3.70	1	0.010938	3.72	1	10	15.75
39	0.009399	3.32	1	0.011182	3.73	1	10	15.95
40	0.009766	3.56	1	0.011427	4.65	1	10	14.54
41	0.010296	3.73	1	0.011916	3.50	1	10	13.60
42	0.010836	4.81	1	0.012334	3.76	1	10	12.15
43	0.011030	4.57	1	0.012824	3.81	1	10	13.99
44	0.011468	3.72	1	0.013507	3.33	1	10	15.09
45	0.012599	3.43	1	0.013639	3.68	1	10	7.62
46	0.012701	3.68	1	0.014077	3.53	1	10	9.78
47	0.013761	4.88	1	0.014098	3.74	1	10	2.39
48	0.013843	9.68	1	0.015209	3.32	1	10	8.98
49	0.015413	3.30	1	0.015362	3.31	1	10	-0.33
50	0.015413	4.65	1	0.016758	3.78	1	10	8.029
51	0.015515	3.74	1	0.017187	4.81	1	10	9.73
52	0.018542	4.51	1	0.018400	4.49	1	10	-0.78
53	0.018797	3.76	1	0.019246	4.78	1	10	2.33
54	0.021264	3.82	1	0.020754	3.82	1	12	-2.46
55	0.005882	3.91	1	0.004873	3.68	1	12	-20.71
56	0.007513	3.53	1	0.005280	3.53	1	12	-42.28
57	0.007625	3.63	1	0.006045	3.78	1	18	-26.14
58	0.008716	3.73	1	0.006096	4.78	1	18	-42.98
59	0.008716	3.82	1	0.008318	3.82	1	22	-4.78
60	0.009215	3.75	1	0.009939	4.60	1	22	7.28
61	0.011162	3.26	1	0.010367	3.29	1	22	-7.67
62	0.011315	3.35	1	0.010387	3.69	1	22	-8.93
63	0.012253	3.77	1	0.010571	3.76	1	22	-15.91
64	0.012701	3.76	1	0.011091	4.53	1	22	-14.52
65	0.013394	4.78	1	0.012243	3.75	1	22	-9.41
66	0.014811	3.78	1	0.013894	4.78	1	22	-6.60
67	0.021264	3.65	1	0.019246	4.76	1	22	-10.49
68	0.022355	12.85	1	0.022283	3.26	1	22	-0.32

ตารางที่ ผ3. ข้อมูลความเร่งและความถี่การสั่นสะเทือนที่ตรวจวัดได้ กรณียานพาหนะ 4 ล้อขึ้นไป ในช่องบริการ Easy Pass สัญจรในช่วงเวลา 10.00-11.00 น.

กรณีที่	ตรวจวัดบริเวณตู้เก็บค่าผ่านทาง			ตรวจวัดบริเวณผิวจราจร			ร้อยละขนาดความเร่งที่ลดลง (%)
	แอมพลิจูดสูงสุด (m/s <sup>2</sup> )	ความถี่ (Hz)	ระดับการรับรู้การสั่นสะเทือน	แอมพลิจูดสูงสุด (m/s <sup>2</sup> )	ความถี่ (Hz)	ระดับการรับรู้การสั่นสะเทือน	
1	0.002701	4.32	1	0.003191	3.23	1	15.34
2	0.003231	13.98	0	0.003751	3.54	1	13.86
3	0.003466	3.33	1	0.003843	4.73	1	9.81
4	0.003558	4.32	1	0.004200	3.41	1	15.29
5	0.003649	4.79	1	0.004241	4.72	1	13.94
6	0.003751	4.49	1	0.004292	3.32	1	12.59
7	0.003792	4.69	1	0.004292	3.32	1	11.64
8	0.003935	3.42	1	0.004638	4.62	1	15.16
9	0.004292	4.72	1	0.005005	3.42	1	14.26
10	0.004557	3.27	1	0.005168	3.36	1	11.83
11	0.004557	3.28	1	0.006116	3.36	1	25.50
12	0.004618	5.00	1	0.006208	3.33	1	25.62
13	0.004638	4.61	1	0.006279	3.32	1	26.14
14	0.004638	4.64	1	0.006279	3.33	1	26.14
15	0.004709	3.33	1	0.006412	3.48	1	26.55
16	0.004771	4.93	1	0.006616	3.21	1	27.89
17	0.004842	3.32	1	0.006758	3.31	1	28.36
18	0.004842	3.38	1	0.006758	3.34	1	28.36
19	0.004893	3.31	1	0.004944	4.75	1	1.03
20	0.004903	4.39	1	0.005260	4.81	1	6.78
21	0.005953	3.54	1	0.005321	4.34	1	-11.88
22	0.006035	3.34	1	0.006035	4.72	1	0.00
23	0.006595	3.30	1	0.006055	4.79	1	-8.92
24	0.006922	3.30	1	0.006055	4.84	1	-14.31
25	0.004373	5.06	1	0.006188	4.64	1	29.32
26	0.004618	5.03	1	0.006208	4.76	1	25.62
27	0.004995	4.72	1	0.006239	4.34	1	19.93
28	0.005087	4.44	1	0.006259	4.50	1	18.73
29	0.005168	4.37	1	0.006279	4.81	1	17.69
30	0.005443	5.01	1	0.006483	4.62	1	16.04
31	0.005443	5.02	1	0.006483	4.65	1	16.04
32	0.005535	4.33	1	0.006514	4.82	1	15.02
33	0.005973	4.48	1	0.006544	4.89	1	8.72
34	0.005973	4.99	1	0.006616	4.92	1	9.71
35	0.006188	4.89	1	0.006646	4.45	1	6.90
36	0.006249	5.15	1	0.006718	4.75	1	6.98

ตารางที่ ผ3. ข้อมูลความเร่งและความถี่การสั่นสะเทือนที่ตรวจวัดได้ กรณียานพาหนะ 4 ล้อขึ้นไป ในช่องบริการ Easy Pass สัญจรในช่วงเวลา 10.00-11.00 น. (ต่อ)

กรณีที่	ตรวจวัดบริเวณตู้เก็บค่าผ่านทาง			ตรวจวัดบริเวณผิวจราจร			ร้อยละขนาดความเร่งที่ลดลง (%)
	แอมพลิจูดสูงสุด (m/s <sup>2</sup> )	ความถี่ (Hz)	ระดับการรับรู้การสั่นสะเทือน	แอมพลิจูดสูงสุด (m/s <sup>2</sup> )	ความถี่ (Hz)	ระดับการรับรู้การสั่นสะเทือน	
37	0.006361	3.91	1	0.006769	4.63	1	6.02
38	0.006361	3.93	1	0.007013	4.73	1	9.30
39	0.006361	3.93	1	0.007309	4.77	1	12.97
40	0.006432	4.67	1	0.007635	3.27	1	15.75
41	0.006432	4.75	1	0.007635	3.29	1	15.75
42	0.006565	4.76	1	0.007727	4.69	1	15.04
43	0.006636	14.24	1	0.007788	3.61	1	14.79
44	0.006891	4.86	1	0.008532	4.92	1	19.24
45	0.006993	9.16	1	0.008583	5.01	1	18.53
46	0.007350	4.56	1	0.008818	5.04	1	16.65
47	0.007462	4.90	1	0.008818	5.05	1	15.38
48	0.007462	4.90	1	0.009103	4.38	1	18.03
49	0.007747	4.47	1	0.009103	4.97	1	14.89
50	0.007747	4.79	1	0.009185	4.35	1	15.65
51	0.007859	3.34	1	0.009185	4.55	1	14.43
52	0.008073	4.56	1	0.009419	4.72	1	14.28
53	0.008135	3.46	1	0.009592	4.70	1	15.20
54	0.008277	3.34	1	0.009857	4.75	1	16.03
55	0.008420	3.34	1	0.009867	3.91	1	14.67
56	0.008685	4.66	1	0.010143	4.76	1	14.37
57	0.008685	4.96	1	0.010163	3.54	1	14.54
58	0.009195	3.28	1	0.011519	9.16	1	20.18
61	0.009195	3.28	1	0.011988	5.15	1	23.30
62	0.009307	5.32	1	0.013853	5.12	1	32.82
63	0.009307	5.34	1	0.014577	3.28	1	36.15
64	0.009674	4.58	1	0.014577	4.64	1	33.64
65	0.009745	3.33	1	0.014709	3.30	1	33.75
66	0.009908	5.00	1	0.014822	4.99	1	33.15
67	0.009908	5.13	0	0.014822	5.13	1	33.15
68	0.010082	3.28	1	0.015015	4.63	1	32.86
69	0.010316	3.34	1	0.015015	4.69	1	31.30
70	0.010499	5.12	1	0.015015	4.96	1	30.07
71	0.011325	4.74	1	0.016177	4.80	1	29.99
72	0.016453	4.70	1	0.018695	4.75	1	12.00
73	0.003925	4.46	1	0.004638	4.57	1	15.38
74	0.003996	3.33	1	0.004934	3.44	1	19.01
75	0.005708	3.53	1	0.006514	4.81	1	12.36



ตารางที่ ผ3. ข้อมูลความเร่งและความถี่การสั่นสะเทือนที่ตรวจวัดได้ กรณียานพาหนะ 4 ล้อขึ้นไป ในช่องบริการ Easy Pass สัญจรในช่วงเวลา 10.00-11.00 น. (ต่อ)

กรณีที่	ตรวจวัดบริเวณตู้เก็บค่าผ่านทาง			ตรวจวัดบริเวณผิวจราจร			ร้อยละขนาด ความเร่งที่ ลดลง (%)
	แอมพลิจูด สูงสุด (m/s <sup>2</sup> )	ความถี่ (Hz)	ระดับการรับรู้ การสั่นสะเทือน	แอมพลิจูด สูงสุด (m/s <sup>2</sup> )	ความถี่ (Hz)	ระดับการรับรู้ การสั่นสะเทือน	
76	0.006218	4.42	1	0.006677	4.434	1	6.87
77	0.007564	4.94	1	0.009103	4.613	1	16.91
78	0.008573	4.84	1	0.009867	3.935	1	13.12

ตารางที่ ๗4. ข้อมูลความเร่งและความถี่การสั่นสะเทือนที่ตรวจวัดได้ กรณียานพาหนะ 4 ล้อขึ้นไป ในช่องบริการปกติ สำญจรในช่วงเวลา 10.00-11.00 น.

กรณีที่	ตรวจวัดบริเวณตู้เก็บค่าผ่านทาง			ตรวจวัดบริเวณผิวจราจร			ร้อยละขนาดความเร่งที่ลดลง (%)
	แอมพลิจูดสูงสุด (m/s <sup>2</sup> )	ความถี่ (Hz)	ระดับการรับรู้การสั่นสะเทือน	แอมพลิจูดสูงสุด (m/s <sup>2</sup> )	ความถี่ (Hz)	ระดับการรับรู้การสั่นสะเทือน	
1	0.000734	3.38	0	0.000734	4.56	1	0.00
2	0.000989	3.44	0	0.001019	5.95	1	3.00
3	0.001009	4.38	0	0.001284	3.33	1	21.43
4	0.001346	4.46	0	0.001488	4.42	1	9.59
5	0.001488	4.53	0	0.001825	4.78	1	18.44
6	0.001539	4.54	0	0.001855	3.36	1	17.03
7	0.001539	4.56	0	0.002130	4.78	1	27.75
8	0.001590	4.58	0	0.002161	4.82	1	26.42
9	0.001590	4.60	0	0.002222	3.35	1	28.44
10	0.001682	4.71	0	0.002375	3.28	1	29.18
11	0.001702	4.73	0	0.002436	4.48	1	30.12
12	0.001723	4.74	0	0.002467	6.06	1	30.16
13	0.002059	4.75	0	0.002650	3.31	1	22.31
14	0.002202	4.76	0	0.002681	4.69	1	17.87
15	0.002304	4.76	0	0.002722	3.38	1	15.36
16	0.002304	4.76	0	0.002732	4.76	1	15.67
17	0.002508	4.87	0	0.002803	3.33	1	10.54
18	0.002548	4.92	0	0.002803	4.69	1	9.09
19	0.002650	6.14	0	0.002885	5.24	1	8.13
20	0.002650	10.15	0	0.002905	4.74	1	8.77
21	0.002701	10.17	0	0.002926	4.94	1	7.66
22	0.002722	10.25	0	0.002956	4.79	1	7.93
23	0.002742	10.70	0	0.002997	4.50	1	8.50
24	0.002783	11.24	0	0.003109	3.33	1	10.49
25	0.002915	11.43	0	0.003109	3.46	1	6.23
26	0.003017	14.10	0	0.003160	5.02	1	4.52
27	0.003038	14.18	0	0.003293	3.32	1	7.74
28	0.003140	14.22	0	0.003354	4.71	1	6.38
29	0.003221	14.25	0	0.003384	4.64	1	4.82
30	0.003293	14.32	0	0.003435	3.69	1	4.15
31	0.003313	14.33	0	0.003496	3.39	1	5.25
32	0.003323	14.34	0	0.003517	4.76	1	5.51
33	0.003435	14.35	0	0.003537	4.52	1	2.88
34	0.003445	14.38	0	0.003629	4.76	1	5.06
35	0.003445	14.44	0	0.003731	4.37	1	7.65
36	0.003445	14.45	0	0.003853	3.31	1	10.58
37	0.003445	14.66	0	0.003863	4.69	1	10.82

ตารางที่ ๗4. ข้อมูลความเร่งและความถี่การสั่นสะเทือนที่ตรวจวัดได้ กรณียานพาหนะ 4 ล้อขึ้นไป ในช่องบริการปกติ สัญจรในช่วงเวลา 10.00-11.00 น. (ต่อ)

กรณีที่	ตรวจวัดบริเวณตู้เก็บค่าผ่านทาง			ตรวจวัดบริเวณผิวจราจร			ร้อยละขนาดความเร่งที่ลดลง (%)
	แอมพลิจูดสูงสุด (m/s <sup>2</sup> )	ความถี่ (Hz)	ระดับการรับรู้การสั่นสะเทือน	แอมพลิจูดสูงสุด (m/s <sup>2</sup> )	ความถี่ (Hz)	ระดับการรับรู้การสั่นสะเทือน	
38	0.003568	14.85	0	0.004006	3.38	1	10.94
39	0.003690	14.88	0	0.004067	4.76	1	9.27
40	0.003690	2.24	1	0.004200	3.41	1	12.14
41	0.003710	3.15	1	0.004210	4.73	1	11.86
42	0.003751	3.26	1	0.004292	4.76	1	12.59
43	0.003823	3.26	1	0.004353	3.36	1	12.18
44	0.003894	3.28	1	0.004353	3.36	1	10.54
45	0.003925	3.29	1	0.004353	3.38	1	9.84
46	0.003935	3.29	1	0.004363	3.36	1	9.81
47	0.003935	3.30	1	0.004424	4.41	1	11.06
48	0.004006	3.30	1	0.004424	4.41	1	9.45
49	0.004027	3.30	1	0.004424	4.76	1	8.99
50	0.004149	3.31	1	0.004465	3.54	1	7.08
51	0.004190	3.31	1	0.004577	4.56	1	8.46
52	0.004261	3.31	1	0.004740	3.35	1	10.11
53	0.004271	3.31	1	0.004740	4.37	1	9.89
54	0.004271	3.32	1	0.004811	3.29	1	11.23
55	0.004292	3.32	1	0.004842	3.37	1	11.37
56	0.004292	3.32	1	0.004852	3.32	1	11.55
57	0.004332	3.32	1	0.004913	3.40	1	11.82
58	0.004343	3.32	1	0.004913	4.72	1	11.62
59	0.004434	3.33	1	0.004975	3.31	1	10.86
60	0.004444	3.34	1	0.005229	3.37	1	15.01
61	0.004475	3.34	1	0.005229	3.39	1	14.42
62	0.004536	3.35	1	0.005260	3.39	1	13.76
63	0.004546	3.35	1	0.005311	3.40	1	14.40
64	0.004557	3.35	1	0.005607	3.34	1	18.73
65	0.004587	3.36	1	0.005861	3.38	1	21.74
66	0.004597	3.37	1	0.006086	3.32	1	24.46
67	0.004689	3.37	1	0.006126	3.46	1	23.46
68	0.004699	3.37	1	0.006259	3.37	1	24.92
69	0.004709	3.37	1	0.006259	3.42	1	24.76
70	0.004709	3.38	1	0.006361	3.30	1	25.96
71	0.004740	3.38	1	0.006361	3.31	1	25.48
72	0.004771	3.38	1	0.006371	3.23	1	25.12
73	0.004852	3.38	1	0.006412	3.48	1	24.32
74	0.004893	3.39	1	0.006758	3.34	1	27.60

ตารางที่ ๗4. ข้อมูลความเร่งและความถี่การสั่นสะเทือนที่ตรวจวัดได้ กรณียานพาหนะ 4 ล้อขึ้นไป ในช่องบริการปกติ สำญจรในช่วงเวลา 10.00-11.00 น. (ต่อ)

กรณีที่	ตรวจวัดบริเวณตู้เก็บค่าผ่านทาง			ตรวจวัดบริเวณผิวจราจร			ร้อยละขนาดความเร่งที่ลดลง (%)
	แอมพลิจูดสูงสุด (m/s <sup>2</sup> )	ความถี่ (Hz)	ระดับการรับรู้การสั่นสะเทือน	แอมพลิจูดสูงสุด (m/s <sup>2</sup> )	ความถี่ (Hz)	ระดับการรับรู้การสั่นสะเทือน	
75	0.004944	3.41	1	0.007074	3.36	1	30.11
76	0.005025	3.41	1	0.007146	3.25	1	29.67
77	0.005076	3.42	1	0.005097	4.47	1	0.40
78	0.005087	3.42	1	0.005097	4.72	1	0.20
79	0.005148	3.43	1	0.005250	4.59	1	1.94
80	0.005240	3.45	1	0.005311	4.53	1	1.34
81	0.005352	3.46	1	0.005413	4.65	1	1.13
82	0.005484	3.48	1	0.005413	4.73	1	-1.32
83	0.005484	3.48	1	0.005515	4.34	1	0.55
84	0.005515	3.51	1	0.005515	4.36	1	0.00
85	0.005698	3.62	1	0.005576	4.73	1	-2.19
86	0.005698	3.64	1	0.005688	4.46	1	-0.18
87	0.005984	3.68	1	0.005912	4.55	1	-1.21
88	0.006035	3.80	1	0.006014	4.61	1	-0.34
89	0.006035	3.94	1	0.006269	10.14	1	3.74
90	0.006096	3.97	1	0.006269	10.16	1	2.76
91	0.006096	4.15	1	0.006320	4.66	1	3.55
92	0.006157	4.31	1	0.006483	4.62	1	5.03
93	0.006330	4.32	1	0.006483	4.65	1	2.36
94	0.006483	4.33	1	0.006514	4.81	1	0.47
95	0.006493	4.33	1	0.006514	4.82	1	0.31
96	0.006901	4.34	1	0.006555	4.37	1	-5.29
97	0.006911	4.34	1	0.006585	5.60	1	-4.95
98	0.004964	4.35	1	0.006707	4.79	1	25.99
99	0.005076	4.36	1	0.006738	4.54	1	24.66
100	0.005076	4.36	1	0.006789	4.61	1	25.22
101	0.005158	4.38	1	0.007146	4.52	1	27.82
102	0.005240	4.40	1	0.007187	4.85	1	27.09
103	0.005280	4.40	1	0.007197	5.02	1	26.63
104	0.005352	4.40	1	0.007238	4.72	1	26.06
105	0.005678	4.41	1	0.007288	4.64	1	22.10
106	0.005708	4.41	1	0.007288	4.65	1	21.68
107	0.005790	4.42	1	0.007329	3.31	1	21.00
108	0.005831	4.42	1	0.007329	4.32	1	20.44
109	0.005984	4.44	1	0.007533	4.69	1	20.57
110	0.005984	4.46	1	0.007564	3.84	1	20.89
111	0.006055	4.48	1	0.007584	3.42	1	20.16

ตารางที่ ๘4. ข้อมูลความเร่งและความถี่การสั่นสะเทือนที่ตรวจวัดได้ กรณียานพาหนะ 4 ล้อขึ้นไป ในช่องบริการปกติ สำญจรในช่วงเวลา 10.00-11.00 น. (ต่อ)

กรณีที่	ตรวจวัดบริเวณตู้เก็บค่าผ่านทาง			ตรวจวัดบริเวณผิวจราจร			ร้อยละขนาดความเร่งที่ลดลง (%)
	แอมพลิจูดสูงสุด (m/s <sup>2</sup> )	ความถี่ (Hz)	ระดับการรับรู้การสั่นสะเทือน	แอมพลิจูดสูงสุด (m/s <sup>2</sup> )	ความถี่ (Hz)	ระดับการรับรู้การสั่นสะเทือน	
112	0.006086	4.48	1	0.007584	4.84	1	19.76
113	0.006483	4.50	1	0.007594	3.38	1	14.63
114	0.006504	4.50	1	0.007635	4.77	1	14.82
115	0.006504	4.52	1	0.007870	3.39	1	17.36
116	0.006789	4.54	1	0.007920	4.67	1	14.28
117	0.006789	4.54	1	0.007941	3.46	1	14.51
118	0.006962	4.55	1	0.007961	3.28	1	12.55
119	0.007176	4.56	1	0.007961	3.36	1	9.86
120	0.007176	4.58	1	0.007961	4.63	1	9.86
121	0.007176	4.60	1	0.007982	3.32	1	10.09
122	0.007268	4.62	1	0.008043	3.31	1	9.63
123	0.007268	4.65	1	0.008135	4.57	1	10.65
124	0.007339	4.66	1	0.008216	5.62	1	10.67
125	0.007339	4.67	1	0.008471	4.30	1	13.36
126	0.007441	4.67	1	0.008532	4.43	1	12.78
127	0.007472	4.68	1	0.008675	4.32	1	13.87
128	0.007472	4.69	1	0.008705	4.51	1	14.17
129	0.007768	4.70	1	0.008899	4.14	1	12.71
130	0.007778	4.70	1	0.009480	3.42	1	17.96
131	0.007788	4.70	1	0.009501	4.47	1	18.02
132	0.007798	4.70	1	0.009521	4.63	1	18.09
133	0.007890	4.70	1	0.010143	3.31	1	22.21
134	0.007890	4.72	1	0.010866	3.41	1	27.39
135	0.007890	4.73	1	0.010866	3.55	1	27.39
136	0.008420	4.74	1	0.010866	3.64	1	22.51
137	0.008420	4.74	1	0.010948	3.38	1	23.09
138	0.008838	4.74	1	0.010948	3.80	1	19.27
139	0.009144	4.74	1	0.011111	4.77	1	17.71
140	0.009164	4.75	1	0.011111	6.78	1	17.52
141	0.009164	4.76	1	0.011315	3.61	1	19.01
142	0.009623	4.77	1	0.011794	3.34	1	18.41
143	0.010377	4.78	1	0.011906	4.76	1	12.84
144	0.015464	4.78	1	0.012069	4.59	1	-28.12
145	0.017706	4.79	1	0.013150	3.26	1	-34.65
146	0.017706	4.80	1	0.013150	3.28	1	-34.65
147	0.002304	4.80	1	0.006758	3.31	1	65.91
148	0.003303	4.82	1	0.007074	3.30	1	53.31

ตารางที่ ๘4. ข้อมูลความเร่งและความถี่การสั่นสะเทือนที่ตรวจวัดได้ กรณียานพาหนะ 4 ล้อขึ้นไป ในช่องบริการปกติ สัญจรในช่วงเวลา 10.00-11.00 น. (ต่อ)

กรณี	ตรวจวัดบริเวณตู้เก็บค่าผ่านทาง			ตรวจวัดบริเวณผิวจราจร			ร้อยละขนาดความเร่งที่ลดลง (%)
	แอมพลิจูดสูงสุด (m/s <sup>2</sup> )	ความถี่ (Hz)	ระดับการรับรู้การสั่นสะเทือน	แอมพลิจูดสูงสุด (m/s <sup>2</sup> )	ความถี่ (Hz)	ระดับการรับรู้การสั่นสะเทือน	
149	0.003486	4.83	1	0.005912	4.51	1	41.03
150	0.003527	4.89	1	0.007768	4.37	1	54.59
151	0.003700	4.89	1	0.007819	3.48	1	52.67
152	0.004292	4.90	1	0.008848	3.33	1	51.50
153	0.004587	5.00	1	0.008899	3.43	1	48.45
154	0.004924	5.02	1	0.008919	5.10	1	44.80
155	0.006035	5.22	1	0.009602	4.66	1	37.15
156	0.006320	5.58	1	0.009949	3.22	1	36.48
157	0.006993	5.62	1	0.013160	4.68	1	46.86
158	0.007543	6.12	1	0.013445	4.54	1	43.90
159	0.007594	6.80	1	0.015729	3.32	1	51.72
160	0.008461	11.47	1	0.015872	3.31	1	46.69

ตารางที่ ผ5. ข้อมูลระดับการรับรู้การสิ้นสะท้อนที่ได้จากการสัมภาษณ์ ช่องบริการรถบรรทุกสัญจรใน  
ช่วงเวลา 8.00 – 10.00 น.

ลำดับ	เวลา	ประเภทยานพาหนะ							ระดับการรับรู้การสิ้นสะท้อน			
		4 ล้อ	6 ล้อ	8 ล้อ	10 ล้อ	12 ล้อ	18 ล้อ	22 ล้อ	รู้สึกได้	รู้สึกได้ บ้าง	รู้สึกได้อย่าง ชัดเจน	รู้สึกไม่ พอใจ
1	8.18.05						/			/		
2	8.18.50	/							/			
3	8.19.25				/					/		
4	8.19.40		/						/			
5	8.21.04	/							/			
6	8.21.32		/							/		
7	8.22.20	/							/			
8	8.22.40	/							/			
9	8.22.52		/						/			
10	8.23.05	/							/			
11	8.23.15	/							/			
12	8.23.55		/							/		
13	8.23.55	/							/			
14	8.24.20				/				/			
15	8.24.40				/				/			
16	8.25.03	/							/			
17	8.25.14	/							/			
18	8.25.30	/							/			
19	8.25.40	/								/		
20	8.25.55	/							/			
21	8.26.12				/							/
22	8.26.32		/							/		
23	8.26.51	/							/			
24	8.27.07		/							/		
25	8.27.36		/						/			
26	8.27.56		/							/		
27	8.28.42	/							/			
28	8.28.56	/							/			
29	8.29.17	/							/			
30	8.29.37	/							/			
31	8.30.08	/							/			
32	8.30.47						/				/	
33	8.31.04	/							/			
34	8.31.22		/						/			

ตารางที่ ผ5. ข้อมูลระดับการรับรู้การสิ้นสะท้อนที่ได้จากการสัมภาษณ์ ช่องบริการรถบรรทุกสัญจรในช่วงเวลา 8.00 – 10.00 น. (ต่อ)

ลำดับ	เวลา	ประเภทยานพาหนะ							ระดับการรับรู้การสิ้นสะท้อน			
		4 ล้อ	6 ล้อ	8 ล้อ	10 ล้อ	12 ล้อ	18 ล้อ	22 ล้อ	รู้สึกได้	รู้สึกได้บ้าง	รู้สึกได้อย่างชัดเจน	รู้สึกไม่พอใจ
35	8.31.38	/							/			
36	8.31.49	/							/			
37	8.32.06	/							/			
38	8.32.27	/							/			
39	8.32.43	/							/			
40	8.33.13						/				/	
41	8.33.33	/							/			
42	8.34.46	/							/			
43	8.35.18		/							/		
44	8.35.25	/							/			
45	8.35.40	/							/			
46	8.35.52	/								/		
47	8.36.16	/							/			
48	8.36.26	/							/			
49	8.36.45		/								/	
50	8.36.49	/							/			
51	8.37.25	/								/		
52	8.37.45	/							/			
53	8.38.00	/							/			
54	8.38.12	/								/		
55	8.38.30	/								/		
56	8.39.35	/							/			
57	8.39.50	/							/			
58	8.40.08	/							/			
59	8.40.28	/							/			
60	8.40.40	/							/			
61	8.40.49	/							/			
62	8.41.15	/							/			
63	8.42.33	/							/			
64	8.42.48	/							/			
65	8.43.14	/							/			
66	8.43.35	/							/			
67	8.43.50	/							/			
68	8.44.20	/							/			



ตารางที่ ๘5. ข้อมูลระดับการรับรู้การสิ้นสะท้อนที่ได้จากการสัมภาษณ์ ช่องบริการรถบรรทุกสัญจรใน  
ช่วงเวลา 8.00 – 10.00 น. (ต่อ)

ลำดับ	เวลา	ประเภทยานพาหนะ							ระดับการรับรู้การสิ้นสะท้อน			
		4 ล้อ	6 ล้อ	8 ล้อ	10 ล้อ	12 ล้อ	18 ล้อ	22 ล้อ	รู้สึกได้	รู้สึกได้ บ้าง	รู้สึกได้อย่าง ชัดเจน	รู้สึกไม่ พอใจ
69	8.44.30	/							/			
70	8.44.47	/								/		
71	8.45.15	/							/			
72	8.45.40				/						/	
73	8.46.16		/							/		
74	8.46.22		/							/		
75	8.46.37	/							/			
76	8.46.57	/							/			
77	8.47.16	/								/		
78	8.47.59	/							/			
79	8.49.46	/							/			
80	8.49.51	/							/			
81	8.50.15	/							/			
82	8.50.34				/					/		
83	8.50.55		/							/		
84	8.51.08	/							/			
85	8.51.25	/							/			
86	8.51.43	/							/			
87	8.51.56	/								/		
88	8.52.11	/							/			
89	8.52.30	/							/			
90	8.52.48		/							/		
91	8.53.00		/							/		
92	8.53.12	/							/			
93	8.53.34				/						/	
94	8.53.48		/							/		
95	8.54.04	/							/			
96	8.54.18	/							/			
97	8.54.30	/							/			
98	8.54.50	/							/			
99	8.55.02	/							/			
100	8.55.15	/							/			
101	8.55.35	/							/			
102	8.55.49	/							/			

ตารางที่ ผ5. ข้อมูลระดับการรับรู้การสิ้นสะท้อนที่ได้จากการสัมภาษณ์ ช่องบริการรถบรรทุกสัญจรใน  
ช่วงเวลา 8.00 – 10.00 น. (ต่อ)

ลำดับ	เวลา	ประเภทยานพาหนะ							ระดับการรับรู้การสิ้นสะท้อน			
		4 ล้อ	6 ล้อ	8 ล้อ	10 ล้อ	12 ล้อ	18 ล้อ	22 ล้อ	รู้สึกได้	รู้สึกได้บ้าง	รู้สึกได้อย่างชัดเจน	รู้สึกไม่พอใจ
103	8.56.08	/							/			
104	8.56.20	/							/			
105	8.56.35	/							/			
106	8.56.46	/							/			
107	8.57.01	/							/			
108	8.57.13	/							/			
109	8.57.22	/							/			
110	8.57.36	/							/			
111	8.57.50	/									/	
112	8.58.10	/								/		
113	8.58.28	/							/			
114	8.58.35	/							/			
115	8.58.46	/							/			
116	8.59.01	/							/			
117	9.00.12	/							/			
118	9.01.10		/						/			
119	9.01.28	/							/			
120	9.01.40	/							/			
121	9.01.50	/							/			
122	9.02.05	/							/			
123	9.02.29	/							/			
124	9.02.43	/							/			
125	9.03.40		/							/		
126	9.03.50		/							/		
127	9.04.05		/								/	
128	9.04.20		/							/		
129	9.04.36	/							/			
130	9.05.10	/							/			
131	9.05.25	/							/			
132	9.05.40	/								/		
133	9.05.56	/							/			
134	9.06.23		/						/			
135	9.06.38						/				/	
136	9.07.03						/			/		

ตารางที่ ผ5. ข้อมูลระดับการรับรู้การสิ้นสะท้อนที่ได้จากการสัมภาษณ์ ช่องบริการรถบรรทุกสัญจรใน  
ช่วงเวลา 8.00 – 10.00 น. (ต่อ)

ลำดับ	เวลา	ประเภทยานพาหนะ							ระดับการรับรู้การสิ้นสะท้อน			
		4 ล้อ	6 ล้อ	8 ล้อ	10 ล้อ	12 ล้อ	18 ล้อ	22 ล้อ	รู้สึกได้	รู้สึกได้บ้าง	รู้สึกได้อย่างชัดเจน	รู้สึกไม่พอใจ
137	9.07.28		/							/		
138	9.07.43	/							/			
139	9.07.58	/							/			
140	9.08.13	/							/			
141	9.08.25	/							/			
142	9.08.42	/							/			
143	9.08.57	/							/			
144	9.09.11	/							/			
145	9.09.30	/							/			
146	9.09.55	/							/			
147	9.10.05	/							/			
148	9.10.19	/							/			
149	9.10.34	/							/			
150	9.10.55	/							/			
151	9.11.09	/							/			
152	9.11.20	/							/			
153	9.11.44	/							/			
154	9.11.56	/							/			
155	9.12.10	/							/			
156	9.12.25	/							/			
157	9.12.38	/							/			
158	9.12.52	/							/			
159	9.13.05	/							/			
160	9.13.28	/							/			
161	9.13.55	/							/			
162	9.14.16	/							/			
163	9.14.27	/							/			
164	9.14.30	/							/			
165	9.14.47	/								/		
166	9.15.05	/							/			
167	9.19.15	/							/			
168	9.19.45	/							/			
169	9.19.55	/							/			
170	9.20.08	/							/			

ตารางที่ ผ5. ข้อมูลระดับการรับรู้การสิ้นสะท้อนที่ได้จากการสัมภาษณ์ ช่องบริการรถบรรทุกสัญจรใน  
ช่วงเวลา 8.00 – 10.00 น. (ต่อ)

ลำดับ	เวลา	ประเภทยานพาหนะ							ระดับการรับรู้การสิ้นสะท้อน			
		4 ล้อ	6 ล้อ	8 ล้อ	10 ล้อ	12 ล้อ	18 ล้อ	22 ล้อ	รู้สึกได้	รู้สึกได้บ้าง	รู้สึกได้อย่างชัดเจน	รู้สึกไม่พอใจ
171	9.21.05				/						/	
172	9.21.45					/					/	
173	9.22.04		/							/		
174	9.22.25				/					/		
175	9.22.46		/							/		
176	9.23.04		/						/			
177	9.23.38		/						/			
178	9.23.55	/							/			
179	9.24.05	/							/			
180	9.24.20	/							/			
181	9.24.35		/						/			
182	9.24.45	/							/			
183	9.25.05	/							/			
184	9.25.20	/							/			
185	9.25.30	/							/			
186	9.25.43	/								/		
187	9.27.20	/							/			
188	9.27.50	/							/			
189	9.28.19	/							/			
190	9.28.25	/							/			
191	9.28.40	/							/			
192	9.29.15						/			/		
193	9.29.30	/							/			
194	9.29.45		/							/		
195	9.30.14		/							/		
196	9.30.38				/						/	
197	9.30.50	/							/			
198	9.31.10		/						/			
199	9.31.30		/						/			
200	9.31.50		/								/	
201	9.32.05		/							/		
202	9.32.25		/							/		
203	9.32.45		/						/			
204	9.33.08		/						/			

ตารางที่ ๗5. ข้อมูลระดับการรับรู้การสิ้นสะท้อนที่ได้จากการสัมภาษณ์ ช่องบริการรถบรรทุกสัญจรใน  
ช่วงเวลา 8.00 – 10.00 น. (ต่อ)

ลำดับ	เวลา	ประเภทยานพาหนะ							ระดับการรับรู้การสิ้นสะท้อน			
		4 ล้อ	6 ล้อ	8 ล้อ	10 ล้อ	12 ล้อ	18 ล้อ	22 ล้อ	รู้สึกได้	รู้สึกได้ บ้าง	รู้สึกได้อย่าง ชัดเจน	รู้สึกไม่ พอใจ
205	9.33.25		/						/			
206	9.33.40		/						/			
207	9.33.53	/							/			
208	9.34.10	/							/			
209	9.34.27		/						/			
210	9.34.36		/						/			
211	9.35.02	/							/			
212	9.35.15		/						/			
213	9.35.30	/							/			
214	9.35.38	/							/			
215	9.35.55	/							/			
216	9.36.14							/		/		
217	9.36.37							/		/		
218	9.36.56	/							/			
219	9.37.20		/						/			
220	9.37.38		/						/			
221	9.37.54	/								/		
222	9.38.03	/							/			
223	9.38.24	/							/			
224	9.38.38	/							/			
225	9.38.55							/		/		
226	9.39.15		/							/		
227	9.39.34		/							/		
228	9.39.54	/							/			
229	9.40.10					/			/			
230	9.40.28		/						/			
231	9.40.45		/						/			
232	9.40.59	/									/	
233	9.41.14	/								/		
234	9.41.25	/							/			
235	9.41.40	/							/			
236	9.41.50	/								/		
237	9.42.06	/							/			
238	9.42.20	/								/		

ตารางที่ ผ5. ข้อมูลระดับการรับรู้การสิ้นสะท้อนที่ได้จากการสัมภาษณ์ ช่องบริการรถบรรทุกสัญจรใน  
ช่วงเวลา 8.00 – 10.00 น. (ต่อ)

ลำดับ	เวลา	ประเภทยานพาหนะ							ระดับการรับรู้การสิ้นสะท้อน			
		4 ล้อ	6 ล้อ	8 ล้อ	10 ล้อ	12 ล้อ	18 ล้อ	22 ล้อ	รู้สึกได้	รู้สึกได้ บ้าง	รู้สึกได้อย่าง ชัดเจน	รู้สึกไม่ พอใจ
239	9.42.33	/							/			
240	9.42.48	/							/			
241	9.43.04	/								/		
242	9.43.24							/	/			
243	9.43.45	/							/			
244	9.43.58	/							/			
245	9.44.12	/							/			
246	9.44.20	/							/			
247	9.44.36	/							/			
248	9.44.55		/						/			
249	9.59.12	/							/			
250	9.59.36		/							/		
251	9.59.55		/						/			
252	10.00.08	/							/			
253	10.00.36	/							/			
254	10.00.52	/							/			
255	10.01.22		/							/		
256	10.01.35		/							/		
257	10.01.47		/							/		
258	10.02.05		/							/		
259	10.02.12		/							/		
260	10.04.14							/		/		
261	10.04.30		/							/		
262	10.04.47				/					/		
263	10.05.27		/							/		
264	10.05.53							/		/		
265	10.06.16	/							/			
266	10.06.32		/						/			
267	10.06.49	/							/			
268	10.07.04				/					/		
269	10.07.25	/							/			
270	10.07.36	/							/			
271	10.07.51	/							/			
272	10.08.06		/						/			

ตารางที่ ผ5. ข้อมูลระดับการรับรู้การสิ้นสะท้อนที่ได้จากการสัมภาษณ์ ช่องบริการรถบรรทุกสัญจรในช่วงเวลา 8.00 – 10.00 น. (ต่อ)

ลำดับ	เวลา	ประเภทยานพาหนะ							ระดับการรับรู้การสิ้นสะท้อน			
		4 ล้อ	6 ล้อ	8 ล้อ	10 ล้อ	12 ล้อ	18 ล้อ	22 ล้อ	รู้สึกได้	รู้สึกได้บ้าง	รู้สึกได้อย่างชัดเจน	รู้สึกไม่พอใจ
273	10.08.22	/							/			
274	10.08.32	/							/			
275	10.08.47	/							/			
276	10.09.03	/							/			
277	10.09.07	/							/			
278	10.09.30	/							/			
279	10.09.50	/							/			
280	10.10.00	/							/			
281	10.10.13	/							/			
282	10.10.25	/							/			
283	10.10.37	/							/			
284	10.10.48	/							/			
285	10.11.01	/							/			
286	10.11.14	/							/			
287	10.11.28	/							/			
288	10.11.46		/						/			
289	10.12.04		/						/			
290	10.12.25	/							/			
291	10.12.35	/							/			
292	10.12.52		/						/			
293	10.13.10		/							/		
294	10.13.27			/						/		
295	10.13.48			/						/		
296	10.14.10			/						/		
297	10.14.26							/		/		
298	10.14.46	/							/			
299	10.14.59	/								/		
300	10.15.10	/							/			
301	10.15.34	/							/			
302	10.15.54				/					/		
303	10.16.08	/							/			
304	10.16.29	/							/			
305	10.16.43	/							/			
306	10.17.00		/							/		

ตารางที่ ผ5. ข้อมูลระดับการรับรู้การสิ้นสะท้อนที่ได้จากการสัมภาษณ์ ช่องบริการรถบรรทุกสัญจรในช่วงเวลา 8.00 – 10.00 น. (ต่อ)

ลำดับ	เวลา	ประเภทยานพาหนะ							ระดับการรับรู้การสิ้นสะท้อน			
		4 ล้อ	6 ล้อ	8 ล้อ	10 ล้อ	12 ล้อ	18 ล้อ	22 ล้อ	รู้สึกได้	รู้สึกได้บ้าง	รู้สึกได้อย่างชัดเจน	รู้สึกไม่พอใจ
307	10.17.20				/					/		
308	10.17.34	/							/			
309	10.17.50							/		/		
310	10.18.13						/			/		



ตารางที่ ผ6. ข้อมูลระดับการรับรู้การสิ้นสะท้อนที่ได้จากการสัมภาษณ์ ช่องบริการรถบรรทุกสัญจรในช่วงเวลา 15.00 – 17.00 น.

ลำดับ	เวลา	ประเภทยานพาหนะ							ระดับการรับรู้การสิ้นสะท้อน			
		4 ล้อ	6 ล้อ	8 ล้อ	10 ล้อ	12 ล้อ	18 ล้อ	22 ล้อ	รู้สึกได้	รู้สึกได้บ้าง	รู้สึกได้อย่างชัดเจน	รู้สึกไม่พอใจ
1	15.10.54		/							/		
2	15.12.37		/							/		
3	15.12.54				/					/		
4	15.14.00		/						/			
5	15.14.31		/							/		
6	15.16.10		/						/			
7	15.16.50					/					/	
8	15.17.11				/						/	
9	15.17.25		/						/			
10	15.19.04							/			/	
11	15.20.15						/				/	
12	15.20.27		/							/		
13	15.21.12		/						/			
14	15.21.50		/						/			
15	15.22.45						/			/		
16	15.23.20							/			/	
17	15.23.40				/					/		
18	15.24.28				/					/		
19	15.26.32		/						/			
20	15.26.54		/							/		
21	15.27.10				/					/		
22	15.27.41		/							/		
23	15.28.16		/							/		
24	15.28.22		/							/		
25	15.29.38							/			/	
26	15.30.00		/						/			
27	15.31.12		/						/			
28	15.33.27		/						/			
29	15.33.47							/			/	
30	15.34.06							/			/	
31	15.35.02		/							/		
32	15.35.30		/						/			
33	15.37.13		/							/		
34	15.37.30		/						/			

ตารางที่ ผ6. ข้อมูลระดับการรับรู้การสิ้นสะท้อนที่ได้จากการสัมภาษณ์ ช่องบริการรถบรรทุกสัญจรในช่วงเวลา 15.00 – 17.00 น. (ต่อ)

ลำดับ	เวลา	ประเภทยานพาหนะ							ระดับการรับรู้การสิ้นสะท้อน			
		4 ล้อ	6 ล้อ	8 ล้อ	10 ล้อ	12 ล้อ	18 ล้อ	22 ล้อ	รู้สึกได้	รู้สึกได้บ้าง	รู้สึกได้อย่างชัดเจน	รู้สึกไม่พอใจ
35	15.38.50		/						/			
36	15.40.54							/			/	
37	15.41.20				/						/	
38	15.41.49							/		/		
39	15.42.50		/						/			
40	15.43.23		/						/			
41	15.44.48		/						/			
42	15.45.16		/							/		
43	15.45.46				/						/	
44	15.46.25		/						/			
45	15.47.20		/						/			
46	15.48.16				/					/		
47	15.48.36							/			/	
48	15.49.06		/							/		
49	15.49.30		/							/		
50	15.51.45		/							/		
51	15.52.02				/					/		
52	15.53.53			/					/			
53	15.54.17							/		/		
54	15.55.51		/							/		
55	15.56.48		/						/			
56	15.57.24		/						/			
57	15.58.12						/			/		
58	15.58.34		/							/		
59	16.02.18		/						/			
60	16.02.44				/					/		
61	16.05.07				/					/		
62	16.07.04		/						/			
63	16.07.27				/						/	
64	16.08.05			/					/			
65	16.08.21		/							/		
66	16.08.49		/							/		
67	16.09.30				/					/		
68	16.11.58				/					/		

ตารางที่ ผ6. ข้อมูลระดับการรับรู้การสิ้นสะท้อนที่ได้จากการสัมภาษณ์ ช่องบริการรถบรรทุกสัญจรในช่วงเวลา 15.00 – 17.00 น. (ต่อ)

ลำดับ	เวลา	ประเภทยานพาหนะ							ระดับการรับรู้การสิ้นสะท้อน			
		4 ล้อ	6 ล้อ	8 ล้อ	10 ล้อ	12 ล้อ	18 ล้อ	22 ล้อ	รู้สึกได้	รู้สึกได้บ้าง	รู้สึกได้อย่างชัดเจน	รู้สึกไม่พอใจ
69	16.12.42							/		/		
70	16.13.50				/					/		
71	16.15.18				/					/		
72	16.15.33				/				/			
73	16.16.28					/					/	
74	16.17.00				/					/		
75	16.17.20					/				/		
76	16.17.55		/						/			
77	16.18.13				/					/		
78	16.18.35				/					/		
79	16.19.38		/							/		
80	16.20.03		/							/		
81	16.20.35				/					/		
82	16.20.56		/						/			
83	16.21.23		/						/			
84	16.23.40				/					/		
85	16.24.38		/						/			
86	16.25.18							/		/		
87	15.12.25	/							/			
88	15.12.35	/							/	/		
89	15.12.50	/							/			
90	15.12.59	/							/			
91	15.13.17	/							/			
92	15.13.40	/							/			
93	15.13.57	/								/		
94	15.14.10	/							/			
95	15.14.23	/								/		
96	15.14.35	/							/			
97	15.14.45	/							/			
98	15.15.05	/							/			
99	15.15.10	/							/			
100	15.15.23	/							/			
101	15.15.40	/							/			
102	15.15.50	/							/			

ตารางที่ ผ6. ข้อมูลระดับการรับรู้การสิ้นสะท้อนที่ได้จากการสัมภาษณ์ ช่องบริการรถบรรทุกสัญจรใน  
ช่วงเวลา 15.00 – 17.00 น. (ต่อ)

ลำดับ	เวลา	ประเภทยานพาหนะ							ระดับการรับรู้การสิ้นสะท้อน			
		4 ล้อ	6 ล้อ	8 ล้อ	10 ล้อ	12 ล้อ	18 ล้อ	22 ล้อ	รู้สึกได้	รู้สึกได้บ้าง	รู้สึกได้อย่างชัดเจน	รู้สึกไม่พอใจ
103	15.16.05	/							/			
104	15.16.15	/								/		
105	15.16.30	/							/			
106	15.16.45	/							/			
107	15.16.55		/							/		
108	15.17.15	/							/			
109	15.17.40	/							/			
110	15.17.50	/							/			
111	15.18.02	/							/			
112	15.18.17	/								/		
113	15.18.27	/								/		
114	15.18.52	/							/			
115	15.19.05	/								/		
116	15.19.18	/								/		
117	15.19.28	/							/			
118	15.19.37	/							/			
119	15.19.57	/								/		
120	15.20.10	/								/		
121	15.20.25	/								/		
122	15.20.33	/							/			
123	15.20.45	/							/			
124	15.20.56	/							/			
125	15.21.14	/							/			
126	15.21.28	/							/			
127	15.21.40	/							/			
128	15.21.49	/							/			
129	15.21.59	/								/		
130	15.22.10	/							/			
131	15.22.30	/							/			
132	15.22.43	/								/		
133	15.22.57	/								/		
134	15.23.14	/							/			
135	15.23.28	/							/			
136	15.23.45	/								/		

ตารางที่ ผ6. ข้อมูลระดับการรับรู้การสิ้นสะท้อนที่ได้จากการสัมภาษณ์ ช่องบริการรถบรรทุกสัญจรใน  
ช่วงเวลา 15.00 – 17.00 น. (ต่อ)

ลำดับ	เวลา	ประเภทยานพาหนะ							ระดับการรับรู้การสิ้นสะท้อน			
		4 ล้อ	6 ล้อ	8 ล้อ	10 ล้อ	12 ล้อ	18 ล้อ	22 ล้อ	รู้สึกได้	รู้สึกได้บ้าง	รู้สึกได้อย่างชัดเจน	รู้สึกไม่พอใจ
137	15.23.59	/							/			
138	15.24.14	/							/			
139	15.24.24	/								/		
140	15.24.39	/							/			
141	15.24.50	/							/			
142	15.25.10	/							/			
143	15.25.25	/								/		
144	15.25.40	/							/			
145	15.25.55	/							/			
146	15.26.07	/							/			
147	15.26.18	/							/			
148	15.26.33	/							/			
149	15.28.05	/							/			
150	15.28.28	/							/			
151	15.28.50	/							/			
152	15.29.08	/							/			
153	15.29.18	/							/			
154	15.29.37	/							/			
155	15.29.50	/							/			
156	15.30.05	/								/		
157	15.30.28	/								/		
158	15.30.42		/							/		
159	15.30.59	/							/			
160	15.31.15	/							/			
161	15.31.30	/							/			
162	15.31.38	/							/			
163	15.32.15	/							/			
164	15.32.28	/							/			
165	15.32.42	/							/			
166	15.32.55	/							/			
167	15.33.13	/							/			
168	15.33.20	/							/			
169	15.33.42	/							/			
170	15.33.55	/							/			

ตารางที่ ผ6. ข้อมูลระดับการรับรู้การสิ้นสะท้อนที่ได้จากการสัมภาษณ์ ช่องบริการรถบรรทุกสัญจรในช่วงเวลา 15.00 – 17.00 น. (ต่อ)

ลำดับ	เวลา	ประเภทยานพาหนะ							ระดับการรับรู้การสิ้นสะท้อน			
		4 ล้อ	6 ล้อ	8 ล้อ	10 ล้อ	12 ล้อ	18 ล้อ	22 ล้อ	รู้สึกได้	รู้สึกได้บ้าง	รู้สึกได้อย่างชัดเจน	รู้สึกไม่พอใจ
171	15.34.10	/								/		
172	15.34.24	/							/			
173	15.34.45	/							/			
174	15.35.12	/							/			
175	15.35.28	/							/			
176	15.35.42	/							/			
177	15.35.57	/							/			
178	15.36.24	/							/			
179	15.36.33	/							/			
180	15.36.48	/							/			
181	15.36.58	/							/			
182	15.37.10	/								/		
183	15.37.25	/							/			
184	15.37.37	/							/			
185	15.38.10	/							/			
186	15.38.25	/							/			
187	15.38.38	/							/			
188	15.38.52	/							/			
189	15.39.05	/							/			
190	15.39.27	/							/			
191	15.39.45	/							/			
192	15.39.55	/							/			
193	15.40.05	/							/			
194	15.40.15	/							/			
195	15.40.28	/							/			
196	15.40.40	/								/		
197	15.40.55	/								/		
198	15.41.05	/							/			
199	15.41.40	/							/			
200	15.41.50	/								/		
201	15.42.08	/							/			
202	15.42.17	/							/			
203	15.42.33	/							/			
204	15.42.45	/							/			

ตารางที่ ผ6. ข้อมูลระดับการรับรู้การสิ้นสะท้อนที่ได้จากการสัมภาษณ์ ช่องบริการรถบรรทุกสัญจรในช่วงเวลา 15.00 – 17.00 น. (ต่อ)

ลำดับ	เวลา	ประเภทยานพาหนะ							ระดับการรับรู้การสิ้นสะท้อน			
		4 ล้อ	6 ล้อ	8 ล้อ	10 ล้อ	12 ล้อ	18 ล้อ	22 ล้อ	รู้สึกได้	รู้สึกได้บ้าง	รู้สึกได้อย่างชัดเจน	รู้สึกไม่พอใจ
205	15.43.07	/							/			
206	15.43.20	/							/			
207	15.43.35	/							/			
208	15.43.47	/							/			
209	15.44.00	/							/			
210	15.44.59	/							/			
211	15.45.14	/							/			
212	15.45.25	/							/			
213	15.45.37	/							/			
214	15.45.50	/							/			
215	15.45.59	/							/			
216	15.44.59	/							/			
217	15.46.28	/								/		
218	15.46.43	/							/			
219	15.47.15	/							/			
220	15.47.45	/								/		
221	15.47.55	/							/			
222	15.48.15	/							/			
223	15.48.23	/							/			
224	15.48.43	/								/		
225	15.48.59	/								/		
226	16.00.05	/							/			
227	16.00.15	/							/			
228	16.00.25	/							/			
229	16.00.40	/							/			
230	16.00.53	/							/			
231	16.01.12	/							/			
232	16.01.55		/							/		
233	16.02.08	/							/			
234	16.02.17	/							/			
235	16.02.30	/							/			
236	16.02.40	/							/			
237	16.02.55	/							/			
238	16.03.10	/							/			

ตารางที่ ผ6. ข้อมูลระดับการรับรู้การสิ้นสะท้อนที่ได้จากการสัมภาษณ์ ช่องบริการรถบรรทุกสัญจรในช่วงเวลา 15.00 – 17.00 น. (ต่อ)

ลำดับ	เวลา	ประเภทยานพาหนะ							ระดับการรับรู้การสิ้นสะท้อน			
		4 ล้อ	6 ล้อ	8 ล้อ	10 ล้อ	12 ล้อ	18 ล้อ	22 ล้อ	รู้สึกได้	รู้สึกได้บ้าง	รู้สึกได้อย่างชัดเจน	รู้สึกไม่พอใจ
239	16.03.25	/							/			
240	16.03.35	/							/			
241	16.03.55	/							/			
242	16.04.20	/							/			
243	16.04.30	/							/			
244	16.04.40	/							/			
245	16.04.57	/							/			
246	16.05.10	/							/			
247	16.05.18	/							/			
248	16.05.33	/							/			
249	16.05.45	/							/			
250	16.05.59	/							/			
251	16.06.18	/							/			
252	16.06.30	/							/			
253	16.06.42	/							/			
254	16.06.55	/							/			
255	16.07.10	/							/			
256	16.07.30	/									/	
257	16.08.05	/							/			
258	16.08.20	/							/			
259	16.08.33	/							/			
260	16.08.52	/								/		
261	16.09.05	/							/			
262	16.09.15	/							/			
263	16.09.30	/							/			
264	16.10.08	/							/			
265	16.10.20	/							/			
266	16.10.35	/							/			
267	16.10.45	/							/			
268	16.10.55	/							/			
269	16.11.28	/							/			
270	16.11.40	/							/			
271	16.14.20	/							/			
272	16.14.30	/							/			



ตารางที่ ผ6. ข้อมูลระดับการรับรู้การสิ้นสะท้อนที่ได้จากการสัมภาษณ์ ช่องบริการรถบรรทุกสัญจรใน  
ช่วงเวลา 15.00 – 17.00 น. (ต่อ)

ลำดับ	เวลา	ประเภทยานพาหนะ							ระดับการรับรู้การสิ้นสะท้อน			
		4 ล้อ	6 ล้อ	8 ล้อ	10 ล้อ	12 ล้อ	18 ล้อ	22 ล้อ	รู้สึกได้	รู้สึกได้ บ้าง	รู้สึกได้อย่าง ชัดเจน	รู้สึกไม่ พอใจ
273	16.14.40	/							/			
274	16.14.53	/							/			
275	16.15.04	/								/		
276	16.15.43	/								/		
277	16.15.58	/							/			
278	16.16.10	/							/			
279	16.16.20	/							/			
280	16.16.35	/								/		
281	16.16.48	/							/			
282	16.17.00	/									/	
283	16.17.10	/							/			
284	16.17.25	/								/		
285	16.17.35	/							/			
286	16.17.45	/							/			
287	16.17.58	/								/		
288	16.18.20	/							/			
289	16.18.34	/							/			
290	16.18.44	/								/		
291	16.19.30	/							/			
292	16.19.54	/							/			
293	16.20.05	/							/			
294	16.20.20	/							/			
295	16.20.30	/							/			
296	16.20.40	/							/			
297	16.20.50	/							/			
298	16.21.00	/							/			
299	16.21.15	/							/			
300	16.22.04	/							/			
301	16.22.20	/							/			
302	16.22.30	/							/			
303	16.22.44	/							/			
304	16.22.55	/							/			
305	16.23.05	/							/			
306	16.23.20	/							/			

ตารางที่ ผ6. ข้อมูลระดับการรับรู้การสิ้นสะท้อนที่ได้จากการสัมภาษณ์ ช่องบริการรถบรรทุกสัญจรในช่วงเวลา 15.00 – 17.00 น. (ต่อ)

ลำดับ	เวลา	ประเภทยานพาหนะ							ระดับการรับรู้การสิ้นสะท้อน			
		4 ล้อ	6 ล้อ	8 ล้อ	10 ล้อ	12 ล้อ	18 ล้อ	22 ล้อ	รู้สึกได้	รู้สึกได้บ้าง	รู้สึกได้อย่างชัดเจน	รู้สึกไม่พอใจ
307	16.23.33	/								/		
308	16.23.45	/							/			
309	16.23.55	/							/			
310	16.24.10	/							/			
311	16.24.25	/								/		
312	16.24.40	/							/			
313	16.24.50	/							/			
314	16.25.05	/							/			
315	16.25.15	/								/		
316	16.25.30	/							/			
317	16.25.45	/							/			

ตารางที่ ผ7. ข้อมูลระดับการรับรู้การสิ้นสเทือนที่ได้จากการสัมภาษณ์ กรณีห้องบริการยานพาหนะ 4 ล้อ แบบปกติ สัณจรในชวงเวลา 10.00-11.00 น.

ลำดับ	เวลา	ประเภทยานพาหนะ							ระดับการรับรู้การสิ้นสเทือน			
		4 ล้อ	6 ล้อ	8 ล้อ	10 ล้อ	12 ล้อ	18 ล้อ	22 ล้อ	รู้สึกได้	รู้สึกได้บ้าง	รู้สึกได้อย่างชัดเจน	รู้สึกไม่พอใจ
1	10.01.20	/							/			
2	10.01.38	/							/			
3	10.01.50	/							/			
4	10.02.03	/							/			
5	10.02.15	/							/			
6	10.02.30	/							/			
7	10.02.40	/							/			
8	10.02.55	/							/			
9	10.03.08	/							/			
10	10.03.19	/								/		
11	10.03.40	/							/			
12	10.03.45	/							/			
13	10.04.10	/							/			
14	10.04.40	/							/			
15	10.04.56	/							/			
16	10.05.25	/							/			
17	10.05.38	/							/			
18	10.05.55	/							/			
19	10.06.15	/								/		
20	10.06.25	/							/			
21	10.06.30	/							/			
22	10.06.43	/							/			
23	10.06.50	/							/			
24	10.07.05	/								/		
25	10.07.18	/							/			
26	10.07.28	/							/			
27	10.07.43	/							/			
28	10.07.55	/							/			
29	10.08.05	/							/			
30	10.08.17	/							/			
31	10.08.45	/							/			
32	10.08.55	/							/			
33	10.09.10	/							/			
34	10.09.26	/							/			

ตารางที่ ผ7. ข้อมูลระดับการรับรู้การสิ้นสเทือนที่ได้จากการสัมภาษณ์ กรณีช่องบริการยานพาหนะ 4 ล้อ แบบปกติ สัณจรในชวงเวลา 10.00-11.00 น. (ต่อ)

ลำดับ	เวลา	ประเภทยานพาหนะ							ระดับการรับรู้การสิ้นสเทือน			
		4 ล้อ	6 ล้อ	8 ล้อ	10 ล้อ	12 ล้อ	18 ล้อ	22 ล้อ	รู้สึกได้	รู้สึกได้บ้าง	รู้สึกได้อย่างชัดเจน	รู้สึกไม่พอใจ
35	10.09.42	/							/			
36	10.09.58	/							/			
37	10.10.20	/							/			
38	10.10.35	/							/			
39	10.10.45	/							/			
40	10.11.00	/							/			
41	10.11.20	/							/			
42	10.11.33	/							/			
43	10.11.48	/								/		
44	10.11.59	/							/			
45	10.12.15	/							/			
46	10.12.25	/							/			
47	10.12.37	/								/		
48	10.12.50	/							/			
49	10.13.03	/							/			
50	10.13.14	/							/			
51	10.13.25	/							/			
52	10.13.40	/							/			
53	10.13.55	/							/			
54	10.14.08	/							/			
55	10.14.19	/							/			
56	10.14.34	/							/			
57	10.14.48	/							/			
58	10.14.58	/							/			
59	10.15.12	/							/			
60	10.15.20	/							/			
61	10.15.55	/								/		
62	10.16.05	/								/		
63	10.16.18	/							/			
64	10.16.26	/							/			
65	10.16.38	/							/			
66	10.16.48	/							/			
67	10.16.58	/								/		
68	10.17.08	/							/			

ตารางที่ ผ7. ข้อมูลระดับการรับรู้การสิ้นสเทือนที่ได้จากการสัมภาษณ์ กรณีห้องบริการยานพาหนะ 4 ล้อ แบบปกติ สัณจรในชวงเวลา 10.00-11.00 น. (ต่อ)

ลำดับ	เวลา	ประเภทยานพาหนะ							ระดับการรับรู้การสิ้นสเทือน			
		4 ล้อ	6 ล้อ	8 ล้อ	10 ล้อ	12 ล้อ	18 ล้อ	22 ล้อ	รู้สึกได้	รู้สึกได้บ้าง	รู้สึกได้อย่างชัดเจน	รู้สึกไม่พอใจ
69	10.17.24	/							/			
70	10.17.36	/							/			
71	10.17.48	/							/			
72	10.18.03	/							/			
73	10.18.18	/							/			
74	10.18.26	/							/			
75	10.18.38	/							/			
76	10.18.51	/							/			
77	10.19.03	/							/			
78	10.19.13	/							/			
79	10.20.10	/							/			
80	10.20.22	/							/			
81	10.20.34	/							/			
82	10.20.45	/							/			
83	10.20.56	/							/			
84	10.21.08	/							/			
85	10.21.18	/							/			
86	10.21.34	/							/			
87	10.21.45	/							/			
88	10.21.56	/							/			
89	10.22.09	/							/			
90	10.22.20	/							/			
91	10.22.35	/							/			
92	10.22.43	/							/			
93	10.22.55	/							/			
94	10.23.14	/							/			
95	10.23.45	/							/			
96	10.23.58	/							/			
97	10.24.13	/							/			
98	10.24.30	/							/			
99	10.24.45	/							/			
100	10.25.10	/							/			
101	10.25.28	/							/			
102	10.25.40	/							/			

ตารางที่ ผ7. ข้อมูลระดับการรับรู้การสิ้นสเทือนที่ได้จากการสัมภาษณ์ กรณีห้องบริการยานพาหนะ 4 ล้อ แบบปกติ สัณจรในชวงเวลา 10.00-11.00 น. (ต่อ)

ลำดับ	เวลา	ประเภทยานพาหนะ							ระดับการรับรู้การสิ้นสเทือน			
		4 ล้อ	6 ล้อ	8 ล้อ	10 ล้อ	12 ล้อ	18 ล้อ	22 ล้อ	รู้สึกได้	รู้สึกได้บ้าง	รู้สึกได้อย่างชัดเจน	รู้สึกไม่พอใจ
103	10.25.55	/							/			
104	10.26.10	/								/		
105	10.26.44	/							/			
106	10.26.57	/							/			
107	10.27.18	/							/			
108	10.27.35	/								/		
109	10.27.50	/								/		
110	10.28.15	/							/			
111	10.28.30	/								/		
112	10.28.45	/								/		
113	10.28.57	/							/			
114	10.29.15	/							/			
115	10.29.30	/							/			
116	10.29.40	/							/			
117	10.29.55	/							/			
118	10.30.10	/							/			
119	10.30.32	/								/		
120	10.30.45	/							/			
121	10.31.02	/							/			
122	10.31.15	/							/			
123	10.31.26	/							/			
124	10.31.44	/							/			
125	10.32.02	/							/			
126	10.32.20	/							/			
127	10.32.30	/							/			
128	10.32.44	/							/			
129	10.32.55	/								/		
130	10.33.07	/							/			
131	10.33.24	/							/			
132	10.33.33	/							/			
133	10.33.48	/							/			
134	10.33.58	/							/			
135	10.34.13	/							/			
136	10.34.35	/								/		

ตารางที่ ผ7. ข้อมูลระดับการรับรู้การสิ้นสเทือนที่ได้จากการสัมภาษณ์ กรณีช่องบริการยานพาหนะ 4 ล้อ แบบปกติ สัณจรในชวงเวลา 10.00-11.00 น. (ต่อ)

ลำดับ	เวลา	ประเภทยานพาหนะ							ระดับการรับรู้การสิ้นสเทือน			
		4 ล้อ	6 ล้อ	8 ล้อ	10 ล้อ	12 ล้อ	18 ล้อ	22 ล้อ	รู้สึกได้	รู้สึกได้บ้าง	รู้สึกได้อย่างชัดเจน	รู้สึกไม่พอใจ
137	10.34.47	/							/			
138	10.35.03	/							/			
139	10.35.15	/								/		
140	10.35.25	/									/	
141	10.35.40	/								/		
142	10.35.50	/								/		
143	10.36.07	/							/			
144	10.36.17	/							/			
145	10.36.30	/								/		
146	10.36.53	/								/		
147	10.37.10	/							/			
148	10.37.20	/								/		
149	10.37.32	/							/			
150	10.37.47	/							/			
151	10.38.05	/							/			
152	10.38.16	/								/		
153	10.38.28	/								/		
154	10.38.38	/							/			
155	10.38.50	/							/			
156	10.39.03	/							/			
157	10.39.14	/							/			
158	10.39.25	/							/			
159	10.39.45	/							/			
160	10.40.00	/							/			
161	10.47.41	/							/			
162	10.48.02	/							/			
163	10.48.15	/							/			
164	10.48.25	/							/			
165	10.48.32	/							/			
166	10.48.47	/							/			
167	10.48.56	/							/			
168	10.49.08	/							/			
169	10.49.28	/							/			
170	10.49.43	/							/			

ตารางที่ ผ7. ข้อมูลระดับการรับรู้การสิ้นสเทือนที่ได้จากการสัมภาษณ์ กรณีห้องบริการยานพาหนะ 4 ล้อ แบบปกติ สัณจรในชวงเวลา 10.00-11.00 น. (ต่อ)

ลำดับ	เวลา	ประเภทยานพาหนะ							ระดับการรับรู้การสิ้นสเทือน			
		4 ล้อ	6 ล้อ	8 ล้อ	10 ล้อ	12 ล้อ	18 ล้อ	22 ล้อ	รู้สึกได้	รู้สึกได้บ้าง	รู้สึกได้อย่างชัดเจน	รู้สึกไม่พอใจ
171	10.49.53	/							/			
172	10.50.29	/							/			
173	10.50.33	/							/			
174	10.50.39	/							/			
175	10.50.43	/							/			
176	10.50.47	/							/			
177	10.50.58	/							/			
178	10.51.06	/							/			
179	10.51.17	/							/			
180	10.51.21	/							/			
181	10.51.33	/							/			
182	10.51.46	/							/			
183	10.52.02	/							/			
184	10.52.43	/							/			
185	10.52.49	/							/			
186	10.52.54	/							/			
187	10.53.03	/							/			
188	10.53.15	/							/			
189	10.53.21	/							/			
190	10.53.34	/							/			
191	10.53.41	/							/			
192	10.53.58	/							/			
193	10.54.09	/							/			
194	10.54.23	/							/			
195	10.54.36	/							/			
196	10.54.44	/							/			
197	10.55.01	/							/			
198	10.55.10	/							/			
199	10.56.30	/							/			
200	10.56.38	/							/			
201	10.56.42	/							/			
202	10.56.51	/							/			
203	10.57.08	/							/			
204	10.57.19	/							/			



ตารางที่ ผ7. ข้อมูลระดับการรับรู้การสิ้นสเทือนที่ได้จากการสัมภาษณ์ กรณีห้องบริการยานพาหนะ 4 ล้อ แบบปกติ สัณจรในชวงเวลา 10.00-11.00 น. (ต่อ)

ลำดับ	เวลา	ประเภทยานพาหนะ							ระดับการรับรู้การสิ้นสเทือน			
		4 ล้อ	6 ล้อ	8 ล้อ	10 ล้อ	12 ล้อ	18 ล้อ	22 ล้อ	รู้สึกได้	รู้สึกได้บ้าง	รู้สึกได้อย่างชัดเจน	รู้สึกไม่พอใจ
205	10.57.39	/							/			
206	10.57.52	/							/			
207	10.57.55	/							/			
208	10.58.23	/							/			
209	10.58.30	/							/			
210	10.58.51	/							/			
211	10.59.09	/							/			
212	10.59.13	/							/			
213	10.59.47	/							/			
214	11.00.10	/							/			
215	11.00.50	/							/			
216	11.00.59	/							/			
217	11.01.02	/							/			
218	11.01.09	/							/			
219	11.01.12	/							/			
220	11.01.20	/							/			
221	11.01.26	/							/			
222	11.01.33	/							/			
223	11.02.38	/							/			
224	11.02.48	/							/			
225	11.03.18	/							/			
226	11.03.27	/							/			
227	11.03.44	/							/			
228	11.04.12	/							/			
229	11.04.48	/							/			
230	11.05.04	/							/			
231	11.05.16	/							/			
232	11.05.26	/							/			
233	11.05.33	/							/			
234	11.05.46	/							/			
235	11.06.14	/							/			
236	11.06.19	/							/			
237	11.06.38	/							/			
238	11.06.54	/							/			

ตารางที่ ผ7. ข้อมูลระดับการรับรู้การสิ้นสเทือนที่ได้จากการสัมภาษณ์ กรณีช่องบริการยานพาหนะ 4 ล้อ แบบปกติ สัณจรในชวงเวลา 10.00-11.00 น. (ต่อ)

ลำดับ	เวลา	ประเภทยานพาหนะ							ระดับการรับรู้การสิ้นสเทือน			
		4 ล้อ	6 ล้อ	8 ล้อ	10 ล้อ	12 ล้อ	18 ล้อ	22 ล้อ	รู้สึกได้	รู้สึกได้บ้าง	รู้สึกได้อย่างชัดเจน	รู้สึกไม่พอใจ
239	11.07.02	/							/			
240	11.07.10	/							/			
241	11.07.15	/							/			
242	11.07.21	/							/			
243	11.08.12	/							/			
244	11.08.21	/							/			
245	11.08.36	/								/		
246	11.08.43	/							/			
247	11.09.24	/							/			
248	11.09.23	/							/			
249	11.09.33	/							/			
250	11.10.22	/							/			
251	11.10.40	/							/			

ตารางที่ ผ8. ข้อมูลระดับการรับรู้การสิ้นสเทือนที่ได้จากการสัมภาษณ์ กรณีช่องบริการยานพาหนะ 4 ล้อ แบบ Easy Pass สัญจรในช่วงเวลา 10.00-11.00 น.

ลำดับ	เวลา	ประเภทยานพาหนะ							ระดับการรับรู้การสิ้นสเทือน			
		4 ล้อ	6 ล้อ	8 ล้อ	10 ล้อ	12 ล้อ	18 ล้อ	22 ล้อ	รู้สึกได้	รู้สึกได้บ้าง	รู้สึกได้อย่างชัดเจน	รู้สึกไม่พอใจ
1	10.52.35	/							/			
2	10.52.50	/							/			
3	10.53.03	/							/			
4	10.53.15	/							/			
5	10.53.27	/							/			
6	10.53.38	/								/		
7	10.53.58	/							/			
8	10.54.10	/							/			
9	10.54.25	/							/			
10	10.54.42	/							/			
11	10.55.02	/							/			
12	10.55.20	/								/		
13	10.55.35	/							/			
14	10.55.45	/							/			
15	10.56.03	/							/			
16	10.56.23	/							/			
17	10.56.30	/							/			
18	10.56.55	/							/			
19	10.57.10	/								/		
20	10.57.35	/							/			
21	10.57.50	/							/			
22	10.58.05	/							/			
23	10.58.15	/							/			
24	10.58.30	/							/			
25	10.58.48	/								/		
26	10.59.05	/							/			
27	10.59.20	/								/		
28	10.59.31	/							/			
29	10.59.45	/							/			
30	11.00.05	/								/		
31	11.00.23	/							/			
32	11.00.40	/							/			
33	11.00.48	/							/			
34	11.01.05	/							/			

ตารางที่ ผ8. ข้อมูลระดับการรับรู้การสิ้นสเทือนที่ได้จากการสัมภาษณ์ กรณีช่องบริการยานพาหนะ 4 ล้อ แบบ Easy Pass สัญจรในช่วงเวลา 10.00-11.00 น. (ต่อ)

ลำดับ	เวลา	ประเภทยานพาหนะ							ระดับการรับรู้การสิ้นสเทือน			
		4 ล้อ	6 ล้อ	8 ล้อ	10 ล้อ	12 ล้อ	18 ล้อ	22 ล้อ	รู้สึกได้	รู้สึกได้บ้าง	รู้สึกได้อย่างชัดเจน	รู้สึกไม่พอใจ
35	11.01.15	/							/			
36	11.01.25	/								/		
37	11.01.42	/							/			
38	11.01.55	/							/			
39	11.02.20	/							/			
40	11.02.32	/							/			
41	11.02.59	/							/			
42	11.03.13	/								/		
43	11.03.40	/							/			
44	11.03.50	/							/			
45	11.04.06	/							/			
46	11.04.23	/								/		
47	11.04.34	/							/			
48	11.04.45	/							/			
49	11.04.57	/							/			
50	11.05.20	/							/			
51	11.05.35	/							/			
52	11.05.50	/							/			
53	11.06.01	/							/			
54	11.06.18	/							/			
55	11.06.33	/							/			
56	10.52.05	/								/		
57	10.52.10	/									/	
58	10.52.20	/							/			
59	10.52.45	/							/			
60	10.52.49	/							/			
61	10.52.53	/							/			
62	10.53.07	/							/			
63	10.53.35	/								/		
64	10.53.47	/							/			
65	10.54.12	/							/			
66	10.54.15	/							/			
67	10.56.33	/							/			
68	10.57.13	/								/		

ตารางที่ ผ8. ข้อมูลระดับการรับรู้การสิ้นสเทือนที่ได้จากการสัมภาษณ์ กรณีช่องบริการยานพาหนะ 4 ล้อ แบบ Easy Pass สัญจรในช่วงเวลา 10.00-11.00 น. (ต่อ)

ลำดับ	เวลา	ประเภทยานพาหนะ							ระดับการรับรู้การสิ้นสเทือน			
		4 ล้อ	6 ล้อ	8 ล้อ	10 ล้อ	12 ล้อ	18 ล้อ	22 ล้อ	รู้สึกได้	รู้สึกได้บ้าง	รู้สึกได้อย่างชัดเจน	รู้สึกไม่พอใจ
69	10.57.20	/							/			
70	10.57.30	/							/			
71	10.57.46	/							/			
72	10.57.52	/							/			
73	10.57.59	/							/			
74	10.58.05	/							/			
75	10.58.09	/							/			
76	10.58.23	/								/		
77	10.58.27	/							/			
78	10.58.36	/							/			
79	10.58.46	/							/			
80	10.58.50	/								/		
81	10.59.06	/							/			
82	10.59.09	/							/			
83	10.59.19	/							/			
84	10.59.26	/							/			
85	10.59.33	/							/			
86	10.59.46	/							/			
87	10.59.50	/								/		
88	10.59.53	/								/		
89	11.00.06	/							/			
90	11.00.08	/								/		
91	11.00.12	/							/			
92	11.00.33	/							/			
93	11.00.40	/							/			
94	11.01.11	/							/			
95	11.01.35	/							/			
96	11.01.45	/							/			
97	11.02.13	/							/			
98	11.02.54	/								/		
99	11.02.59	/								/		
100	11.03.03	/							/			
101	11.03.05	/							/			
102	11.03.30	/							/			

ตารางที่ ผ8. ข้อมูลระดับการรับรู้การสิ้นสเทือนที่ได้จากการสัมภาษณ์ กรณีช่องบริการยานพาหนะ 4 ล้อ แบบ Easy Pass สัญจรในช่วงเวลา 10.00-11.00 น. (ต่อ)

ลำดับ	เวลา	ประเภทยานพาหนะ							ระดับการรับรู้การสิ้นสเทือน			
		4 ล้อ	6 ล้อ	8 ล้อ	10 ล้อ	12 ล้อ	18 ล้อ	22 ล้อ	รู้สึกได้	รู้สึกได้บ้าง	รู้สึกได้อย่างชัดเจน	รู้สึกไม่พอใจ
103	11.03.35	/							/			
104	11.04.28	/							/			
105	11.04.37	/							/			
106	11.04.41	/							/			
107	11.04.48	/							/			
108	11.04.57	/							/			
109	11.05.31	/							/			
110	11.05.35	/							/			
111	11.05.42	/							/			
112	11.05.46	/							/			
113	11.05.48	/							/			
114	11.06.01	/							/			
115	11.06.09	/								/		
116	11.06.25	/							/			
117	11.06.37	/							/			