

การศึกษาผลกระทบการสิ้นเสถียรของโครงสร้างทางพิเศษระดับ ที่มีผลต่อการรับรู้ของบุคคล  
บริเวณสถานีชำระค่าผ่านทาง

ขณะแม่ศรี ประจวบกุลวัฒน์

งานนิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต  
สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการงานก่อสร้างและงาน โครงสร้างพื้นฐาน  
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา  
มิถุนายน 2559  
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

คณะกรรมการควบคุมงานนิพนธ์และคณะกรรมการสอบงานนิพนธ์ ได้พิจารณา  
งานนิพนธ์ของ ณะเมศฐ์ ประจวบกุลวัฒน์ ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา  
ตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการงานก่อสร้างและงาน  
โครงสร้างพื้นฐาน ของมหาวิทยาลัยบูรพาได้

คณะกรรมการควบคุมงานนิพนธ์

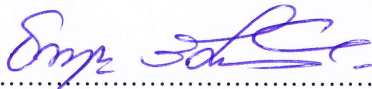


..... อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก  
(ดร. พัทธพงษ์ อาสนจินดา)

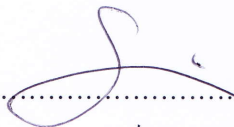
คณะกรรมการสอบงานนิพนธ์



..... ประธานกรรมการ  
(ดร. พัทธพงษ์ อาสนจินดา)



..... กรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชรรมนุญ รัศมีมาสเมือง)



..... กรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สยาม ยิ้มศิริ)

คณะวิศวกรรมศาสตร์ อนุมัติให้รับงานนิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตาม  
หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการงานก่อสร้างและงาน  
โครงสร้างพื้นฐาน ของมหาวิทยาลัยบูรพา



..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์  
(ดร. อาณัติ ดีพัฒนา)

วันที่ 12 เดือน กรกฎาคม พ.ศ. 2559

## กิตติกรรมประกาศ

งานนิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยความอนุเคราะห์ของ ดร. พัทธพงษ์ อาสนจินดา อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก ที่ให้คำปรึกษาและคำแนะนำที่ทำให้งานวิจัยเสร็จสมบูรณ์ ผู้วิจัยจึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชรรมนุญ รัศมีมาสเมือง และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สยาม ยิ้มศิริ อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยบูรพา ที่กรุณามาเป็นกรรมการในการทำงานนิพนธ์ และให้คำแนะนำความผิดพลาดของงานนิพนธ์ครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ การทางพิเศษแห่งประเทศไทย สำหรับความอนุเคราะห์ในการเก็บข้อมูล ณ ทางพิเศษยกระดับบูรพาวิถี ด้านชลบุรี รวมทั้งให้คำแนะนำในวิธีการเก็บข้อมูลที่ปลอดภัย อีกทั้งบุคลากร ณ ด้านชลบุรี ที่ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดีในการเก็บรวบรวมข้อมูล ที่ใช้ในการวิจัย ทำให้งานนิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อพงศ์เดชน์ คุณแม่เจริญรัตน์ ประจวบกุลวัฒน์ และพี่ ๆ เพื่อน ๆ สำหรับกำลังใจและการสนับสนุนผู้วิจัยเสมอมา

ธนะเมศฐ์ ประจวบกุลวัฒน์

56920938: สาขาวิชา: วิศวกรรมการจัดการงานก่อสร้างและงานโครงสร้างพื้นฐาน; วศ.ม.

(วิศวกรรมการจัดการงานก่อสร้างและงานโครงสร้างพื้นฐาน)

คำสำคัญ: การรับรู้การสั่นสะเทือน/ การสั่นสะเทือน/ การสั่นสะเทือนของโครงสร้าง/  
ทางพิเศษยกระดับบูรพาวิถี/ ทางพิเศษ

ชนะเลิศ ประจำปี ๒๕๕๙: การศึกษาผลกระทบการสั่นสะเทือนของโครงสร้างทางพิเศษยกระดับ ที่มีผลกระทบต่อการรับรู้ของบุคคล บริเวณสถานีชำระค่าผ่านทาง (A STUDY ON EFFECT OF ELEVATED EXPRESSWAY VIBRATION TO PERSONAL PERCEPTIBILITY AT TOLL STATION) คณะกรรมการควบคุมงานนิพนธ์: พัชรพงษ์ อาสนจินดา, ปร.ด., 117 หน้า. พ.ศ. 2559

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลกระทบการสั่นสะเทือนของโครงสร้างทางพิเศษยกระดับที่มีผลต่อบุคคลบริเวณสถานีชำระค่าผ่านทาง โดยทำการตรวจวัดขนาดและความถี่ของความเร่งการสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นเพื่อนำไปวิเคราะห์ระดับการรับรู้ที่มีต่อบุคคลซึ่งปฏิบัติงานบริเวณด่านเก็บค่าผ่านทาง และนำไปเปรียบเทียบและนำเสนอเกณฑ์ระดับการรับรู้ต่อไป การศึกษาได้ทำการทดสอบ ณ ทางพิเศษยกระดับบูรพาวิถี ด่านชลบุรี โดยตรวจวัดความเร่งการสั่นสะเทือนในช่องบริการสำหรับยานพาหนะ ช่องบริการสำหรับยานพาหนะ 4 ล้อ แบบปกติและแบบ Easy Pass โดยติดตั้งหัววัดความเร่งเพื่อวัดค่าการสั่นสะเทือนที่ผิวจราจรและเกาะคอนกรีตซึ่งติดตั้งตู้เก็บค่าผ่านทาง และได้ทำการสัมภาษณ์ระดับการรับรู้การสั่นสะเทือนที่ส่งผลต่อบุคคล จากนั้นจึงได้นำข้อมูลการตรวจวัดและการสัมภาษณ์มาวิเคราะห์ระดับการสั่นสะเทือนที่ส่งผลต่อระดับการรับรู้ของบุคคล ตามปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ช่วงเวลาและปริมาณยานพาหนะ ประเภทยานพาหนะ ตำแหน่งของตู้เก็บค่าผ่านทาง และประเภทช่องบริการ จากผลการศึกษาพบว่า ช่วงเวลาและปริมาณยานพาหนะมีผลต่อระดับการรับรู้อย่างมีนัยสำคัญ โดยช่วงเวลาที่ปริมาณยานพาหนะนั้นจะมีค่าระดับการรับรู้การสั่นสะเทือนที่สูงกว่าเนื่องจากผลของการเบรกยานพาหนะที่เคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูงขณะเข้าด่านเก็บค่าผ่านทาง และพบว่ายานพาหนะที่มีน้ำหนักมากจะส่งผลให้ขนาดความเร่งการสั่นสะเทือนมีค่าเพิ่มขึ้น การติดตั้งตู้เก็บค่าผ่านทางบนเกาะคอนกรีตสามารถลดระดับการสั่นสะเทือนลงได้อย่างชัดเจนถึงประมาณร้อยละ 19 การสั่นสะเทือนของช่องบริการแบบ Easy Pass จะมีระดับการรับรู้ที่ต่ำกว่าช่องบริการแบบปกติเนื่องจากไม่มีการหยุดรถ และงานวิจัยนี้ได้นำเสนอเกณฑ์ระดับการรับรู้การสั่นสะเทือนของทางพิเศษยกระดับ ซึ่งสามารถแบ่งระดับการรับรู้ได้ 3 ระดับได้แก่ ไม่รู้สึก (imperceptible) รู้สึกได้บ้าง (barely perceptible) รู้สึกได้อย่างชัดเจน (distinctly perceptible) โดยมีขนาดการสั่นสะเทือนอยู่ในช่วงระหว่าง 0.001g - 0.030g และมีค่าความถี่การสั่นสะเทือนอยู่ในช่วง 2 – 20 Hz

56920928: MAJOR: CONSTRUCTION AND INFRASTRUCTURE MANAGEMENT  
ENGINEERING; M. Eng. (CONSTRUCTION AND INFRASTRUCTURE  
MANAGEMENT ENGINEERING)

KEYWORDS: PERSONAL PERCEPTIBILITY/ VIBRATION/ VIBRATION OF  
STRUCTURE/ BURAPHA EXPRESSWAY/ EXPRESSWAY

THANAMETH PRAJUAPKULLAWAT: A STUDY ON EFFECT OF ELEVATED  
EXPRESSWAY VIBRATION TO PERSONAL PERCEPTIBILITY AT TOLL STATION  
FACTORY PROJECT. ADVISORY COMMITTEE: PATTARAPONG ASNACHINDA, Ph.D.,  
117 P. 2016.

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 Burapha Withi 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
บทคัดย่อภาษาไทย .....	ง
บทคัดย่ออังกฤษ .....	จ
สารบัญ .....	ฉ
สารบัญตาราง .....	ช
สารบัญภาพ .....	ณ
บทที่	
1 บทนำ .....	1
ที่มาและความสำคัญ.....	1
วัตถุประสงค์ของการศึกษา .....	2
ขอบเขตของการศึกษา.....	2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ .....	2
2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง .....	3
การรับรู้การสำนึสละเทือนของบุคคล .....	3
คุณสมบัติพื้นฐานทางพลศาสตร์โครงสร้างทางพิเศษยกระดับ .....	3
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง .....	5
3 วิธีการศึกษา.....	11
บทนำ .....	11
พื้นที่การศึกษา.....	11
อุปกรณ์.....	14
การติดตั้งอุปกรณ์ .....	18
การสัมภาษณ์ระดับการรับรู้การสำนึสละเทือน .....	21
ปัจจัยการศึกษา.....	23
กรณีศึกษา .....	24

## สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
4 ผลการศึกษา .....	27
ภาพรวมผลการศึกษา .....	27
ปัจจัยของช่วงเวลาที่มึปริมาณยานพาหนะมากกับช่วงเวลาที่มึปริมาณ ยานพาหนะน้อย .....	31
ปัจจัยของประเภทยานพาหนะ .....	36
ปัจจัยบริเวณจุดตรวจวัดขนาดความเร่งการสั่นสะเทือน .....	43
ปัจจัยของประเภทช่องบริการธรรมดา กับช่อง Easy pass.....	49
ระดับการรับรู้การสั่นสะเทือนที่ได้จากการสัมภาษณ์ .....	55
เกณฑ์ตรวจวัดระดับการรับรู้การสั่นสะเทือนสำหรับ โครงสร้างทางพิเศษกระดับ	56
5 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ .....	59
สรุปผลการศึกษาพฤติกรรมการสั่นสะเทือนที่มีผลต่อระดับการรับรู้การสั่นสะเทือน	59
สรุปผลการศึกษาเกณฑ์มาตรฐาน .....	60
เกณฑ์ตรวจวัดระดับการรับรู้การสั่นสะเทือนของทางพิเศษกระดับ.....	60
ข้อเสนอแนะ .....	60
บรรณานุกรม .....	62
ภาคผนวก .....	64
ภาคผนวก ก .....	65
ภาคผนวก ข .....	81
ประวัติย่อของผู้วิจัย .....	117

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2-1 ผลกระทบเนื่องจากความสัมพันธ์ที่มีต่อคนและอาคารสิ่งปลูกสร้าง .....	6
2-2 มาตรฐานกำหนดระดับความสัมพันธ์ที่ก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพของมนุษย์และ การรับรู้ของกระทรวงโลหะวัสดุและวิศวกรรมเคมี ประเทศรัสเซีย .....	7
2-3 ระดับการสัมพันธ์และผลกระทบต่อความรู้สึกไม่สบายของคน ISO 2631-1: 1997 Annex C .....	9
3-1 จำนวนกรณีศึกษาทั้งหมด .....	25
3-2 จำนวนเหตุการณ์ที่ทำการตรวจวัดได้ทั้งหมด .....	26
4-1 ปริมาณข้อมูลของยานพาหนะแต่ละประเภท .....	29
4-2 ร้อยละของระดับการรับรู้ที่ได้จากการตรวจวัดขนาดความเร่งบริเวณพิวจรรและ ผู้เก็บค่าผ่านทาง .....	29
4-3 ร้อยละของระดับการรับรู้ที่ได้จากการสัมภาษณ์บริเวณผู้เก็บค่าผ่านทาง .....	30
4-4 ระดับการรับรู้การสัมพันธ์ที่ส่งผลต่อการรับรู้ของบุคคล เมื่อเปรียบเทียบ ตามปริมาณยานพาหนะ .....	33
4-5 สรุประดับการรับรู้การสัมพันธ์ที่ส่งผลต่อการรับรู้ของบุคคล เมื่อเปรียบเทียบตาม ปริมาณยานพาหนะ .....	35
4-6 ระดับการรับรู้การสัมพันธ์ที่ส่งผลต่อการรับรู้ของบุคคล เมื่อเปรียบเทียบ ตามประเภทยานพาหนะ .....	39
4-7 สรุประดับการรับรู้การสัมพันธ์ที่ส่งผลต่อการรับรู้ของบุคคล เมื่อเปรียบเทียบ ตามประเภทยานพาหนะ .....	40
4-8 ร้อยละของระดับการรับรู้ที่ได้จากการตรวจวัดขนาดความเร่ง จุดตรวจวัดบริเวณ พิวจรรและบริเวณผู้เก็บค่าผ่านทาง .....	46
4-9 ร้อยละของระดับการรับรู้ที่ได้จากการแปลงค่าขนาดความเร่ง ช่องบริการแบบปกติและ ช่องบริการแบบ Easy pass .....	51
4-10 ระดับการรับรู้การสัมพันธ์ที่ได้จากการสัมภาษณ์ .....	55
4-11 ระดับการรับรู้การสัมพันธ์จากเกณฑ์ที่น่าเสนอ .....	58



## สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2-1 การสั้นสะพานในแนวแกนอ้างอิงต่าง ๆ ของร่างกายในท่านอน นิ่งและยืน.....	4
2-2 การรับรู้ต่อการสั้นสะพานในแนวตั้งของมนุษย์ .....	5
2-3 เกณฑ์ระดับการรับรู้ความสั้นสะพานต่อบุคคลโดย ISO สมาคมนักสุขศาสตร์ อุตสาหกรรมแห่งสหรัฐอเมริกา .....	8
2-4 เกณฑ์มาตรฐานการรับรู้การสั้นสะพาน .....	10
3-1 ด้านเก็บค่าผ่านทาง ด้านชลบุรีขาออก .....	12
3-2 ตำแหน่งการติดตั้งอุปกรณ์ .....	13
3-3 หัววัดขนาดความเร่ง.....	14
3-4 โมดูลแปลงสัญญาณวงจรแบบบริดจ์ .....	15
3-5 เครื่องรวมสัญญาณความถี่สูงแบบหลายช่องสัญญาณ.....	15
3-6 คอมพิวเตอร์ .....	16
3-7 สายสัญญาณแบบ RJ-45 และ RJ-50 (RJ-45, RJ-50 cables) .....	16
3-8 เครื่องสำรองไฟ.....	17
3-9 เป็นติดตั้งหัววัดความเร่ง .....	17
3-10 กิ่งงวีดิโอ .....	18
3-11 ติดหัววัดขนาดความเร่งติดเข้ากับเป็นติดตั้ง.....	18
3-12 ตัวแปลงสายสัญญาณ .....	19
3-13 การต่อ โมดูลแปลงสัญญาณวงจรแบบบริดจ์ (Bridge signal module) เข้ากับ เครื่องรวมสัญญาณความถี่สูงแบบหลายช่องสัญญาณ.....	19
3-14 การเชื่อมต่อระหว่างเครื่องรวมสัญญาณความถี่สูงแบบหลายช่องสัญญาณ .....	20
3-15 การติดตั้งกิ่งงวีดิโอ.....	20
3-16 มุมกิ่งงที่ได้จากกิ่งงวีดิโอ.....	21
4-1 ระดับการรับรู้การสั้นสะพานที่ส่งผลต่อบุคคล ณ ด้านเก็บค่าผ่านทาง ภาพ (ก) ตรวจวัดที่ผิวจราจร ภาพ (ข) ตรวจวัดบริเวณตู้เก็บค่าผ่านทาง .....	28
4-2 ระดับการรับรู้การสั้นสะพาน โดยพิจารณาตามช่วงเวลาที่มึปริมาณยานพาหนะมาก กับช่วงเวลาที่มึปริมาณยานพาหนะน้อย จุดตรวจวัดช่องบริการที่ 1 .....	31

## สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4-3 ระดับการรับรู้การสิ้นสະเทือนโดยพิจารณาตามช่วงเวลาที่มืปริมาณยานพาหนะมากกับช่วงที่มีปริมาณยานพาหนะน้อย โดยแบ่งตามประเภทยานพาหนะ (ก) 6 ล้อ (ข) 8 ล้อ (ค) 10 ล้อ (ง) 12 ล้อ (จ) 18 ล้อ (ฉ) 22 ล้อ.....	32
4-4 ระดับการรับรู้การสิ้นสະเทือนโดยพิจารณาตามช่วงเวลาที่มืปริมาณยานพาหนะมาก (ก) ช่วงเวลาที่มืปริมาณยานพาหนะน้อย (ข).....	36
4-5 ระดับการรับรู้การสิ้นสະเทือนโดยพิจารณาจากประเภทยานพาหนะช่องบริการที่ 1 ...	37
4-6 ระดับการรับรู้การสิ้นสະเทือนโดยพิจารณาตามประเภทยานพาหนะ ภาพ (ก) 6 ล้อ (ข) 8 ล้อ (ค) 10 ล้อ (ง) 12 ล้อ (จ) 18 ล้อ (ฉ) 22 ล้อ .....	38
4-7 ตัวอย่างสัญญาณและภาพยานพาหนะ 6 ล้อ .....	41
4-8 ตัวอย่างสัญญาณและภาพยานพาหนะ 18 ล้อ .....	42
4-9 ระดับการรับรู้การสิ้นสະเทือนของยานพาหนะ 6 ล้อ และ 18 ล้อ .....	43
4-10 ค่าระดับการรับรู้การสิ้นสະเทือน เมื่อเทียบระหว่างจุดตรวจวัดบริเวณผิวจราจร กับบริเวณตู้เก็บค่าผ่านทาง .....	44
4-11 ระดับการรับรู้การสิ้นสະเทือนโดยพิจารณาตามจุดตรวจวัดบริเวณผิวจราจรและบริเวณตู้เก็บค่าผ่านทาง โดยแบ่งตามประเภทยานพาหนะ (ก) 6 ล้อ (ข) 8 ล้อ (ค) 10 ล้อ (ง) 12 ล้อ (จ) 18 ล้อ (ฉ) 22 ล้อ.....	45
4-12 ตัวอย่างสัญญาณยานพาหนะ 18 ล้อ จุดตรวจวัดบริเวณผิวจราจร .....	47
4-13 ตัวอย่างสัญญาณยานพาหนะ 18 ล้อ จุดตรวจวัดบริเวณตู้เก็บค่าผ่านทาง .....	48
4-14 ภาพยานพาหนะ 18 ล้อ.....	48
4-15 ระดับการรับรู้การสิ้นสະเทือนของยานพาหนะ 18 ล้อ จุดตรวจวัดบริเวณจราจรและบริเวณตู้เก็บค่าผ่านทาง .....	49
4-16 ค่าระดับการรับรู้การสิ้นสະเทือน เมื่อเทียบระหว่างช่องบริการปกติกับช่องบริการแบบ Easy pass .....	50
4-17 ตัวอย่างสัญญาณยานพาหนะ 4 ล้อ ในช่องบริการปกติ .....	52
4-18 ตัวอย่างสัญญาณยานพาหนะ 4 ล้อ ในช่องบริการ Easy pass .....	53
4-19 ยานพาหนะ 4 ล้อ.....	53

## สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4-20 ระดับการรับรู้การสิ้นสะท้อนของยานพาหนะ 4 ล้อ ในช่องบริการ Easy pass และ ช่องบริการปกติ.....	54
4-21 การแบ่งเกณฑ์ที่ได้จากการตรวจวัดขนาดความเร่งการสิ้นสะท้อน ของทางพิเศษยกระดับ.....	57
4-22 เกณฑ์ที่ได้จากการตรวจวัดขนาดความเร่งการสิ้นสะท้อนของทางพิเศษยกระดับ .....	57
5-1 ปรับความยาวของเกาะคอนกรีตและเลื่อนตำแหน่งผู้เก็บค่าผ่านทาง .....	61

# บทที่ 1

## บทนำ

### ที่มาและความสำคัญ

ปัจจุบันมีการใช้บริการทางพิเศษยกระดับมากขึ้นเพื่อความสะดวกรวดเร็วในการเดินทาง และเมื่อมีปริมาณยานพาหนะเพิ่มมากขึ้นทำให้โครงสร้างทางด่วนพิเศษยกระดับเกิดการ ต้นสะเทือนสูงขึ้น ซึ่งสามารถรับรู้ได้ถึงการต้นสะเทือนอย่างชัดเจนแม้ในขณะที่อยู่ใน ยานพาหนะ โดยบริเวณที่สามารถรับรู้การต้นสะเทือนได้อย่างชัดเจน คือ บริเวณด่านเก็บ ค่าผ่านทางยกระดับ เนื่องจากมีการชะลอความเร็วของยานพาหนะสลับกับการเร่งความเร็ว อีกทั้ง ยังเป็นบริเวณที่บุคคลหยุดนิ่งอยู่กับที่ หรือเคลื่อนที่เป็นระยะทางสั้น ๆ เคลื่อนที่อย่างช้า ๆ และ มีการกระตุกตัวของยานพาหนะเป็นจำนวนมากทั้งรถยนต์ส่วนบุคคล รถบรรทุก ซึ่งการ ต้นสะเทือนของโครงสร้างทางพิเศษยกระดับส่งผลต่อการรับรู้ของพนักงานเก็บค่าผ่านทาง และ ผู้ขับขี่ยานพาหนะที่รอคิวชำระค่าผ่านทาง

ปัจจุบันมีการศึกษาผลกระทบเนื่องจากแรงต้นสะเทือนของโครงสร้างที่ส่งผลกระทบต่อ บุคคลมากมาย ทั้งโครงสร้างอาคารสูง อัฒจันทร์สนามกีฬา เป็นต้น แต่ยังไม่มีการศึกษา การต้นสะเทือนของโครงสร้างทางพิเศษยกระดับ และส่งผลกระทบต่อรับรู้การต้นสะเทือนของบุคคล ในระดับใด และยังไม่มีการกำหนดมาตรฐานสำหรับการต้นสะเทือนของโครงสร้างทางพิเศษยกระดับ ที่ส่งผลกระทบต่อรับรู้ของบุคคล เพื่อใช้สำหรับการบริหารจัดการบุคลากรบริเวณด่านเก็บค่าผ่านทาง หรือใช้สำหรับการวางตำแหน่งการติดตั้งอุปกรณ์ สิ่งปลูกสร้างด้านบนทางด่วนพิเศษยกระดับ

งานวิจัยนี้จะทำการประเมินระดับการต้นสะเทือนของโครงสร้างทางพิเศษยกระดับ เพื่อพิจารณาว่ามีผลกระทบต่อรับรู้การต้นสะเทือนต่อบุคคลที่ปฏิบัติงาน ณ บริเวณด่านชำระ ค่าผ่านทางมากน้อยเพียงใด โดยทำการศึกษาจากการทดสอบและการสำรวจข้อมูลภาคสนาม เพื่อประเมินและเปรียบเทียบผลการศึกษากับเกณฑ์มาตรฐานการรับรู้การต้นสะเทือนของบุคคล ที่มีอยู่ในปัจจุบัน ว่าปัญหาการต้นสะเทือนของโครงสร้างทางยกระดับสามารถเทียบเคียงกับ เกณฑ์มาตรฐานใด

## วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. เพื่อศึกษาพฤติกรรมการตัดสินใจของโครงสร้างทางพิเศษระดับที่ส่งผลต่อผู้ปฏิบัติงาน ณ ด้านเก็บค่าผ่านทาง
2. เพื่อศึกษาระดับการรับรู้การตัดสินใจของข้อมูลที่ตรวจวัดได้ ว่ามีความใกล้เคียงกับเกณฑ์การรับรู้การตัดสินใจมาตรฐานในปัจจุบันมากน้อยเพียงใด สามารถนำไปใช้แทนได้หรือไม่
3. เพื่อนำเสนอเกณฑ์ระดับการรับรู้การตัดสินใจสำหรับโครงสร้างทางพิเศษยกระดับ

## ขอบเขตของการศึกษา

1. การศึกษาพิจารณาการทดสอบภาคสนามและการสำรวจข้อมูล ณ ด้านเก็บค่าผ่านทางพิเศษยกระดับบูรพาวิถี ด้านชลบุรีขาออก
2. โครงสร้างที่เลือกศึกษา เป็นโครงสร้างประเภทคานคอนกรีตอัดแรงรูปกล่องชิ้นส่วนสำเร็จ (Prestressed segmental box girder)
3. การวิเคราะห์ขนาดการตัดสินใจที่ตรวจวัดจะพิจารณาจากสัญญาณความเร่ง
4. การวิเคราะห์การตัดสินใจจะพิจารณาการตัดสินใจในแนวตั้งเท่านั้น
5. วิเคราะห์ข้อมูลโดยเลือกใช้เกณฑ์ของ Athanasopoulos & Pelekis (2000) โดยการวัดขนาดความเร่งการตัดสินใจ

## ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ประเมินระดับการตัดสินใจที่ส่งผลต่อผู้ปฏิบัติงาน ณ ด้านเก็บค่าผ่านทาง
2. เป็นข้อมูลที่ใช้ประกอบการบริหารจัดการบุคลากรที่ปฏิบัติงาน ณ ด้านเก็บค่าผ่านทาง
3. เป็นข้อมูลที่ใช้ประกอบการวางแผนการติดตั้งหรือการจัดวางอุปกรณ์ สิ่งปลูกสร้างหรือโครงสร้างพื้นฐานของทางพิเศษยกระดับ เช่น การจัดวางตำแหน่งที่ตั้งตู้ชำระค่าผ่านทาง เป็นต้น

## บทที่ 2

### ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### การรับรู้การสั่นสะเทือนของบุคคล

การสั่นสะเทือนที่ส่งผลกระทบต่อระดับการรับรู้ของบุคคลมีอยู่หลายปัจจัยด้วยกัน เช่น ลักษณะท่าทางของร่างกาย และลักษณะของการสั่นสะเทือน เช่น การสั่นสะเทือนแบบชั่วคราว หรือการสั่นสะเทือนแบบคงที่ ขนาดของความเร็ว ความเร่ง การสั่นสะเทือน

#### คุณสมบัติพื้นฐานทางพลศาสตร์โครงสร้างทางพิเศษระดับ

การเคลื่อนที่ของยานพาหนะบนทางด่วนพิเศษระดับก่อให้เกิดแรงสั่นสะเทือน โดยความถี่ของการสั่นสะเทือนประกอบด้วย ความถี่กับแอมพลิจูด โดยโครงสร้างมีความถี่ของตัวโครงสร้างเอง เรียกว่า ความถี่ธรรมชาติ ในกรณีที่ความถี่ของแรงกระทำภายนอกมากกว่าตัวโครงสร้าง มีความถี่ใกล้เคียงกับความถี่ธรรมชาติของโครงสร้าง การสั่นสะเทือนจะมีความรุนแรงมากขึ้น เรียกว่า การสั่นพ้อง (Resonance) ทำให้ส่งผลกระทบต่อระดับการรับรู้การสั่นสะเทือนของบุคคล บริเวณด้านเก็บค่าผ่านทางชัดเจนมากขึ้น

ความถี่ธรรมชาติ (Natural frequency) คือ ความถี่ของการสั่นของโครงสร้างทางพิเศษระดับ ซึ่งเกิดขึ้นจากการให้พลังงานกับโครงสร้างทางพิเศษระดับ พลังงานนั้นเกิดจากการเคลื่อนที่ของยานพาหนะ ทำให้เกิดการสั่นของโครงสร้างทางพิเศษระดับ เรียกว่า ความถี่ธรรมชาติ

การสั่นพ้อง (Resonance) คือ ปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น เมื่อใส่พลังงานให้กับโครงสร้างทางพิเศษระดับ ทำให้โครงสร้างสั่นด้วยความถี่ธรรมชาติ ถ้าความถี่ของพลังงานที่ให้แก่โครงสร้าง มีความถี่เท่ากับความถี่ของการสั่นตามธรรมชาติของโครงสร้างนั้น เป็นผลทำให้โครงสร้างนั้นรับพลังงานเข้าไปได้ดีที่สุด จึงทำให้โครงสร้างสั่นด้วยแอมพลิจูดที่มากขึ้น การสั่นมีความรุนแรงมากขึ้น

##### 1. พื้นฐานเบื้องต้นของการสั่นสะเทือน

การสั่นสะเทือน (Vibration) หมายถึง การเคลื่อนที่ของโครงสร้างทางพิเศษระดับ ในลักษณะที่เป็นรูปคลื่นของการแกว่งไปมา หรือ Oscillatory motion การเคลื่อนไหวนี้มีจังหวะและทิศทางสม่ำเสมอ การสั่นสะเทือนที่ซับซ้อนมีหลายจังหวะและหลายทิศทาง

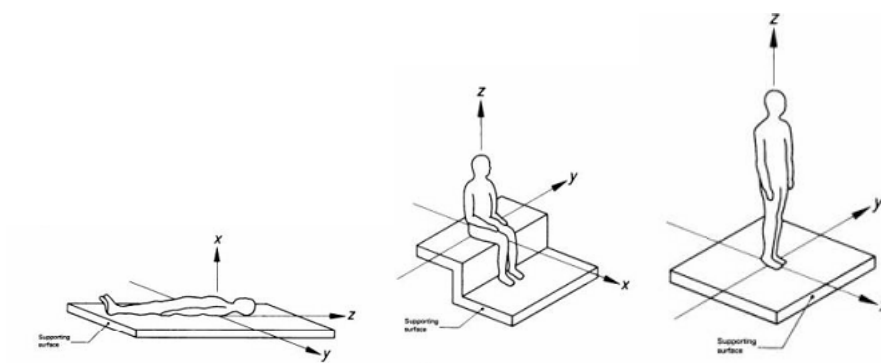
## 2. การเกิดการสั่นสะเทือน

ลักษณะของการเกิดการสั่นสะเทือนแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ การสั่นสะเทือนอิสระ (Free vibration) และการสั่นสะเทือนบังคับ (Forced vibration)

การสั่นสะเทือนอิสระ เกิดจากการเปลี่ยนระยะกระจัดเริ่มต้น และ/ หรือการเปลี่ยนความเร็วเริ่มต้น เช่น การเปลี่ยนตำแหน่งของลูกตุ้มนาฬิกาที่เดิมอยู่นิ่งในแนวดิ่ง เป็นต้น

การสั่นสะเทือนบังคับ เป็นลักษณะของการสั่นสะเทือนที่เราพบโดยทั่วไปในโครงสร้างทางพิเศษยกระดับ การสั่นสะเทือนประเภทนี้เกิดจากการป้อนแรงหรือพลังงานอย่างต่อเนื่อง

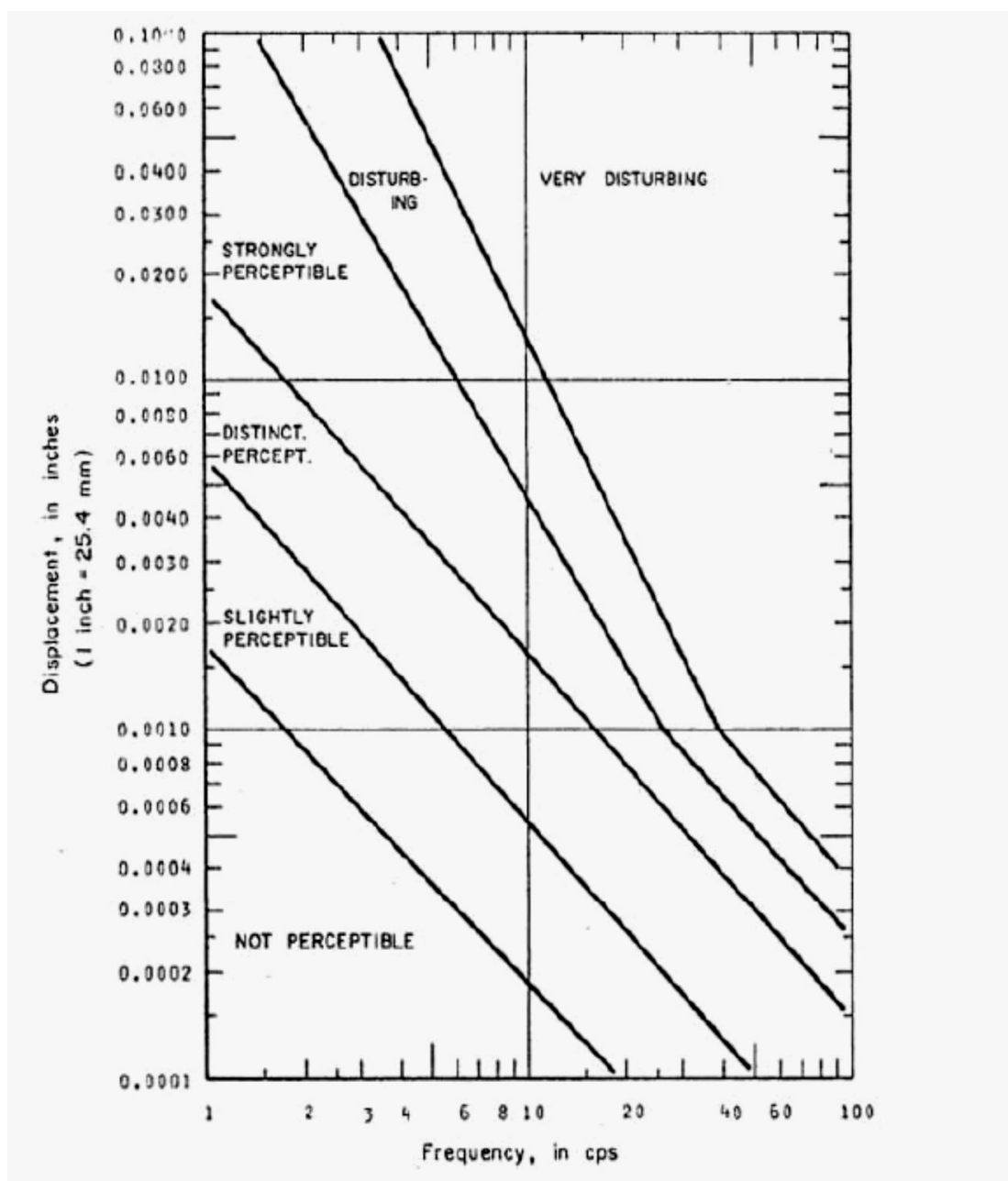
ทิศทางของการสั่นสะเทือนของวัตถุใด ๆ สามารถเกิดขึ้นในทิศทางต่าง ๆ ได้อย่างน้อยหนึ่งทิศทางหรือมากกว่าหลาย ๆ ทิศทางพร้อมกันได้แก่แกนการเคลื่อนที่หรือโคออร์ดิเนต (Coordinate) จึงใช้ในการกำหนดทิศทางของการสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้น ซึ่งประกอบด้วยทิศทางแบบเชิงเส้น 3 ทิศ ได้แก่ ทิศตามแกน  $x$ ,  $y$  และ  $z$  ดังภาพที่ 2-1



ภาพที่ 2-1 การสั่นสะเทือนในแนวแกนอ้างอิงต่าง ๆ ของร่างกายในท่านอน นิ่งและยืน (อิสศยา ดำรงเกียรติสกุล, 2547)

## งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

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



ภาพที่ 2-2 การรับรู้ต่อการสั่นสะเทือนในแนวตั้งของมนุษย์



Wiffin and Leonard (1971) ได้ทำการสำรวจผลกระทบต่อมนุษย์และโครงสร้างอาคาร เนื่องจากความสั่นสะเทือน โดยสำรวจจากค่าความเร็วอนุภาคสูงสุด ดังตารางที่ 2-1

ตารางที่ 2-1 ผลกระทบเนื่องจากความสั่นสะเทือนที่มีต่อคนและอาคารสิ่งปลูกสร้าง

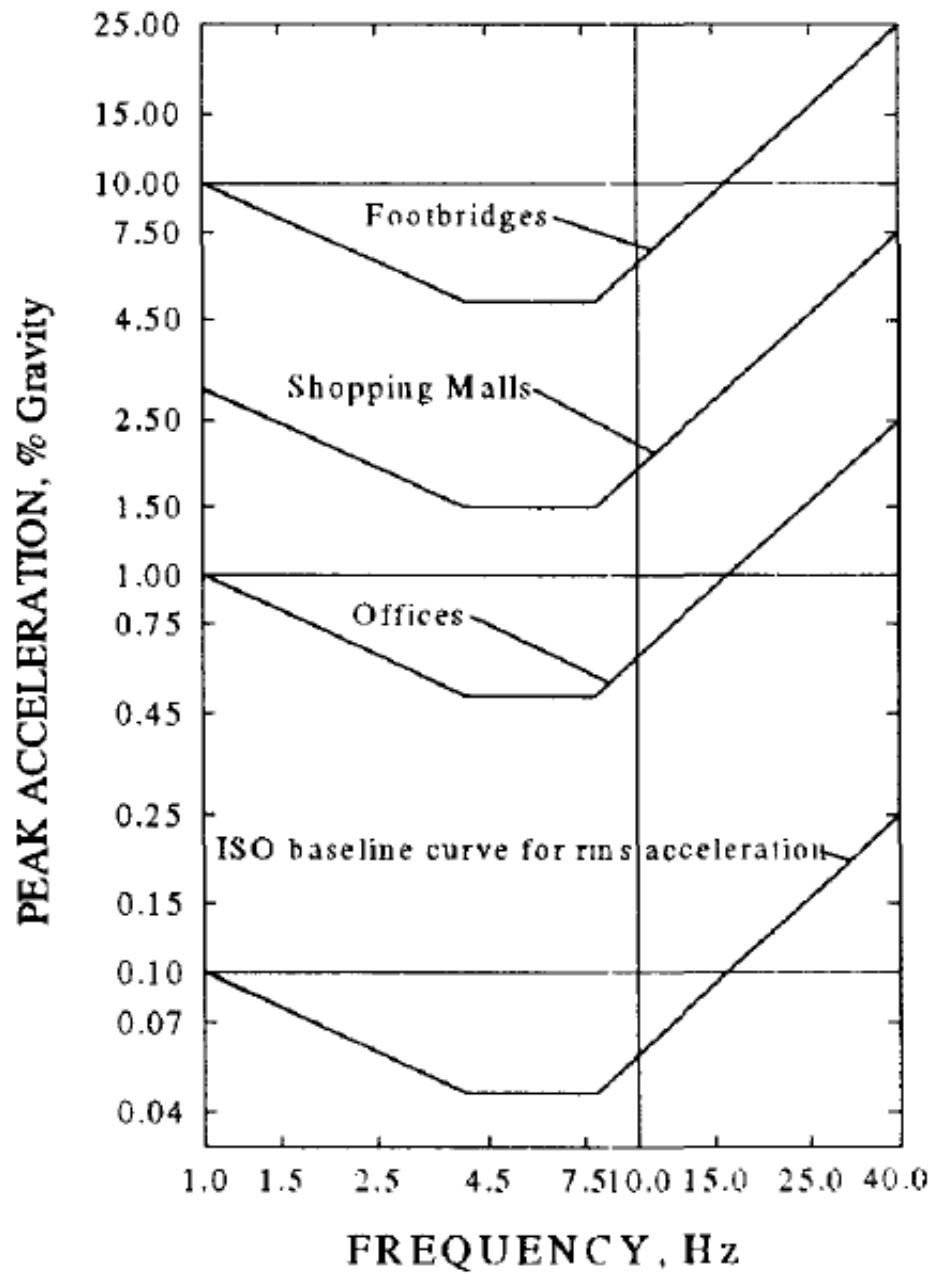
ความเร็วอนุภาคสูงสุด มิลลิเมตร/ วินาที (นิ้ว/ วินาที)	ผลกระทบต่อมนุษย์	ผลกระทบต่อโครงสร้างอาคาร
0-0.15 (0-0.006)	ไม่สามารถรับความรู้สึกได้	ไม่ส่งผลกระทบ/ ความเสียหายต่อ โครงสร้างทุกประเภท
0.15-0.3 (0.006-0.012)	ระดับที่เป็นไปได้ที่จะรับรู้	ไม่ส่งผลกระทบ/ ความเสียหายต่อ โครงสร้างทุกประเภท
2.0 (0.079)	รู้สึกได้ถึงความสั่นสะเทือน	ระดับที่สูงขึ้นของความสั่นสะเทือน จะส่งผลต่อการทำลาย หรือสร้าง ความเสียหายต่อโบราณสถาน
2.5 (0.098)	ถ้าความสั่นสะเทือนเป็นไป อย่างต่อเนื่องจะรู้สึกรำคาญ	ไม่เสี่ยงต่อความเสียหายที่จะเกิด ขึ้นกับอาคารทั่วไป หรือโครงสร้าง ทางสถาปัตยกรรม
5.0 (0.197)	ความสั่นสะเทือนรบกวนต่อ คนที่อยู่อาศัยในอาคาร (สอดคล้องกับระดับที่ส่งผล กระทบต่อคนที่อยู่สะพาน และได้รับในช่วงเวลาสั้น ๆ)	ระดับที่จะส่งผลทำให้เกิดความ เสียหายต่อโครงสร้างทาง สถาปัตยกรรมบ้านเรือนทั่วไปที่มี ผนังและเพดานเป็นแบบ Plaster (ส่วนผสมที่มีปูน ทราย น้ำ และ ใยต่าง ๆ) ในกรณีที่เป็นผนัง/ ฝ้า เพดาน แบบยัดหญุนจะได้รับ ความเสียหายเพียงเล็กน้อย
10-15 (0.394-0.591)	คนจะรู้สึกไม่พอใจถ้าเกิด แรงสั่นสะเทือนอย่างต่อเนื่อง และคนที่เดินบนสะพานจะไม่ สามารถยอมรับได้	ระดับความสั่นสะเทือนที่สูงกว่า การจราจรปกติซึ่งจะทำให้เกิด ความเสียหายต่อโครงสร้าง ทางสถาปัตยกรรม และสร้าง ความเสียหายต่อโครงสร้าง บ้านเรือนเล็กน้อย

เกณฑ์มาตรฐานการสั่นสะเทือนที่อาจก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพของมนุษย์ โดยกระทรวงโลหะวัสดุและวิศวกรรมของรัสเซีย ซึ่งพบว่าระดับการรับรู้จะขึ้นอยู่กับความถี่ ในการสั่นสะเทือนด้วย ดังตาราง 2-2

ตารางที่ 2-2 มาตรฐานกำหนดระดับความสั่นสะเทือนที่ก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพของมนุษย์ และการรับรู้ของกระทรวงโลหะวัสดุและวิศวกรรมเคมี ประเทศรัสเซีย

ผลของความสั่นสะเทือนต่อมนุษย์	ความถี่ 1-10 Hz	ความถี่ 10-100 Hz
	ความเร่ง (Acceleration) (มิลลิเมตร/วินาที <sup>2</sup> )	ความเร็ว (Velocity) (มิลลิเมตร/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 Standards (ISO), (1989) สำหรับการสั่นสะเทือนในรูปแบบของค่าความเร่งสูงสุด (Peak acceleration) สำหรับการยืน นั่ง หรือนอน โดยพิจารณาความเร่งในลักษณะค่ายกกำลังสองเฉลี่ย (Root mean square, RMS) และพบว่าระดับความเร่งการสั่นสะเทือนที่ยอมรับได้จะแตกต่างกันตามประเภทของอาคาร ดังภาพที่ 2-3



ภาพที่ 2-3 เณฑ์ระดับการรับรู้ความสั่นสะเทือนต่อบุคคลโดย ISO สมาคมนักสุขศาสตร์  
 อุตสาหกรรมแห่งสหรัฐอเมริกา (American conference governmental)  
 (Murray and Thomas, 1997)

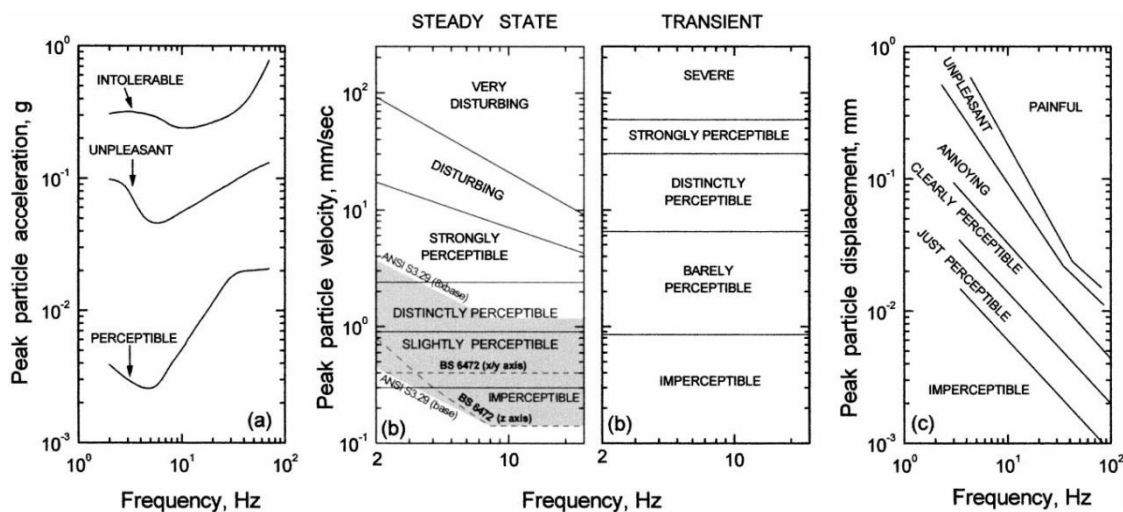
Mechanical Vibration and Shock–Evaluation of Human Exposure to Whole-Body Vibration ISO 2631: 1997 (1997) ได้ทำการแบ่งระดับการสั่นสะเทือนที่มีผลกระทบต่อบุคคลโดยพิจารณาจากระดับความแรงในการสั่นสะเทือน ดังตารางที่ 2-3

ตารางที่ 2-3 ระดับการสั่นสะเทือนและผลกระทบต่อความรู้สึกไม่สบายของคน ISO 2631-1: 1997

Annex C

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

Athanasopoulos and Pelekis (2000) รวบรวมเกณฑ์มาตรฐานระดับการรับรู้ของบุคคล เนื่องจากการสั่นสะเทือนที่มีอยู่ในอดีต ที่มีการพิจารณาค่าระดับการรับรู้การสั่นสะเทือน ในแบบต่าง ๆ ได้แก่ พิจารณาจากค่าความเร่งอนุภาคสูงสุด (Peak particle acceleration) Gierke & Goldman (1988) ดังกราฟรูปซ้ายมือ พิจารณาค่าความเร็วอนุภาคสูงสุด (Peak particle velocity) Wiss (1981) ซึ่งแบ่งประเภทของการสั่นไหวเป็น 2 แบบ ได้แก่ การสั่นไหวแบบสภาวะคงที่ (Steady state) การสั่นไหวแบบชั่วขณะ (Transient) ซึ่งกรณีการสั่นไหวแบบชั่วขณะ บุคคลสามารถยอมรับระดับการสั่นสะเทือนได้สูงกว่ากรณีที่การสั่นสะเทือนเป็นไปอย่างต่อเนื่องดังกราฟรูปกลาง และพิจารณาจากค่าการโก่งตัวของโครงสร้าง Skipp (1997) ดังภาพที่ 2-4 ทางด้านขวามือ การใช้เซนเซอร์ตรวจวัดค่าประเภทต่าง ๆ นั้น ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของสถานที่ในการติดตั้ง และความสะดวกในการใช้งาน ดังภาพที่ 2-4



ภาพที่ 2-4 เกณฑ์มาตรฐานการรับรู้การสั่นสะเทือน (Athanasopoulos & Pelekis, 2000)

จากงานวิจัยในอดีตพบว่า การวัดค่าการสั่นสะเทือนของโครงสร้างพิเศษระดับด้วยความเร่งการสั่นสะเทือน มีเกณฑ์มาตรฐานที่สอดคล้องกับงานวิจัย ดังนี้

1. เกณฑ์มาตรฐานการสั่นสะเทือนที่อาจก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพของมนุษย์ แบ่งระดับการรับรู้การสั่นสะเทือนออกเป็น 6 ระดับ ตามความถี่การสั่นสะเทือน แต่การวัดระดับการรับรู้การสั่นสะเทือนด้วยความเร่งการสั่นสะเทือนนั้น ความถี่ต้องอยู่ในช่วง 1-10 Hz เท่านั้น
2. International Organization for Standards (ISO), (1989) เป็นการวัดการรับรู้การสั่นสะเทือนด้วยการวัดความเร่งการสั่นสะเทือน ในอริยาบถต่าง ๆ เช่น ยืน นอน นั่ง แต่เกณฑ์มาตรฐานนี้ได้แบ่งประเภทของโครงสร้างเอาไว้ ซึ่งไม่มีโครงสร้างทางพิเศษระดับที่ทำการศึกษา รวมอยู่ด้วย
3. Mechanical Vibration and Shock–Evaluation of Human Exposure to Whole-Body Vibration ISO 2631: 1997 (1997) เป็นการวัดการรับรู้การสั่นสะเทือนด้วยการวัดความเร่งการสั่นสะเทือน เป็นการสั่นสะเทือนเนื่องจากเครื่องจักร
4. Athanasopoulos and Pelekis (2000) มีการรวบรวมเกณฑ์มาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับการวัดการรับรู้การสั่นสะเทือน โดยวัดการรับรู้การสั่นสะเทือนได้จากทั้ง ระยะการแอ่นตัวของโครงสร้าง ความเร็วการสั่นสะเทือนของโครงสร้างและความเร่งการสั่นสะเทือนของโครงสร้าง จึงเลือกใช้เกณฑ์มาตรฐานในส่วนของการวัดความเร่งการสั่นสะเทือนของโครงสร้าง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัย อีกทั้งยังเป็นเกณฑ์ที่ได้มาตรฐานสากลโลก อีกทั้งยังเป็นที่ยอมรับอย่างแพร่หลายอีกด้วย

## บทที่ 3

### วิธีการศึกษา

#### บทนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงวิธีการศึกษาผลกระทบความสั่นสะเทือนต่อบุคลากรของทางพิเศษยกระดับ เนื่องจากการสัญจรของยานพาหนะบริเวณสถานีชำระค่าผ่านทาง โดยแบ่งการศึกษาออกเป็น 2 ส่วน คือ

1. การวัดขนาดความเร่งการสั่นสะเทือนของโครงสร้าง โดยใช้หัววัดขนาดความเร่ง (Acceleration transducer) โดยติดตั้งหัววัดขนาดความเร่งที่บริเวณตู้เก็บค่าผ่านทาง ในช่องบริการสำหรับยานพาหนะ 4-22 ล้อ และช่องบริการสำหรับยานพาหนะ 4 ล้อ มีตำแหน่งติดตั้งที่บนผิวจราจรและบนเกาะคอนกรีตสำหรับตู้เก็บค่าผ่านทาง

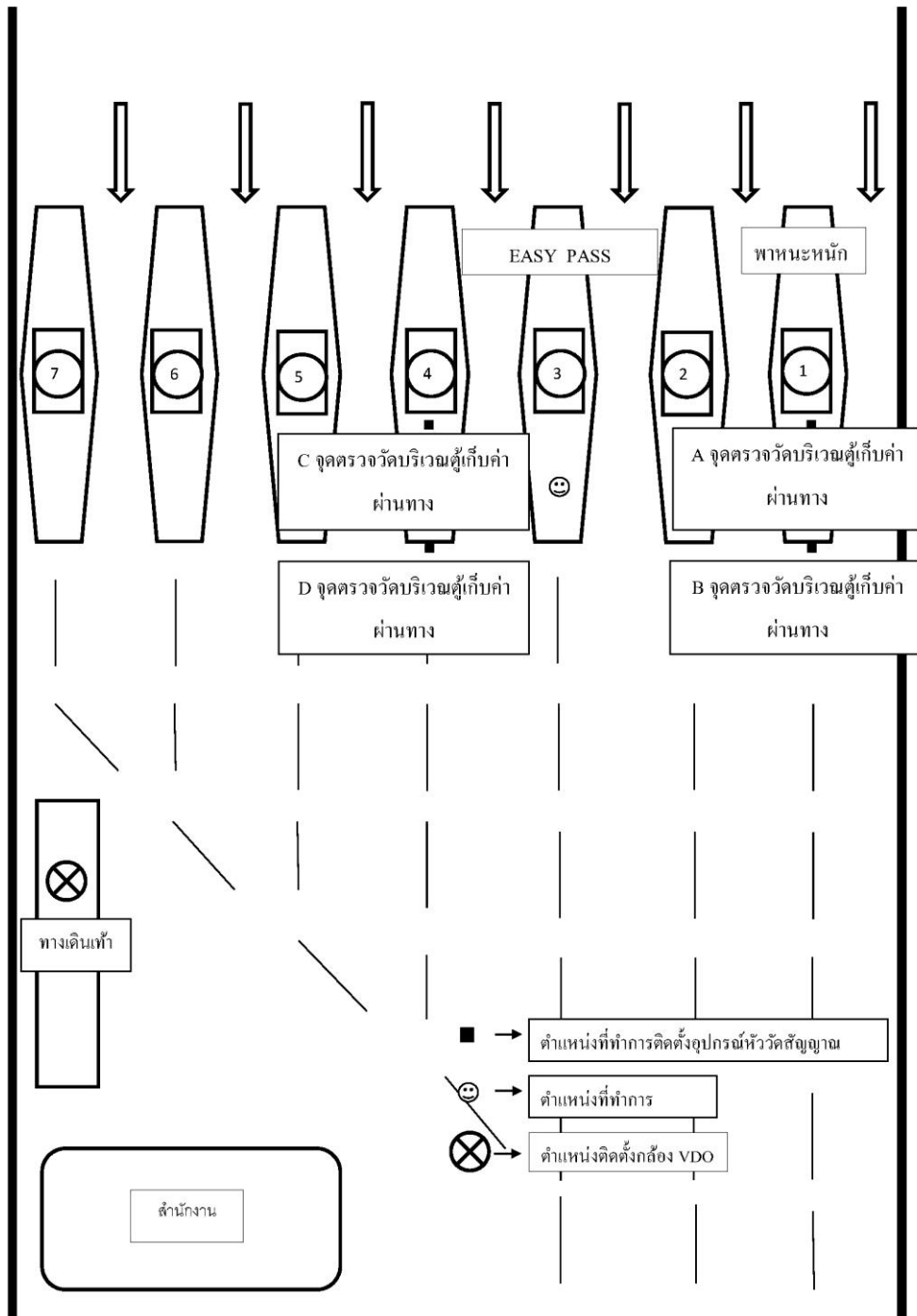
2. การสำรวจระดับการรับรู้การสั่นสะเทือนที่ส่งผลต่อบุคคลด้วยเกณฑ์การสัมภาษณ์ เพื่อให้ทราบถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นกับบุคคลบริเวณด่านเก็บค่าผ่านทาง ว่ามีผลกระทบมากน้อยเพียงใด โดยแบ่งเกณฑ์การรับรู้การสั่นสะเทือนออกเป็น 4 ระดับ คือ ไม่รู้สึก รู้สึกได้ รู้สึกไม่พอใจ รู้สึกจนทนไม่ได้ โดยเป็นการสัมภาษณ์ในลักษณะที่ผู้ถูกสัมภาษณ์หันหลังให้ยานพาหนะที่ผ่านไป เพื่อไม่ให้เกิดข้อขัดแย้งกันระหว่างระดับการรับรู้ที่เกิดขึ้นกับประเภทยานพาหนะ

#### พื้นที่การศึกษา

ทำการตรวจวัดขนาดความเร่งการสั่นสะเทือนและการสำรวจข้อมูลระดับการรับรู้ด้วยการสัมภาษณ์ ณ ด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษยกระดับบูรพาวิถี ด่านชลบุรีขาออก โดยโครงสร้างทางพิเศษยกระดับ เป็นโครงสร้างประเภทคานคอนกรีตอัดแรงรูปกล่องชิ้นส่วนสำเร็จ (Prestressed segmental box girder) ตั้งอยู่ที่ ตำบลคลองตำหรุ อำเภอเมืองชลบุรี 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



ภาพที่ 3-2 ตำแหน่งการติดตั้งอุปกรณ์



การวัดขนาดความเร่งการสั่นสะเทือนของโครงสร้าง โดยใช้หัววัดค่าความเร่ง (Acceleration transducer) ต่อเข้ากับ โมดูลแปลงสัญญาณวงจรแบบบริดจ์ (Bridge signal module) เชื่อมต่อเข้ากับเครื่องรวมความถี่สูงและส่งต่อเข้าไปยังคอมพิวเตอร์เพื่อบันทึกข้อมูล โดยจะติดตั้งหัววัดค่าความเร่งที่บริเวณตู้เก็บค่าผ่านทาง ทั้งบนผิวจราจรและบนเกาะคอนกรีตสำหรับติดตั้งตู้เก็บค่าผ่านทาง ทำการตรวจวัดขนาดความเร่งในช่องบริการที่ 1 คือ ช่องบริการสำหรับยานพาหนะ 4-22 ล้อ ใช้เวลาในการตรวจวัดขนาดความเร่งการสั่นสะเทือนทั้งหมด 4 ชั่วโมง ช่องบริการ 3 คือ ช่องบริการแบบ Easy pass สำหรับยานพาหนะ 4 ล้อ ใช้เวลาในการตรวจวัดขนาดความเร่งการสั่นสะเทือนทั้งหมด 1 ชั่วโมง และช่องบริการที่ 5 คือ ช่องบริการสำหรับยานพาหนะ 4 ล้อ ใช้เวลาในการตรวจวัดขนาดความเร่งการสั่นสะเทือนทั้งหมด 1 ชั่วโมง แสดงตำแหน่งการติดตั้งหัววัดขนาดความเร่ง (Acceleration transducer) ดังภาพที่ 3-2

## อุปกรณ์

1. หัววัดขนาดความเร่ง (Acceleration transducer) เป็นเครื่องมือสำหรับการวัดขนาดความเร่งการสั่นสะเทือนของ โครงสร้างทางพิเศษยกระดับ ดังภาพที่ 3-3



ภาพที่ 3-3 หัววัดขนาดความเร่ง (Acceleration transducer)

2. โมดูลแปลงสัญญาณวงจรแบบบริดจ์ (Bridge signal module) วัดสัญญาณจาก  
หัวขนาดความเร่งซึ่งเป็นวงจรแบบบริดจ์แล้วแปลงสัญญาณให้เป็นศักย์ไฟฟ้า ดังภาพที่ 3-4



ภาพที่ 3-4 โมดูลแปลงสัญญาณวงจรแบบบริดจ์ (Bridge signal module)

3. เครื่องรวมสัญญาณความถี่สูงแบบหลายช่องสัญญาณ (High frequency multi-channel  
data acquisition unit) เพื่อรวมสัญญาณที่ตรวจวัดได้จากหัววัดต่าง ๆ หลายช่องสัญญาณให้เป็น  
ข้อมูลชุดเดียวกัน เพื่อบันทึกข้อมูลในคอมพิวเตอร์ ดังภาพที่ 3-5



ภาพที่ 3-5 เครื่องรวมสัญญาณความถี่สูงแบบหลายช่องสัญญาณ  
(High frequency multi-channel data acquisition unit)

4. คอมพิวเตอร์ (Computer) บันทึกข้อมูลความเร่งการสิ้นสะท้อน ดังภาพที่ 3-6



ภาพที่ 3-6 คอมพิวเตอร์ (Computer)

5. สายสัญญาณแบบ RJ-45 และ RJ-50 (RJ-45, RJ-50 cables) เป็นตัวส่งสัญญาณจากหัววัดความเร่งส่งมาที่โมดูลแปลงสัญญาณวงจรแบบบริดจ์และส่งมาบันทึกที่คอมพิวเตอร์ ดังภาพที่ 3-7



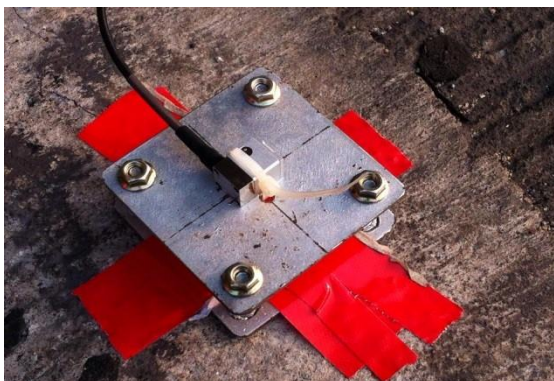
ภาพที่ 3-7 สายสัญญาณแบบ RJ-45 และ RJ-50 (RJ-45, RJ-50 cables)

6. เครื่องสำรองไฟ (Power supply) สำหรับจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับอุปกรณ์ต่าง ๆ ในกรณีที่เกิดกระแสไฟฟ้าเกิดขัดข้อง 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)

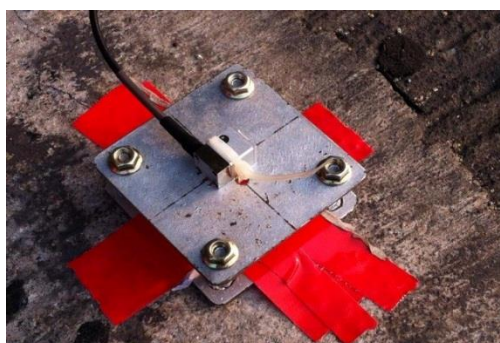
## 8. กล้องวิดีโอ (VDO camera )



ภาพที่ 3-10 กล้องวิดีโอ (VDO camera )

### การติดตั้งอุปกรณ์

1. นำหัววัดขนาดความเร่ง (Acceleration transducer) ติดเข้ากับแป้นติดตั้งหัววัดความเร่ง (Acceleration transducer mounting pad) จากนั้นนำไปติดตั้งที่ช่องบริการที่ 1 ที่เป็นช่องสำหรับยานพาหนะหนัก ช่องบริการที่ 3 เป็นช่องบริการ Easy pass และช่องบริการที่ 5 เป็นช่องบริการยานพาหนะ 4 ล้อ แบบปกติ โดยในทุกช่องจะติดตั้งหัววัดขนาดความเร่งที่บริเวณตู้เก็บค่าผ่านทางและผิวจราจร



ภาพที่ 3-11 ติดหัววัดขนาดความเร่งติดเข้ากับแป้นติดตั้ง

2. จากนั้นนำหัววัดขนาดความเร่ง (Acceleration transducer) เชื่อมต่อตัวแปลงสายสัญญาณดังภาพที่ 3-12 และต่อเข้ากับ โมดูลแปลงสัญญาณวงจรแบบบริดจ์ (Bridge signal module) และเชื่อมต่อเข้ากับเครื่องรวมสัญญาณความถี่สูงแบบหลายช่องสัญญาณ (High frequency multi-channel data acquisition unit) ดังภาพที่ 3-13

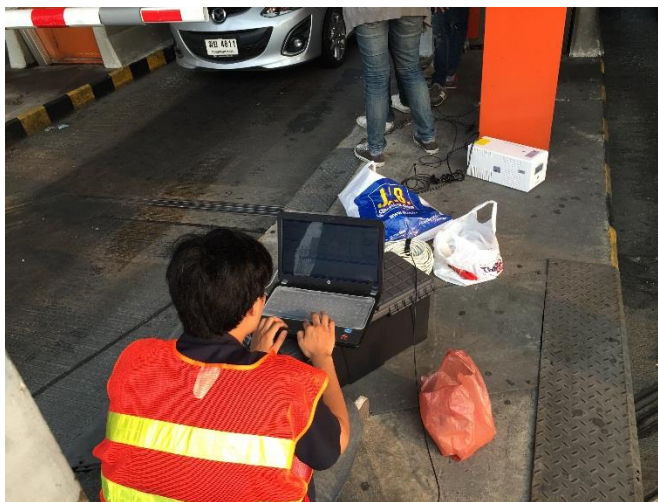


ภาพที่ 3-12 ตัวแปลงสายสัญญาณ



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 มุมกล้องที่ได้จากกล้องวิดีโอ

### การสัมภาษณ์ระดับการรับรู้การสิ้นสะท้อน

เพื่อให้ทราบถึงผล กระทบที่เกิดขึ้นว่ามีมากน้อยเพียงใด จึงใช้เกณฑ์การสัมภาษณ์ระดับการรับรู้การสิ้นสะท้อน โดยแบบสัมภาษณ์จะประกอบด้วย 2 ส่วน คือ 1) ข้อมูลทั่วไปของผู้ถูกสัมภาษณ์ ได้แก่ เพศ ช่วงอายุ ประสบการณ์การทำงาน โรคประจำตัว 2) การบันทึกระดับการรับรู้และเวลา โดยแบ่งเกณฑ์การรับรู้ออกเป็น 4 ระดับ คือ 1) ไม่รู้สึก (Imperceptible) 2) เริ่มรู้สึกได้ (Barely perceptible) 3) รู้สึกได้อย่างชัดเจน (Distinctly perceptible) 4) รู้สึกไม่พอใจ (Unpleasant) ผู้ถูกสัมภาษณ์เป็นนิสิตปริญญาตรี มหาวิทยาลัยบูรพา เพื่อไม่ให้กระทบกับการทำงานของเจ้าหน้าที่ ให้ผู้ถูกสัมภาษณ์ยืนบนเกาะบริเวณตู้เก็บค่าผ่านทางและหันหลังให้กับยานพาหนะที่เคลื่อนที่เข้ามายังช่องเก็บค่าผ่านทาง 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 ล้อ แบบ Easy pass จุดที่ 3 ช่องบริการที่ 5 ยานพาหนะ 4 ล้อ แบบปกติ และจุดที่ 4 บริเวณทางเดินเท้าสำหรับไปยังอาคารควบคุมและห้องสุขา





## ปัจจัยการศึกษา

### 1. ปัจจัยของปริมาณยานพาหนะ

เนื่องจากในช่วงเช้าจะมีปริมาณยานพาหนะที่มากกว่าช่วงบ่าย โดยปริมาณยานพาหนะในช่วงเช้าเท่ากับ 1,700 คันต่อชั่วโมง และช่วงบ่ายมีปริมาณยานพาหนะเท่ากับ 1,440 คันต่อชั่วโมง ทำให้เกิดแถวคอยขึ้นบริเวณหน้าด่านเก็บค่าผ่านทาง เพื่อรอเข้าจ่ายเงินค่าบริการ เมื่อเกิดแถวคอยทำให้ยานพาหนะอยู่ในสภาพหยุดนิ่งและคอย ๆ เคลื่อนที่เข้าช่องบริการแรงเฉื่อย เนื่องจาก การเบรกจึงไม่รุนแรงเท่ากับช่วงที่มีปริมาณยานพาหนะน้อย ที่ยานพาหนะมีความเร็วสูงก่อนเข้าช่องบริการ จึงเกิดแรงเฉื่อยเนื่องจากการเบรกที่รุนแรงกว่า

ทำการตรวจวัดขนาดความเร่งการสั่นสะเทือนในช่วงเวลาที่มีปริมาณยานพาหนะมาก กับช่วงที่มีปริมาณยานพาหนะน้อย โดยทำการติดตั้งหัววัดขนาดความเร่ง การสั่นสะเทือนในจุดตรวจวัดบริเวณตู้เก็บค่าผ่านทาง และจุดตรวจวัดบริเวณผิวจราจรในช่องบริการที่ 1 ซึ่งเป็นช่องบริการสำหรับยานพาหนะตั้งแต่ 4 ล้อขึ้นไป แต่ในกรณีนี้จะสนใจเฉพาะยานพาหนะ 6 ล้อ 8 ล้อ 10 ล้อ 12 ล้อ 18 ล้อ 22 ล้อ และเปรียบเทียบระดับการสั่นสะเทือนในยานพาหนะประเภทเดียวกัน แต่เป็นช่วงเวลาต่างกัน

### 2. ปัจจัยของประเภทยานพาหนะ

เนื่องจากน้ำหนักบรรทุกทุกที่มีมากจะทำให้เกิดการสั่นสะเทือน เมื่อทำการเบรกเพื่อเข้าช่องบริการเก็บค่าผ่านทาง และการสั่นสะเทือนจะมีความรุนแรงมากขึ้นตามน้ำหนักบรรทุกทุกที่เพิ่มขึ้น ทำการตรวจวัดขนาดความเร่งการสั่นสะเทือนจะสนใจเฉพาะยานพาหนะตั้งแต่ 6 ล้อ 8 ล้อ 10 ล้อ 12 ล้อ 18 ล้อ 22 ล้อ และตรวจวัดขนาดความเร่งการสั่นสะเทือนในช่วงเวลาเดียวกันมาเปรียบเทียบกัน ระหว่างยานพาหนะประเภทต่าง ๆ

### 3. ปัจจัยของเกาะบริเวณตู้เก็บค่าผ่านทาง

เนื่องจากเกาะบริเวณตู้เก็บค่าผ่านทางถูกสร้างด้วยคอนกรีตสูง 15 เซนติเมตร ซึ่งจะทำให้ความรุนแรงการสั่นสะเทือนสามารถลดลงได้ ทำการตรวจวัดขนาดความเร่งการสั่นสะเทือนระหว่างจุดตรวจวัดบริเวณตู้เก็บค่าผ่านทาง ซึ่งตั้งอยู่บนเกาะคอนกรีต และจุดตรวจวัดบริเวณผิวจราจร โดยข้อมูลที่ได้จะเป็นข้อมูลชุดเดียวกัน แตกต่างกันที่จุดติดตั้งหัววัดค่าความเร่งการสั่นสะเทือน และนำข้อมูลแต่ละชุดมาเปรียบเทียบระดับการรับรู้การสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้น

### 4. ปัจจัยของประเภทช่องบริการ

เนื่องจากช่องบริการแบบ Easy pass นั้นไม่มีความจำเป็นจะต้องหยุดยานพาหนะ เพื่อจ่ายค่าผ่านทาง เพียงแต่ทำการชะลอความเร็วเท่านั้นทำให้การสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นอยู่ในระดับที่ไม่รุนแรงเท่ากับช่องบริการแบบปกติ ทำการตรวจวัดขนาดความเร่งการสั่นสะเทือนในช่องบริการ

แบบปกติและแบบ Easy pass โดยสนใจยานพาหนะประเภท 4 ล้อเท่านั้น และนำข้อมูลที่ได้มาเปรียบเทียบระดับการรับรู้การสิ้นสะท้อนระหว่างช่องบริการแบบปกติกับแบบ Easy pass

## กรณีศึกษา

### 1. ช่องบริการยานพาหนะขนาดใหญ่

ทำการติดตั้งอุปกรณ์และตรวจเช็คความพร้อม โดยทำการติดตั้งที่ช่องบริการที่ 1 คิดหัววัดขนาดความเร่งที่บริเวณตู้เก็บค่าผ่านทางและที่ผิวจราจร จากนั้นทำการเก็บข้อมูลขนาดความเร่งการสิ้นสะท้อน พร้อมทั้งทำการสัมภาษณ์ระดับการรับรู้การสิ้นสะท้อนที่ส่งผลกระทบต่อบุคคลพร้อมทั้งบันทึกประเภทยานพาหนะและเวลาในแต่ละเหตุการณ์เป็นเวลา 4 ชั่วโมง แบ่งเป็นช่วงเช้า 2 ชั่วโมง และช่วงบ่าย 2 ชั่วโมง โดยที่สนใจเฉพาะยานพาหนะ 6 ล้อ 8 ล้อ 10 ล้อ 12 ล้อ 18 ล้อ 22 ล้อ เท่านั้น และต้องการจำนวนเหตุการณ์อย่างน้อย 100 เหตุการณ์ จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ระดับการรับรู้การสิ้นสะท้อน โดยจะแบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น 3 ปัจจัย คือ

- 1) ปัจจัยช่วงเวลาที่มียานพาหนะมากและน้อย ในช่วงที่มีปริมาณยานพาหนะมาก คือ ช่วงเช้า มีปริมาณยานพาหนะเท่ากับ 1,700 คันต่อชั่วโมง และช่วงเวลาที่มียานพาหนะน้อย คือ ช่วงบ่ายมีปริมาณยานพาหนะเท่ากับ 1,440 คันต่อชั่วโมง นำข้อมูลที่ได้มาแบ่งตามประเภทยานพาหนะและนำข้อมูลที่ได้มาเปรียบเทียบกับด้วยยานพาหนะประเภทเดียวกัน แต่ช่วงเวลาต่างกัน
- 2) ปัจจัยของประเภทยานพาหนะ นำข้อมูลที่ได้แบ่งตามประเภทยานพาหนะและข้อมูลที่ได้มาเปรียบเทียบกับด้วยยานพาหนะต่างประเภทกัน แต่ช่วงเวลาเดียวกัน
- 3) ปัจจัยของเกาะบริเวณตู้เก็บค่าผ่านทาง นำข้อมูลในเหตุการณ์เดียวกันมาเปรียบเทียบกับ แต่จุดติดตั้งหัววัดขนาดความเร่งต่างกัน

### 2. ช่องบริการยานพาหนะ 4 ล้อ แบบปกติและแบบ Easy pass

ทำการติดตั้งอุปกรณ์และตรวจเช็คความพร้อม โดยทำการติดตั้งที่ช่องบริการที่ 3 เป็นช่องบริการแบบ Easy pass คิดหัววัดขนาดความเร่งที่บริเวณตู้เก็บค่าผ่านทางและที่ผิวจราจร จากนั้นทำการเก็บข้อมูลขนาดความเร่งการสิ้นสะท้อน พร้อมทั้งทำการสัมภาษณ์ระดับการรับรู้การสิ้นสะท้อนที่ส่งผลกระทบต่อบุคคลพร้อมทั้งบันทึกประเภทยานพาหนะและเวลาในแต่ละเหตุการณ์เป็นเวลา 1 ชั่วโมง และต้องการจำนวนเหตุการณ์อย่างน้อย 50 เหตุการณ์ เสร็จแล้วย้ายอุปกรณ์ไปติดตั้งที่ช่องบริการที่ 5 ที่เป็นช่องบริการแบบปกติ จากนั้นทำการเก็บข้อมูลขนาดความเร่งการสิ้นสะท้อน พร้อมทั้งทำการสัมภาษณ์ระดับการรับรู้การสิ้นสะท้อนที่ส่งผลกระทบต่อบุคคลพร้อมทั้งบันทึกประเภทยานพาหนะและเวลาในแต่ละเหตุการณ์ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง โดยที่สนใจเฉพาะยานพาหนะ 4 ล้อ และต้องการจำนวนเหตุการณ์อย่างน้อย 100 เหตุการณ์

จากนั้นนำข้อมูลมาวิเคราะห์ระดับการรับรู้การขนส่งเพื่อนในปัจจัยของประเภทช่องบริการแบบปกติและช่องบริการ Easy pass โดยนำข้อมูลที่ได้ทั้งหมดมาเปรียบเทียบกัน แต่ประเภทช่องบริการต่างกัน

ตารางที่ 3-1 จำนวนกรณีศึกษาทั้งหมด

ช่องบริการ	จุดตรวจวัด	ประเภทยานพาหนะ	ระยะเวลาการเก็บข้อมูล	จำนวนเหตุการณ์
1. ช่องบริการที่ 1 (ยานพาหนะมากกว่า 4 ล้อ)	1. เกาะติดตั้งตู้เก็บค่าผ่านทาง 2. ผิวจราจร	1. 6 ล้อ 2. 8 ล้อ 3. 10 ล้อ 4. 12 ล้อ 5. 18 ล้อ 6. 22 ล้อ	4 ชั่วโมง	ไม่น้อยกว่า 100 คัน
2. ช่องบริการที่ 3 (ช่อง Easy pass สำหรับยานพาหนะ 4 ล้อ)	1. เกาะติดตั้งตู้เก็บค่าผ่านทาง 2. ผิวจราจร	1. 4 ล้อ	1 ชั่วโมง	ไม่น้อยกว่า 50 คัน
3. ช่องบริการที่ 5 (ช่องปกติสำหรับยานพาหนะ 4 ล้อ)	1. เกาะติดตั้งตู้เก็บค่าผ่านทาง 2. ผิวจราจร	1. 4 ล้อ	1 ชั่วโมง	ไม่น้อยกว่า 50 คัน

ตารางที่ 3-2 จำนวนเหตุการณ์ที่ทำการตรวจวัดได้ทั้งหมด

ช่องบริการ	จุดตรวจวัด	ประเภท ยานพาหนะ	ระยะเวลา การเก็บ ข้อมูล	จำนวนเหตุการณ์ที่ ตรวจวัดได้
1. ช่องบริการที่ 1 (ยานพาหนะมากกว่า 4 ล้อ)	1. เกาะติดตั้งตู้ เก็บค่าผ่านทาง 2. ผิวจราจร	1. 6 ล้อ	4 ชั่วโมง	1. 6 ล้อ ได้ 85 คัน
		2. 8 ล้อ		2. 8 ล้อ ได้ 4 คัน
		3. 10 ล้อ		3. 10 ล้อ ได้ 28 คัน
		4. 12 ล้อ		4. 12 ล้อ ได้ 5 คัน
		5. 18 ล้อ		5. 18 ล้อ ได้ 9 คัน
		6. 22 ล้อ		6. 22 ล้อ ได้ 16 คัน
				รวม 147 คัน
2. ช่องบริการที่ 3 (ช่อง Easy Pass สำหรับยานพาหนะ 4 ล้อ)	1. เกาะติดตั้งตู้ เก็บค่าผ่านทาง 2. ผิวจราจร	1. 4 ล้อ	1 ชั่วโมง	160 คัน
3. ช่องบริการที่ 5 (ช่องปกติสำหรับ ยานพาหนะ 4 ล้อ)	1. เกาะติดตั้งตู้ เก็บค่าผ่านทาง 2. ผิวจราจร	1. 4 ล้อ	1 ชั่วโมง	78 คัน

## บทที่ 4

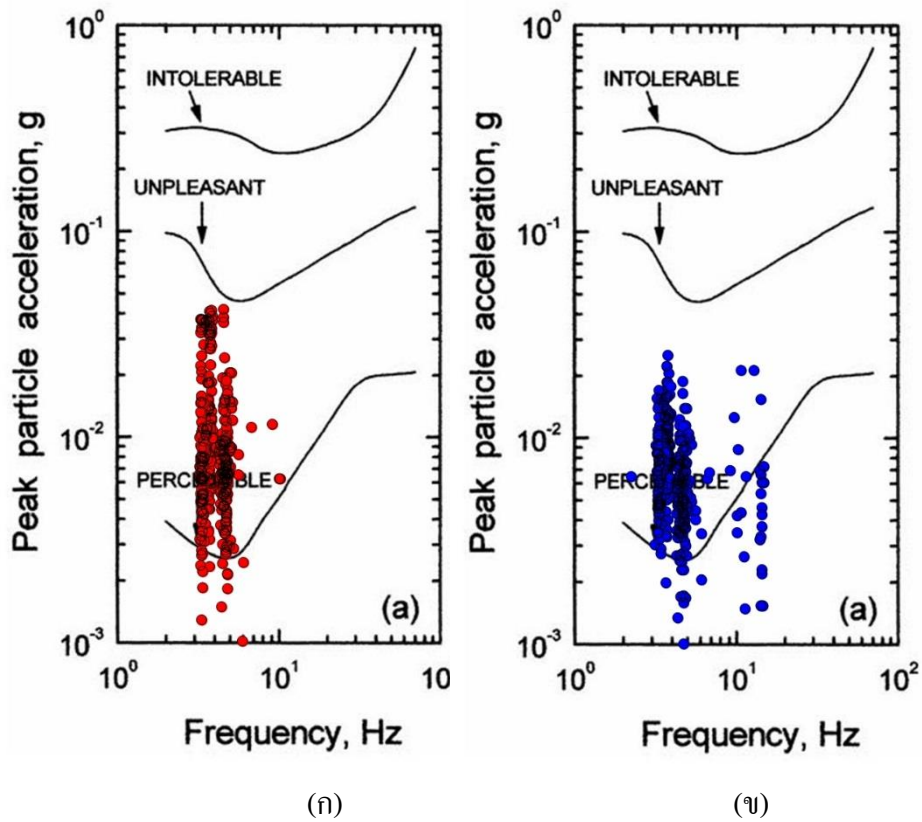
### ผลการศึกษา

จากวิธีการศึกษาในบทที่ 3 ซึ่งได้ทำการเก็บข้อมูลขนาดความเร่ง การสั่นสะเทือนของทางพิเศษยกระดับ เนื่องจากการสัญจรของยานพาหนะในช่องบริการที่ 1, 3 และ 5 โดยติดตั้งหัววัดขนาดความเร่งที่ผิวจราจรและเกาะคอนกรีตของผู้รับชำระค่าผ่านทาง พร้อมทั้งสัมภาษณ์ระดับการรับรู้การสั่นสะเทือนโดยใช้อาสาสมัครเก็บข้อมูล เนื่องจากการสัญจรของยานพาหนะทั้งหมด 385 คัน โดยในบทนี้จะวิเคราะห์และอภิปรายผลการศึกษาและการวิเคราะห์ เพื่อเปรียบเทียบระดับการรับรู้กับเกณฑ์มาตรฐานสากล รวมถึงนำเสนอเกณฑ์ระดับการรับรู้ของโครงสร้างทางยกระดับ โดยมีรายละเอียดดังหัวข้อต่อไปนี้

#### ภาพรวมผลการศึกษา

การศึกษานี้จะทำการตรวจวัดขนาดความเร่งการสั่นสะเทือน เพื่อหาระดับการรับรู้การสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้น เนื่องจากรถยนต์ที่ใช้บริการทางพิเศษบูรพาวิถี บริเวณด่านเก็บค่าผ่านทางขาออกโดยแบ่งจุดตรวจวัดค่าความเร่งการสั่นสะเทือนออกเป็น 2 จุด คือ 1) จุดตรวจวัดบริเวณผิวจราจร แสดงผลดังภาพที่ 4-1 (ก) 2) จุดตรวจวัดบริเวณผู้เก็บค่าผ่านทางซึ่งตั้งอยู่บนเกาะคอนกรีตสูงจากผิวจราจร 15 เซนติเมตร แสดงผลดังภาพที่ 4-1 (ข) และทำการสำรวจค่าระดับการรับรู้การสั่นสะเทือนของบุคคลโดยการสัมภาษณ์ เพื่อให้ทราบถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นจริง

พบว่าระดับการรับรู้การสั่นสะเทือนที่จุดตรวจวัดบริเวณผิวจราจรมีค่าแอมพลิจูดการสั่นสะเทือนในช่วง 0.001-0.04 g และมีค่าความถี่การสั่นสะเทือนในช่วง 3-5 Hz เป็นระดับการรับรู้การสั่นสะเทือนในระดับไม่รู้สึกไปจนถึงรู้สึกได้ โดยมีข้อมูลส่วนใหญ่อยู่ในระดับรู้สึกได้ จุดตรวจวัดบริเวณผู้เก็บค่าผ่านทางจะมีค่าแอมพลิจูดการสั่นสะเทือนในระดับที่ต่ำกว่าจุดตรวจวัดที่ผิวจราจร มีค่าอยู่ในช่วง 0.001-0.03 g และค่าความถี่การสั่นสะเทือนในช่วง 3-15 Hz เป็นระดับการรับรู้การสั่นสะเทือนในระดับไม่รู้สึกไปจนถึงรู้สึกได้ โดยจะมีระดับการรับรู้การสั่นสะเทือนต่ำกว่าจุดตรวจวัดบริเวณผิวจราจรเล็กน้อย



ภาพที่ 4-1 ระดับการรับรู้การสั่นสะเทือนที่ส่งผลต่อบุคคล ณ ด้านเก็บค่าผ่านทาง ภาพ (ก) ตรวจวัดที่ฝัวจราจร ภาพ (ข) ตรวจวัดบริเวณตู้เก็บค่าผ่านทาง

ทำการตรวจวัดขนาดความเร่งการสั่นสะเทือน เนื่องจากการเคลื่อนที่ของยานพาหนะ ตั้งแต่ 4-22 ล้อ โดยได้ข้อมูลยานพาหนะทั้งหมด 385 คัน แสดงปริมาณข้อมูลของยานพาหนะแต่ละประเภทดังตารางที่ 4-1

ระดับการรับรู้การสั่นสะเทือนที่ได้จากการแปลงค่าความเร่งการสั่นสะเทือนจุดตรวจวัด บริเวณฝัวจราจรอยู่ในระดับ 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: การสัมภาษณ์ระดับการรับรู้การสั่นสะเทือนของบุคคลจะพิจารณาเฉพาะบริเวณผู้เก็บค่าผ่านทางเท่านั้น

ตารางที่ 4-2 ร้อยละของระดับการรับรู้ที่ได้จากการตรวจวัดขนาดความเร่งบริเวณผิวจราจรและคูเก็บค่าผ่านทาง

จุดตรวจวัด	ระดับการรับรู้การสั่นสะเทือน	จำนวนระดับการรับรู้ที่ได้จากการแปลงค่าการตรวจวัดขนาดความเร่ง (เหตุการณ์)	ร้อยละของจำนวนระดับการรับรู้ที่ได้จากการแปลงค่าการตรวจวัดขนาดความเร่ง
บริเวณผิวจราจร	ไม่รู้สึกรู้ (Imperceptible)	16	4.16
	รู้สึกได้ (Perceptible)	369	95.84
	รู้สึกไม่พอใจ (Unpleasant)	0	0
	รู้สึกจนทนไม่ได้ (Intolerable)	0	0
บริเวณคูเก็บค่าผ่านทาง	ไม่รู้สึกรู้ (Imperceptible)	34	8.83
	รู้สึกได้ (Perceptible)	351	91.17
	รู้สึกไม่พอใจ (Unpleasant)	0	0
	รู้สึกจนทนไม่ได้ (Intolerable)	0	0



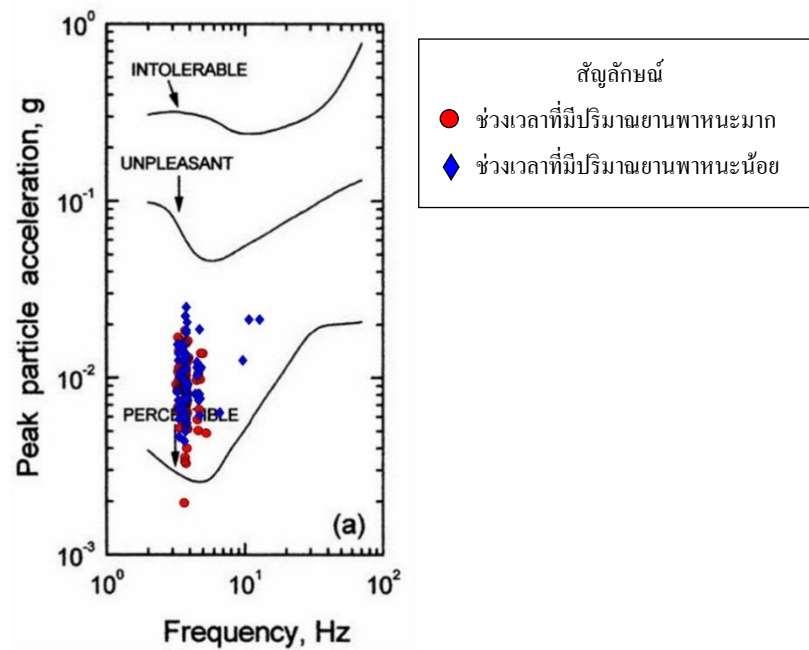
ตารางที่ 4-3 ร้อยละของระดับการรับรู้ที่ได้จากการสัมภาษณ์บริเวณผู้เก็บค่าผ่านทาง

จุดตรวจวัด	ระดับการรับรู้การสิ้นสะท้อน	จำนวนระดับการรับรู้ที่ได้จากการสัมภาษณ์ (เหตุการณ์)	ร้อยละของจำนวนระดับการรับรู้ที่ได้จากการสัมภาษณ์
ผู้เก็บค่าผ่านทาง	ไม่รู้รู้สึก (Imperceptible)	269	69.87
	รู้รู้สึกได้ (Perceptible)	96	24.94
	รู้รู้สึกไม่พอใจ (Unpleasant)	20	5.19
	รู้สึกจนทนไม่ได้ (Intolerable)	0	0

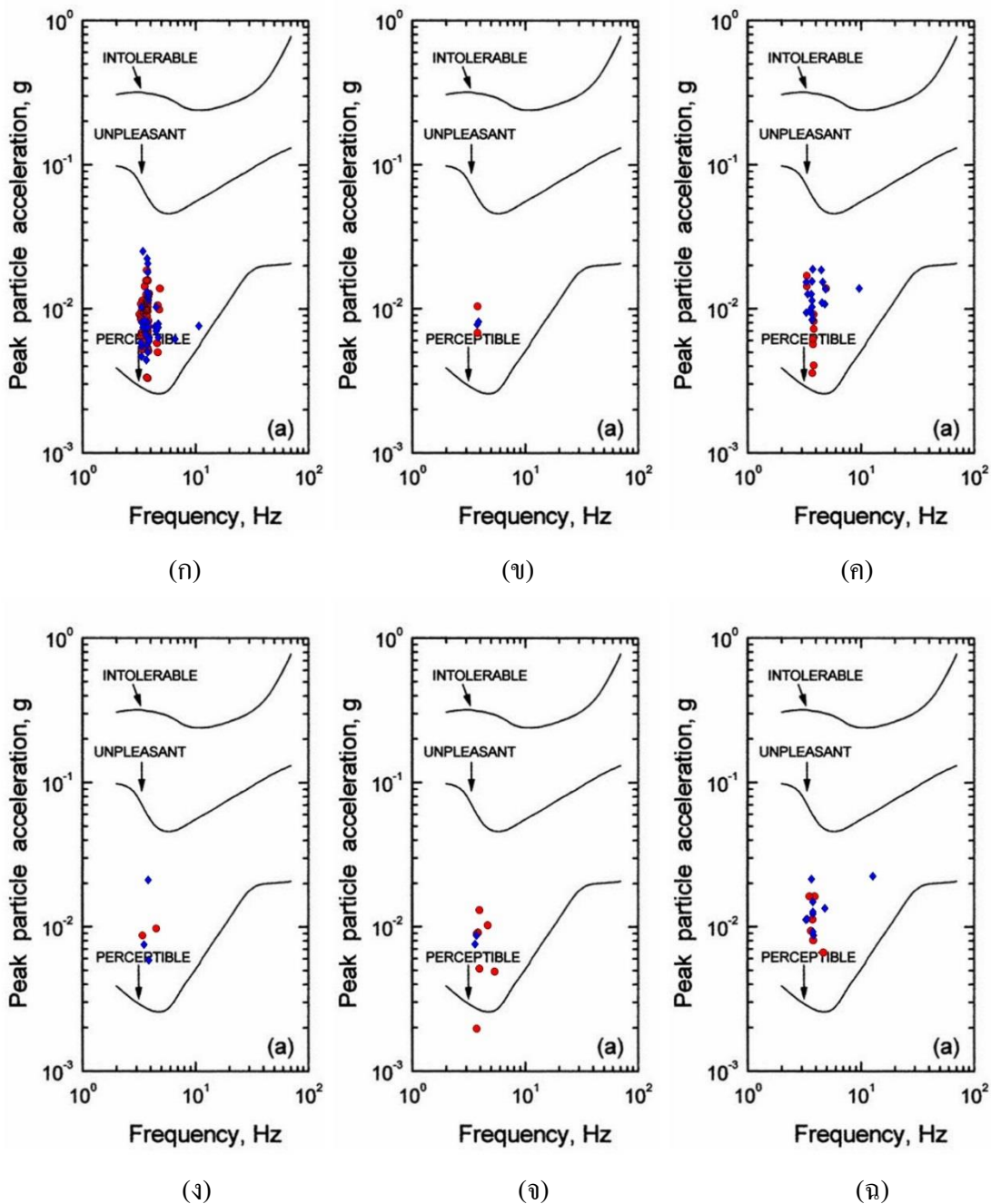
ระดับความแรงการสิ้นสะท้อนที่ได้จากการตรวจวัดขนาดความแรงการสิ้นสะท้อน

## ปัจจัยของช่วงเวลาที่มึปริมาณยานพาหนะมากกับช่วงเวลาที่มึปริมาณยานพาหนะน้อย

ระดับการรับรู้การสั่นสะเทือนในช่วงเวลาที่มึปริมาณยานพาหนะมากกับช่วงเวลาที่มึปริมาณยานพาหนะน้อย จะมึระดับการรับรู้การสั่นสะเทือนอยู่ในระดับเดียวกัน คือ รู้สึกได้ (Perceptible) แต่ในช่วงเวลาที่มึปริมาณยานพาหนะน้อยจะมีค่าแอมพลิจูดการสั่นสะเทือนที่สูงกว่าเล็กน้อย แสดงกราฟดังภาพที่ 4-2



ภาพที่ 4-2 ระดับการรับรู้การสั่นสะเทือน โดยพิจารณาตามช่วงเวลาที่มึปริมาณยานพาหนะมากกับช่วงเวลาที่มึปริมาณยานพาหนะน้อย จุดตรวจวัดห้องบริการที่ 1



ภาพที่ 4-3 ระดับการรับรู้การสั่นสะเทือน โดยพิจารณาตามช่วงเวลาที่มึปริมาณยานพาหนะมากกับช่วงที่มีปริมาณยานพาหนะน้อย โดยแบ่งตามประเภทยานพาหนะ (ก) 6 ล้อ (ข) 8 ล้อ (ค) 10 ล้อ (ง) 12 ล้อ (จ) 18 ล้อ (ฉ) 22 ล้อ

ตารางที่ 4-4 ระดับการรับรู้การสัมผัสที่ส่งผลต่อการรับรู้ของบุคคล เมื่อเปรียบเทียบตามปริมาณยานพาหนะ

ประเภท ยานพาหนะ (ล้อ)	ระดับการรับรู้การ สัมผัสที่	จำนวน ระดับการรับรู้ที่ได้ จากการแปลงค่าการตรวจวัด 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

ตารางที่ 4-4 (ต่อ)

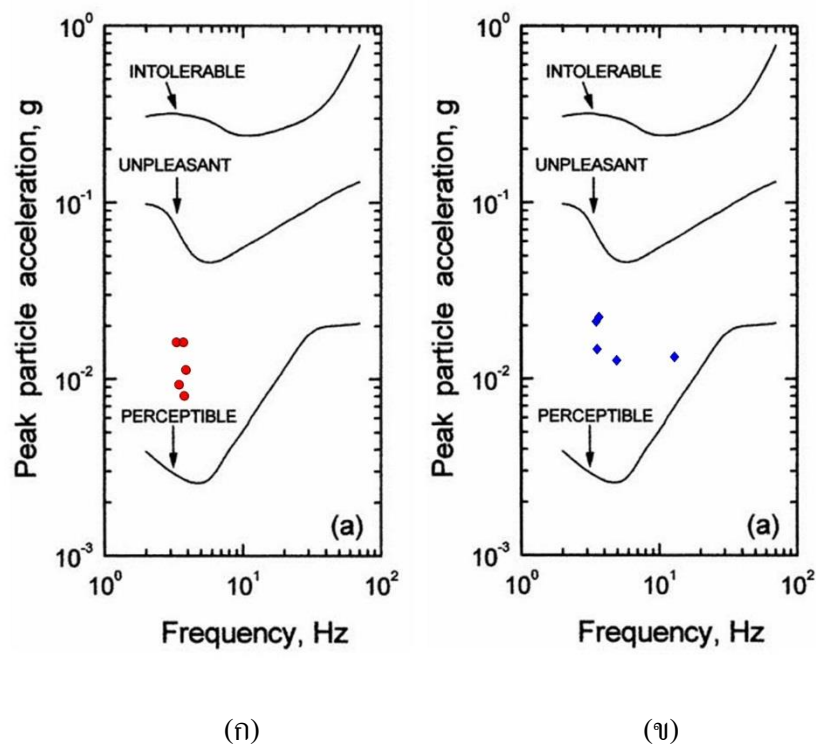
ประเภท ยานพาหนะ (ล้อ)	ระดับการรับรู้การ สั่นสะเทือน	จำนวน ระดับการรับรู้ที่ได้ จากการแปลงค่าการตรวจวัด ขนาดความเร่ง (เหตุการณ์)		ร้อยละของจำนวนระดับการ รับรู้ที่ได้จากการแปลงค่าการ ตรวจวัดขนาดความเร่ง	
		ปริมาณ	ปริมาณ	ปริมาณ	ปริมาณ
		ยานพาหนะ มาก	ยานพาหนะ น้อย	ยานพาหนะ มาก	ยานพาหนะ น้อย
18 ล้อ	ไม่รู้สึกรู้หาย (Imperceptible)	1	0	14.29	0
	รู้สึกรู้หาย (Perceptible)	6	2	85.71	100
	รู้สึกรู้หายไม่พอใจ (Unpleasant)	0	0	0	0
	รู้สึกรู้หายทนไม่ได้ (Intolerable)	0	0	0	0
22 ล้อ	ไม่รู้สึกรู้หาย (Imperceptible)	0	0	0	0
	รู้สึกรู้หาย (Perceptible)	6	10	100	100
	รู้สึกรู้หายไม่พอใจ (Unpleasant)	0	0	0	0
	รู้สึกรู้หายทนไม่ได้ (Intolerable)	0	0	0	0

ช่วงเวลาที่มียานพาหนะมากมีค่าแอมพลิจูดการสั่นสะเทือนในช่วง 0.003-0.02 g และค่าความถี่การสั่นสะเทือนในช่วง 3-5 Hz ซึ่งแปลงเป็นค่าระดับการรับรู้การสั่นสะเทือนได้ระดับไม่รู้สึกรู้หาย (Imperceptible) และระดับรู้สึกรู้หาย (Perceptible) โดยส่วนใหญ่อยู่ในระดับรู้สึกรู้หาย (Perceptible) ร้อยละ 98.73 และในช่วงเวลาที่มียานพาหนะน้อย มีค่าแอมพลิจูดการสั่นสะเทือนในช่วง 0.004-0.03 g และค่าความถี่การสั่นสะเทือนในช่วง 3-15 Hz ซึ่งแปลงเป็นค่าระดับการรับรู้การสั่นสะเทือนได้ระดับรู้สึกรู้หาย (Perceptible) ร้อยละ 100 ดังตารางที่ 4-5

ตารางที่ 4-5 สรุประดับการรับรู้การสั่นสะเทือนที่ส่งผลต่อการรับรู้ของบุคคล เมื่อเปรียบเทียบตามปริมาณยานพาหนะ

ระดับการรับรู้การสั่นสะเทือน	จำนวนระดับการรับรู้ที่ได้จากการ แปลงค่าการตรวจวัดขนาดความเร่ง (เหตุการณ์)		ร้อยละของจำนวนระดับการรับรู้ที่ ได้จากการแปลงค่าการตรวจวัด ขนาดความเร่ง	
	ปริมาณ ยานพาหนะมาก	ปริมาณ ยานพาหนะน้อย	ปริมาณ ยานพาหนะมาก	ปริมาณ ยานพาหนะน้อย
	ไม่รู้สึกรู้หาย (Imperceptible)	1	0	1.27
รู้สึกได้ (Perceptible)	78	68	98.73	100
รู้สึกไม่พอใจ (Unpleasant)	0	0	0	0
รู้สึกทนไม่ได้ (Intolerable)	0	0	0	0

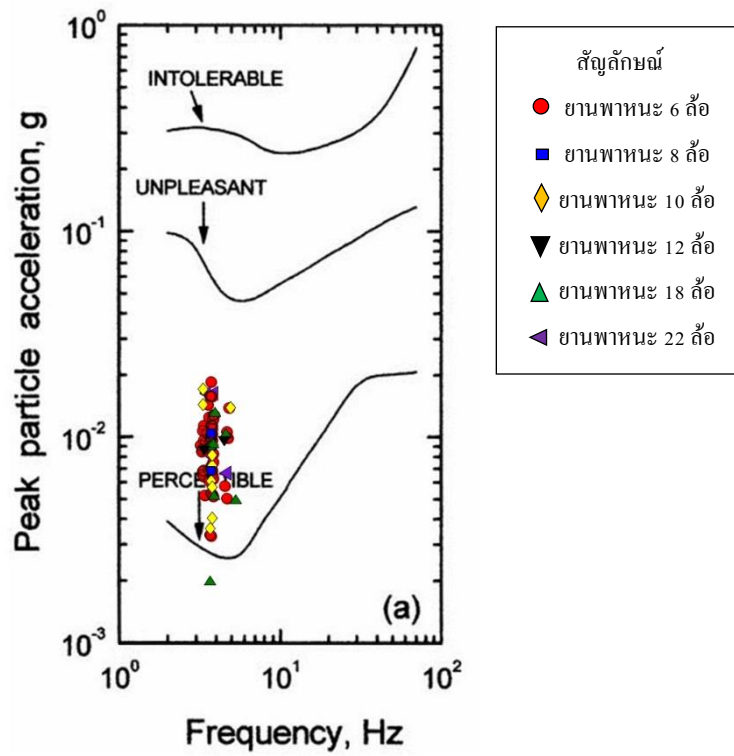
จากวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า ช่วงเวลาที่มีปริมาณยานพาหนะมากมีค่าแอมพลิจูดการสั่นสะเทือนในช่วง 0.003-0.02 g และค่าความถี่การสั่นสะเทือนในช่วง 3-5 Hz ซึ่งแปลงเป็นค่าระดับการรับรู้การสั่นสะเทือนได้ระดับไม่รู้สึกรู้หาย (Imperceptible) และระดับรู้สึกได้ (Perceptible) โดยส่วนใหญ่อยู่ในระดับรู้สึกได้ (Perceptible) และในช่วงเวลาที่มีปริมาณยานพาหนะน้อยมีค่าแอมพลิจูดการสั่นสะเทือนในช่วง 0.004-0.03 g และค่าความถี่การสั่นสะเทือนในช่วง 3-15 Hz ซึ่งแปลงเป็นค่าระดับการรับรู้การสั่นสะเทือนได้ระดับรู้สึกได้ (Perceptible) โดยแอมพลิจูดการสั่นสะเทือนในช่วงเวลาที่มีปริมาณยานพาหนะน้อยนั้นมีค่าสูงกว่าช่วงเวลาที่มีปริมาณยานพาหนะมาก ดังภาพที่ 4-2 เนื่องจากในช่วงเวลาที่มีปริมาณยานพาหนะน้อย ไม่มีแถวคอยเกิดขึ้น ทำให้ยานพาหนะเคลื่อนที่เข้าด่านเก็บค่าผ่านทางด้วยความเร็วสูง และเกิดการเบรกอย่างกะทันหันบริเวณหน้าด่านเก็บค่าผ่านทางและส่งผลให้แรงเฉื่อยที่เกิดขึ้นจากการเบรกรุนแรงกว่าปกติ ส่งผลให้การสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นรุนแรงกว่าช่วงเวลาที่มีปริมาณยานพาหนะมากที่บริเวณหน้าด่านเก็บค่าผ่านทางมีแถวคอยเกิดขึ้น จากปริมาณยานพาหนะที่ใช้บริการจำนวนมาก ยานพาหนะจึงเคลื่อนที่เข้าด่านด้วยความเร็วที่ต่ำทำให้การเบรกเพื่อลดความเร็วเกิดแรงเฉื่อยที่ไม่รุนแรง แสดงตัวอย่างแอมพลิจูดการสั่นสะเทือนดังภาพที่ 4-4



ภาพที่ 4-4 ระดับการรับรู้การสั่นสะเทือนโดยพิจารณาตาม (ก) ช่วงเวลาที่มีปริมาณยานพาหนะมาก  
(ข) ช่วงเวลาที่มีปริมาณยานพาหนะน้อย

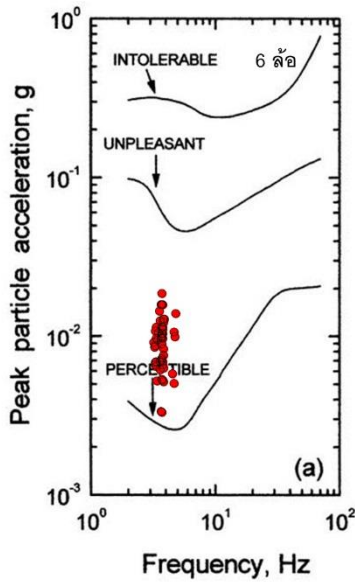
### ปัจจัยของประเภทยานพาหนะ

ในปัจจัยนี้จะพิจารณาเฉพาะยานพาหนะตั้งแต่ 6-22 ล้อ ซึ่งเป็นยานพาหนะที่น้ำหนักบรรทุกค่อนข้างมาก โดยมีระดับการรับรู้การสั่นสะเทือนอยู่ในระดับรู้สึกได้ (Perceptible) แสดงดังภาพที่ 4-5

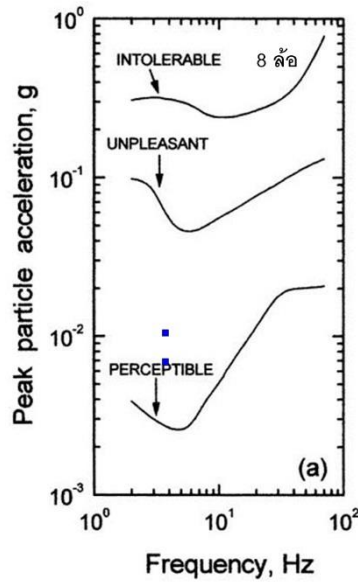


ภาพที่ 4-5 ระดับการรับรู้การสั่นสะเทือนโดยพิจารณาจากประเภทขานพหณะของบริการที่ 1

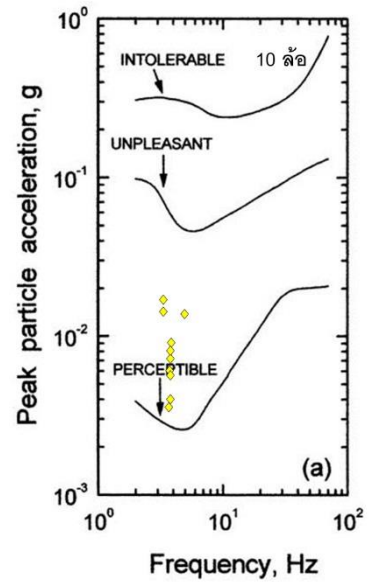




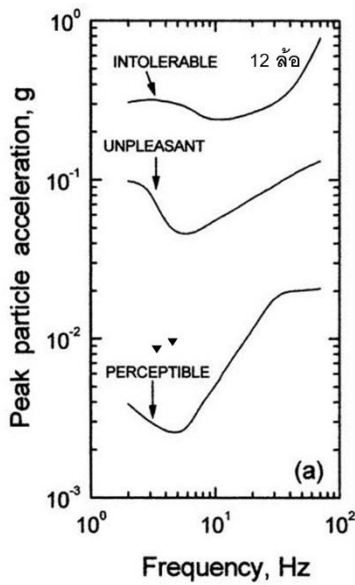
(ก)



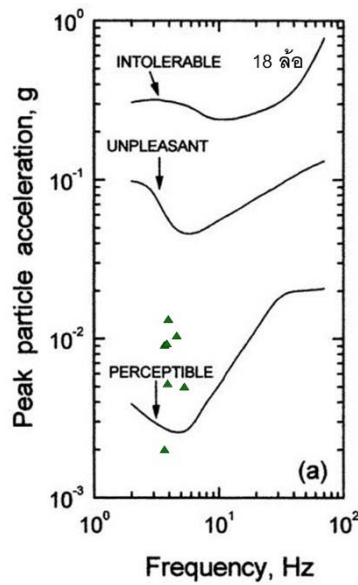
(ข)



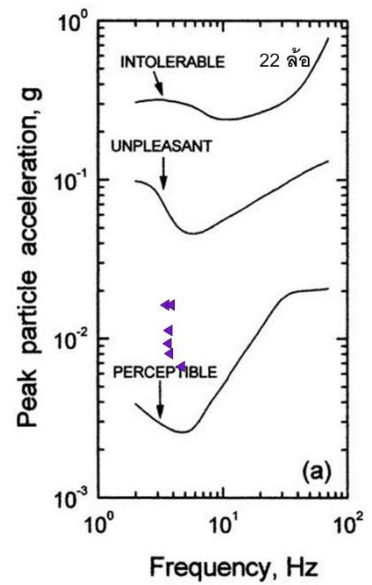
(ค)



(ง)



(จ)



(ฉ)

ภาพที่ 4-6 ระดับการรับรู้การสั่นสะเทือนโดยพิจารณาตามประเภทยานพาหนะ (ก)

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

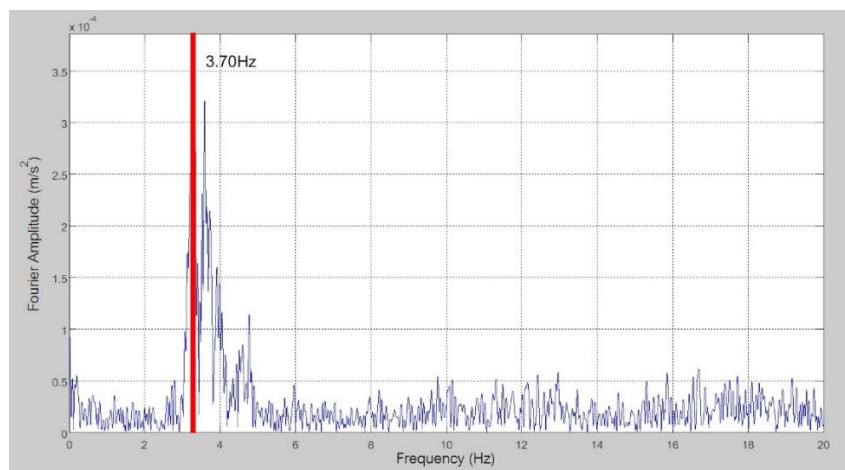
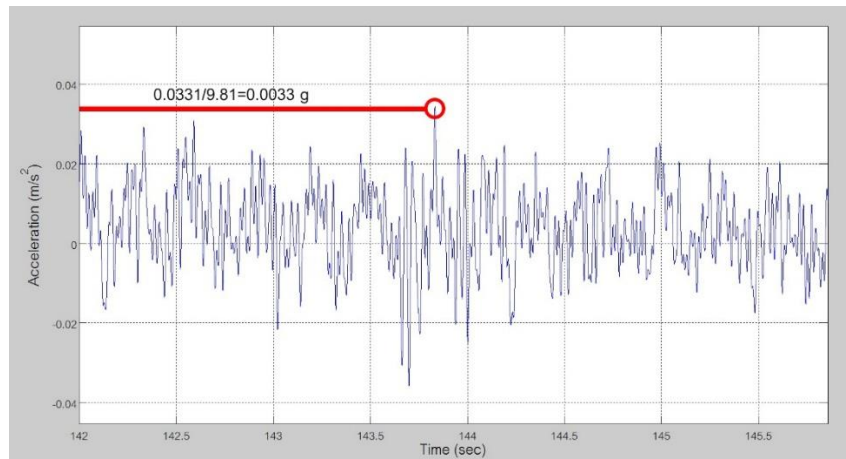
ตารางที่ 4-6 ระดับการรับรู้การสัมผัสที่ส่งผลต่อการรับรู้ของบุคคล เมื่อเปรียบเทียบ  
ตามประเภทยานพาหนะ

ประเภท ยานพาหนะ (ล้อ)	ระดับการรับรู้การสัมผัสที่ จากการแปลงค่าการตรวจวัด ขนาดความเร่ง (เหตุการณ์)	จำนวนระดับการรับรู้ที่ได้ จากการแปลงค่าการตรวจวัด ขนาดความเร่ง (เหตุการณ์)	ร้อยละของจำนวนระดับ การรับรู้ที่ได้จากการแปลง ค่าการตรวจวัดขนาด ความเร่ง
6 ล้อ	ไม่รู้สึก (Imperceptible)	0	0
	รู้สึกได้ (Perceptible)	52	100
	รู้สึกไม่พอใจ (Unpleasant)	0	0
	รู้สึกทนไม่ได้ (Intolerable)	0	0
8 ล้อ	ไม่รู้สึก (Imperceptible)	0	0
	รู้สึกได้ (Perceptible)	2	100
	รู้สึกไม่พอใจ (Unpleasant)	0	0
	รู้สึกทนไม่ได้ (Intolerable)	0	0
10 ล้อ	ไม่รู้สึก (Imperceptible)	0	0
	รู้สึกได้ (Perceptible)	10	100
	รู้สึกไม่พอใจ (Unpleasant)	0	0
	รู้สึกทนไม่ได้ (Intolerable)	0	0
12 ล้อ	ไม่รู้สึก (Imperceptible)	0	0
	รู้สึกได้ (Perceptible)	2	100
	รู้สึกไม่พอใจ (Unpleasant)	0	0
	รู้สึกทนไม่ได้ (Intolerable)	0	0
18 ล้อ	ไม่รู้สึก (Imperceptible)	1	14.29
	รู้สึกได้ (Perceptible)	6	85.71
	รู้สึกไม่พอใจ (Unpleasant)	0	0
	รู้สึกทนไม่ได้ (Intolerable)	0	0
22 ล้อ	ไม่รู้สึก (Imperceptible)	0	0
	รู้สึกได้ (Perceptible)	6	100
	รู้สึกไม่พอใจ (Unpleasant)	0	0
	รู้สึกทนไม่ได้ (Intolerable)	0	0

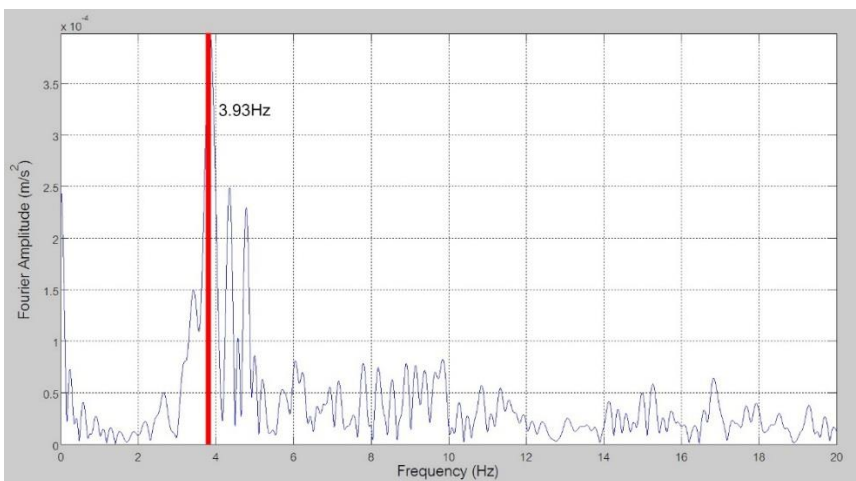
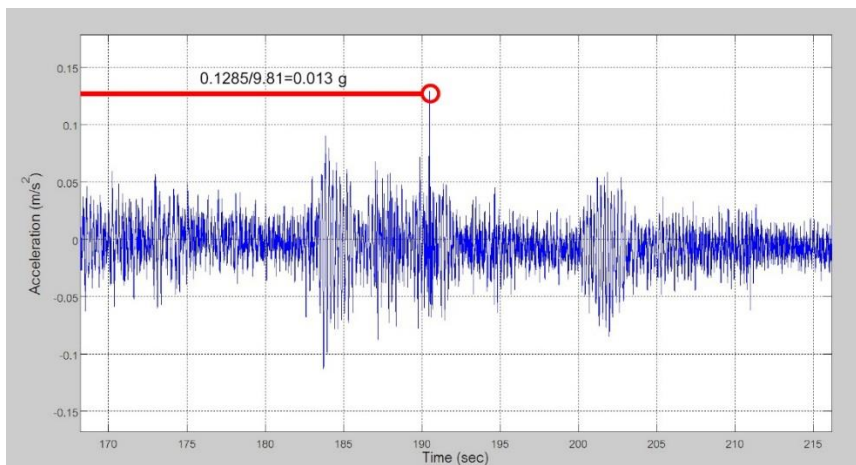
ตารางที่ 4-7 สรุประดับการรับรู้การสั่นสะเทือนที่ส่งผลต่อการรับรู้ของบุคคล เมื่อเปรียบเทียบตามประเภทยานพาหนะ

ระดับการรับรู้การสั่นสะเทือน	จำนวนระดับการรับรู้ที่ได้จากการแปลงค่าการตรวจวัดขนาดความเร่ง (เหตุการณ์)	ร้อยละของจำนวนระดับการรับรู้ที่ได้จากการแปลงค่าการตรวจวัดขนาดความเร่ง
ไม่รู้สึกรู้หาย (Imperceptible)	1	1.28
รู้สึกได้ (Perceptible)	78	98.72
รู้สึกไม่พอใจ (Unpleasant)	0	0
รู้สึกทนไม่ได้ (Intolerable)	0	0

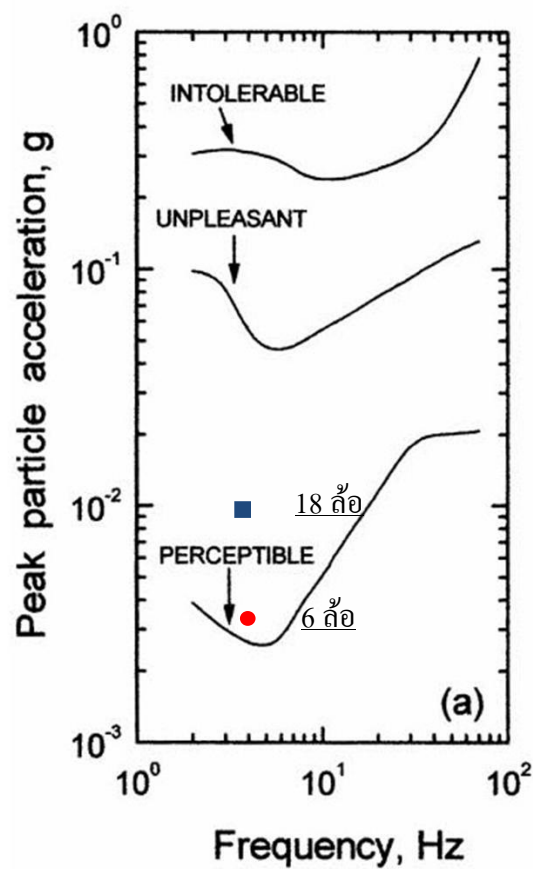
จากการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า ค่าแอมพลิจูดการสั่นสะเทือนอยู่ในช่วง 0.003-0.02 g และค่าความถี่การสั่นสะเทือนอยู่ในช่วง 3-5 Hz ซึ่งแปลงเป็นค่าระดับการรับรู้การสั่นสะเทือนที่ได้ในระดับรู้สึกได้ (Perceptible) เนื่องจากยานพาหนะมีน้ำหนักบรรทุกมาก ทำให้แรงสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นรุนแรงกว่ายานพาหนะขนาดเล็กในขณะที่เบรกเพื่อลดความเร็วก่อนเข้าด่านเก็บค่าผ่านทาง และเมื่อน้ำหนักบรรทุกมากขึ้น แรงเฉื่อยที่เกิดขึ้นจะมีความรุนแรงเพิ่มมากขึ้น และส่งผลให้การสั่นสะเทือนมีความรุนแรงเพิ่มมากขึ้น อีกทั้งระบบช่วงล่างของยานพาหนะที่ถูกออกแบบมาเพื่อการรองรับน้ำหนักบรรทุกโดยเฉพาะซึ่งจะไม่มีคาน้ำหนัมนวลในการขับขี่มากนัก 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



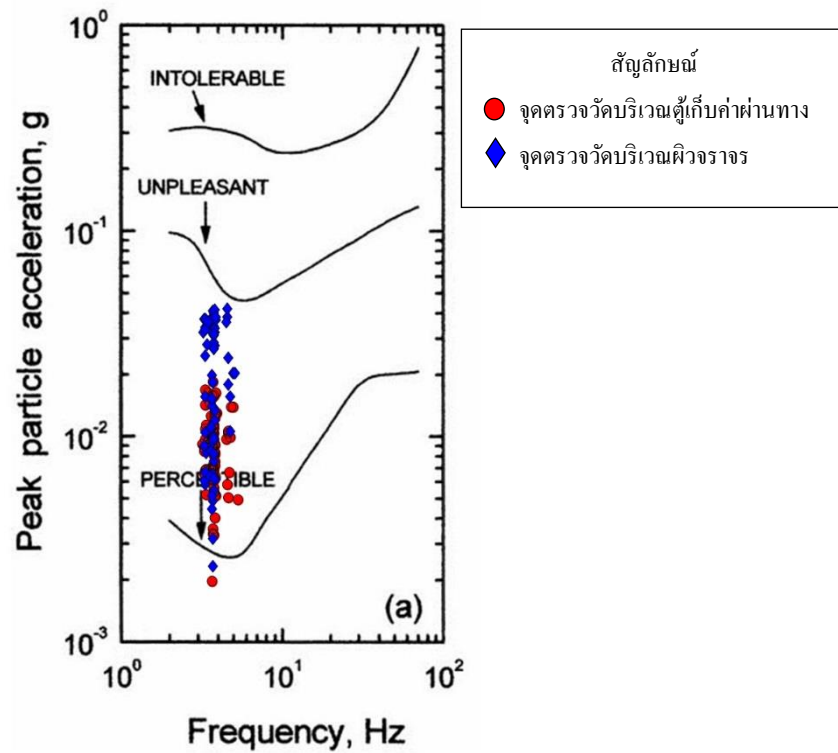
ภาพที่ 4-8 ตัวอย่างสัญญาณและภาพยานพาหนะ 18 ล้อ



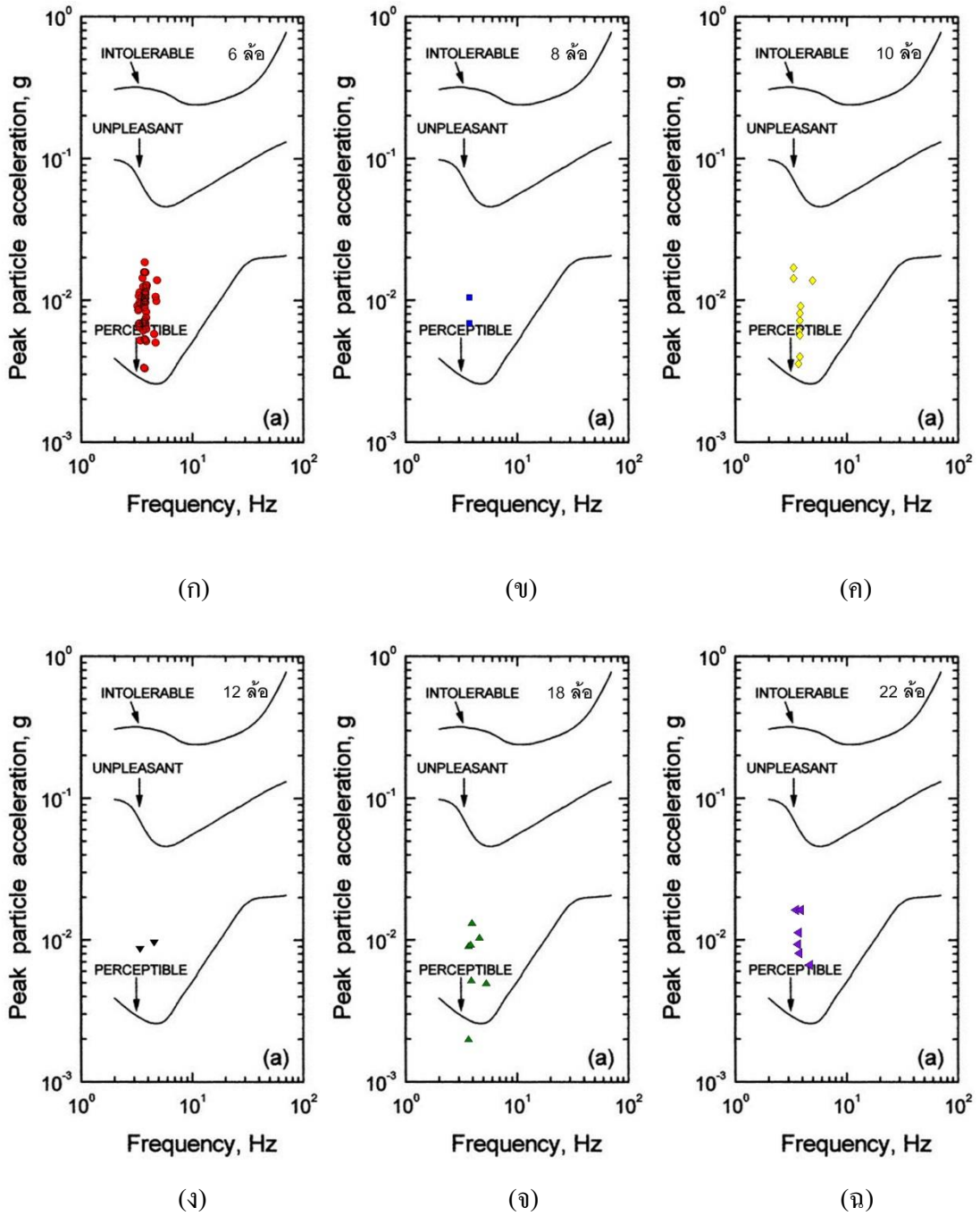
ภาพที่ 4-9 ระดับการรับรู้การสั่นสะเทือนของยานพาหนะ 6 ล้อ และ 18 ล้อ

### ปัจจัยบริเวณจุดตรวจวัดขนาดความเร่งการสั่นสะเทือน

พิจารณาระดับการรับรู้การสั่นสะเทือนที่จุดตรวจวัดบริเวณผิวจราจรและจุดตรวจวัดบริเวณตู้เก็บค่าผ่านทาง ซึ่งตั้งอยู่บนเกาะคอนกรีตสูงจากพื้นผิวจราจร 15 เซนติเมตร พบว่าค่าระดับการรับรู้การสั่นสะเทือนที่จุดตรวจวัดบริเวณผิวจราจรอยู่ในระดับรู้สึกได้ (Perceptible) และค่าระดับการรับรู้การสั่นสะเทือนจุดตรวจวัดบริเวณตู้เก็บค่าผ่านทางอยู่ในระดับรู้สึกได้ (Perceptible) แต่ที่จุดตรวจวัดบริเวณผิวจราจรจะมีค่าแอมพลิจูดการสั่นสะเทือนที่สูงมากกว่า ดังภาพที่ 4-10



ภาพที่ 4-10 ค่าระดับการรับรู้การสั่นสะเทือน เมื่อเทียบระหว่างจุดตรวจวัดบริเวณผิวจราจร กับบริเวณผู้เก็บค่าผ่านทาง



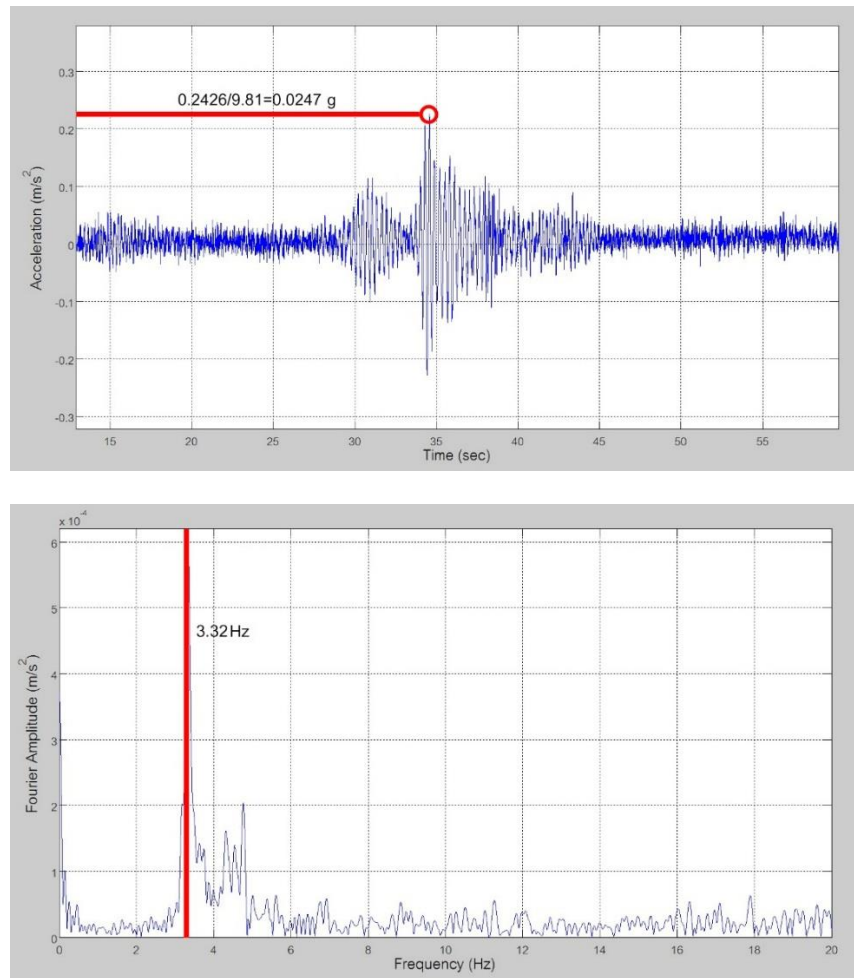
ภาพที่ 4-11 ระดับการรับรู้การสั่นสะเทือน โดยพิจารณาตามจุดตรวจวัดบริเวณผิวจราจรและบริเวณตู้เก็บค่าผ่านทาง โดยแบ่งตามประเภทยานพาหนะ (ก) 6 ล้อ (ข) 8 ล้อ (ค) 10 ล้อ (ง) 12 ล้อ (จ) 18 ล้อ (ฉ) 22 ล้อ



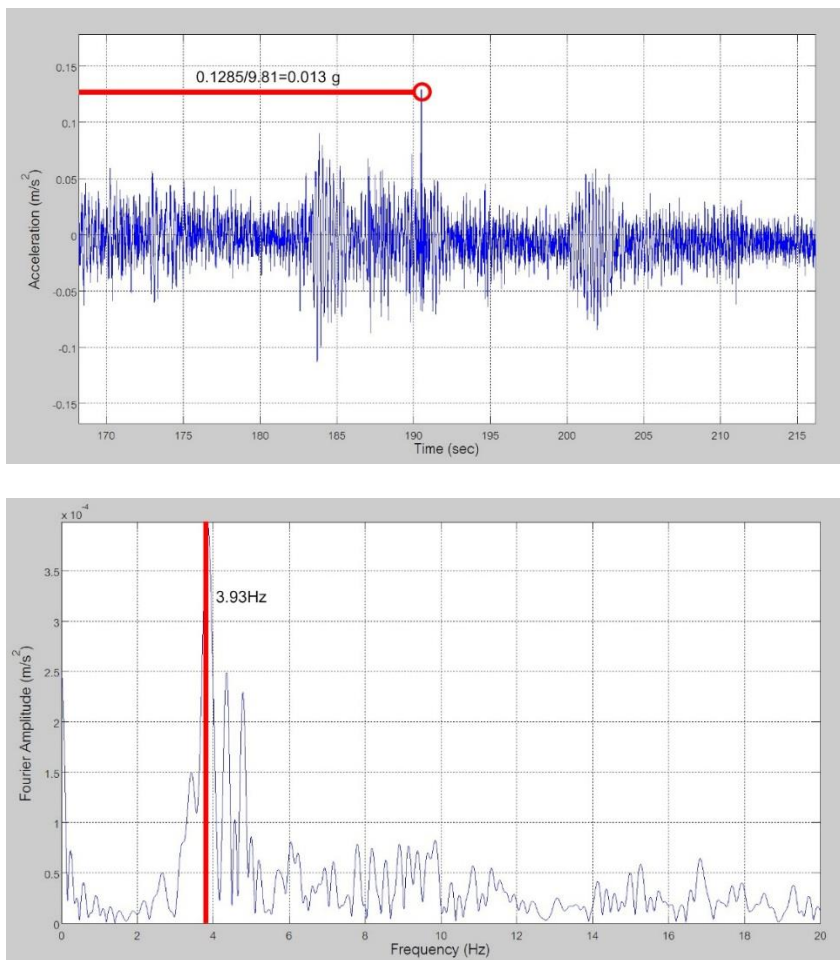
ตารางที่ 4-8 ร้อยละของระดับการรับรู้ที่ได้จากการตรวจวัดขนาดความเร่ง จุดตรวจวัดบริเวณ  
ผิวจราจรและบริเวณผู้เก็บค่าผ่านทาง

จุดตรวจวัด	ระดับการรับรู้การสั่นสะเทือน	จำนวนระดับการรับรู้ ที่ได้จากการแปลงค่า การตรวจวัดขนาด ความเร่ง (เหตุการณ์)	ร้อยละของจำนวนระดับ การรับรู้ที่ได้จากการแปลงค่า การตรวจวัดขนาดความเร่ง
ผู้เก็บ ค่าผ่านทาง	ไม่รู้รู้สึก (Imperceptible)	1	1.27
	รู้สึกได้ (Perceptible)	78	98.72
บริเวณ ผิวจราจร	รู้สึกไม่พอใจ (Unpleasant)	0	0
	รู้สึกจนทนไม่ได้ (Intolerable)	0	0
ผู้เก็บ ค่าผ่านทาง	ไม่รู้รู้สึก (Imperceptible)	1	1.27
	รู้สึกได้ (Perceptible)	78	98.72
บริเวณ ผิวจราจร	รู้สึกไม่พอใจ (Unpleasant)	0	0
	รู้สึกจนทนไม่ได้ (Intolerable)	0	0

จากการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า ค่าระดับการรับรู้การสั่นสะเทือนที่ได้จากการแปลงค่า  
ของขนาดความเร่งการสั่นสะเทือนทั้งจุดตรวจวัดบริเวณผิวจราจรและจุดตรวจวัดบริเวณผู้เก็บ  
ค่าผ่านทางอยู่ในระดับเดียวกัน คือ ระดับรู้สึกได้ (Perceptible) โดยค่าแอมพลิจูดการสั่นสะเทือน  
ที่จุดตรวจวัดบริเวณผิวจราจรมีค่าอยู่ในช่วง 0.002-0.04 g และมีค่าความถี่การสั่นสะเทือนอยู่ในช่วง  
3-5 Hz และค่าแอมพลิจูดการสั่นสะเทือนจุดตรวจวัดบริเวณผู้เก็บค่าผ่านทาง ที่ตั้งอยู่บนเกาะ  
คอนกรีตสูง 15 เซนติเมตร อยู่ในช่วง 0.002-0.02 g และค่าความถี่การสั่นสะเทือนอยู่ในช่วง 3-5 Hz  
ซึ่งบริเวณผู้เก็บค่าผ่านทางสามารถลดทอนค่าแอมพลิจูดการสั่นสะเทือนลงโดยเฉลี่ยร้อยละ 45  
ดังภาพที่ 4-12 และภาพที่ 4-13



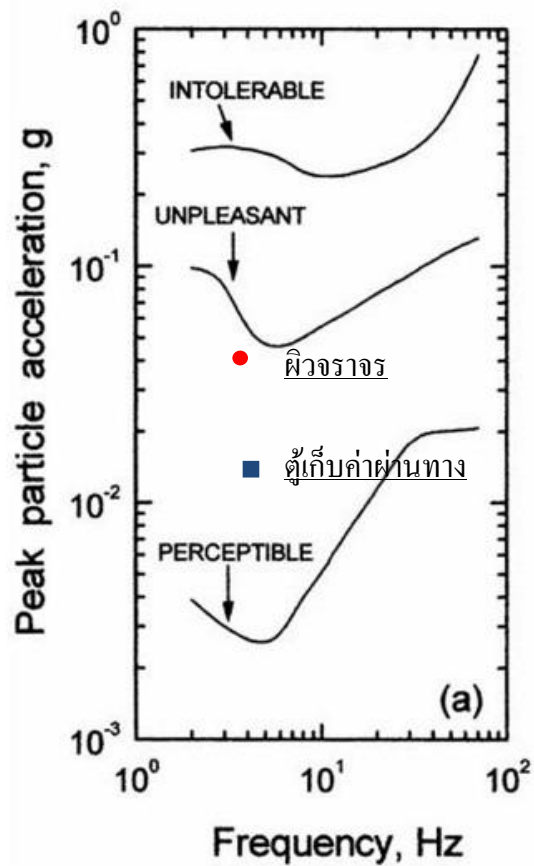
ภาพที่ 4-12 ตัวอย่างสัญญาณยานพาหนะ 18 ล้อ จุดตรวจวัดบริเวณผิวจราจร



ภาพที่ 4-13 ตัวอย่างสัญญาณยานพาหนะ 18 ล้อ จุดตรวจวัดบริเวณตู้เก็บค่าผ่านทาง



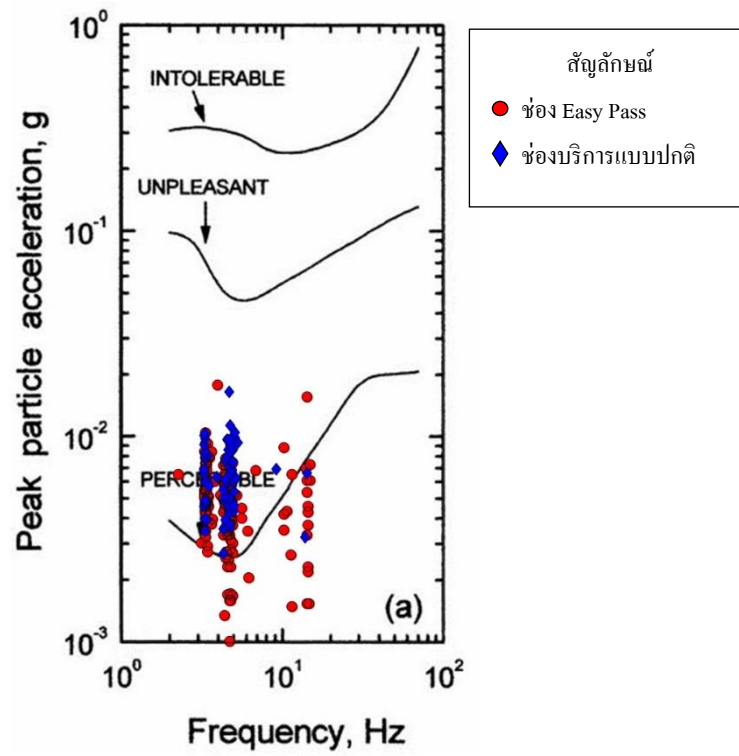
ภาพที่ 4-14 ภาพยานพาหนะ 18 ล้อ



ภาพที่ 4-15 ระดับการรับรู้การสั่นสะเทือนของยานพาหนะ 18 ล้อ จุดตรวจวัดบริเวณจรรยาจรและบริเวณผู้เก็บค่าผ่านทาง

### ปัจจัยของประเภทช่องบริการธรรมดา กับช่อง Easy pass

ระดับการรับรู้การสั่นเทือนของช่องบริการแบบ Easy pass มีค่าระดับการรับรู้การสั่นสะเทือนอยู่ในระดับไม่รู้สึกรบกวน (Imperceptible) และระดับรู้สึกได้ (Perceptible) และมีค่าแอมพลิจูดการสั่นสะเทือนอยู่ในระดับที่ต่ำกว่าช่องบริการปกติ ซึ่งมีระดับการรับรู้การสั่นสะเทือนอยู่ในระดับรู้สึกได้ (Perceptible) ดังภาพที่ 4-16

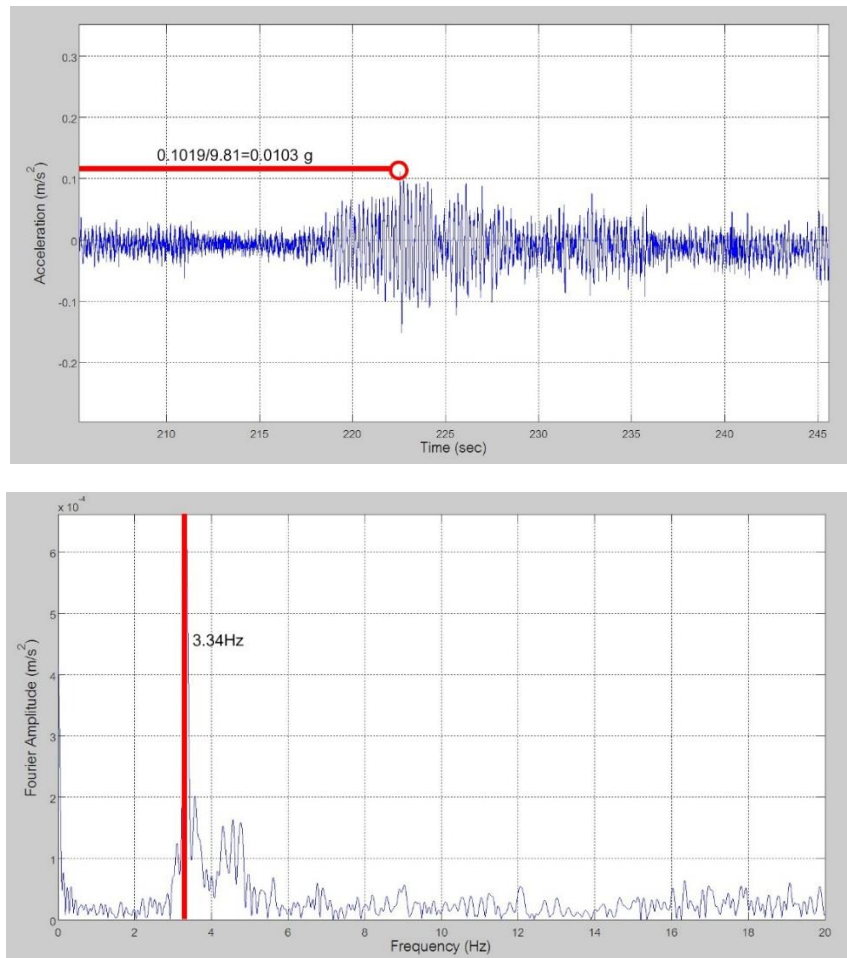


ภาพที่ 4-16 ค่าระดับการรับรู้การสั่นสะเทือน เมื่อเทียบระหว่างช่องบริการปกติกับช่องบริการแบบ Easy pass

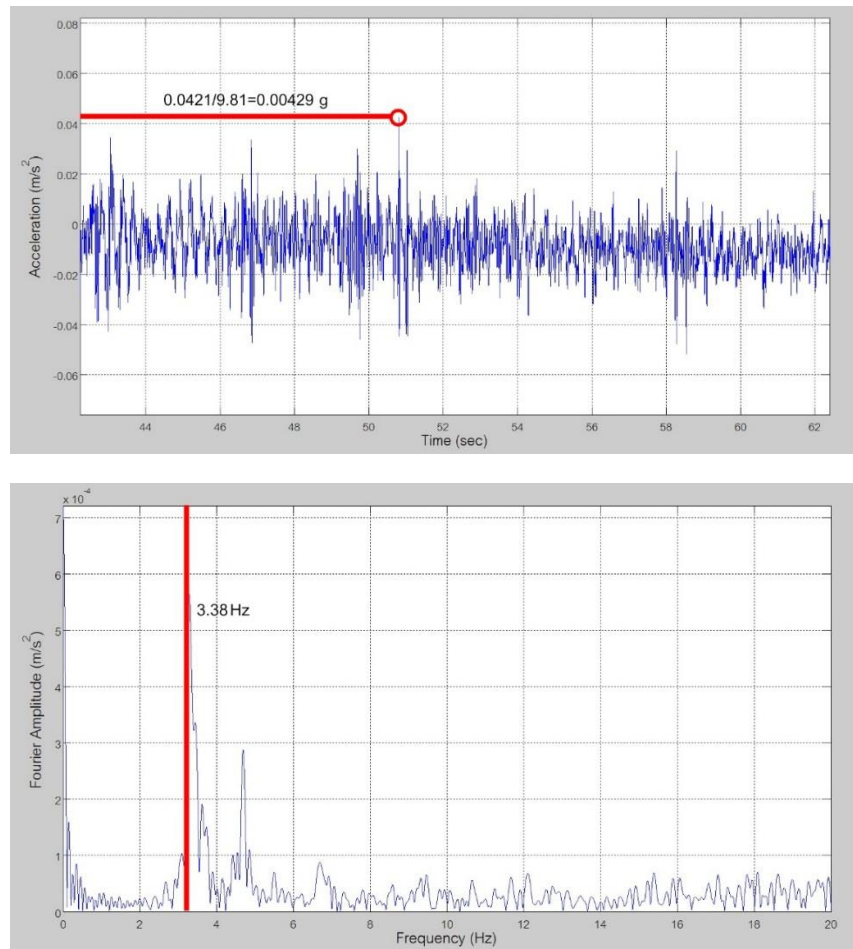
ตารางที่ 4-9 ร้อยละของระดับการรับรู้ที่ได้จากการแปลงค่าขนาดความเร่ง ช่องบริการแบบปกติ และช่องบริการแบบ Easy pass

ช่องบริการ	ระดับการรับรู้การสั่นสะเทือน	จำนวนระดับการรับรู้ ที่ได้จากการแปลงค่า การตรวจวัดขนาดความเร่ง (เหตุการณ์)	ร้อยละของจำนวนระดับ การรับรู้ที่ได้จากการแปลง ค่าการตรวจวัดขนาด ความเร่ง
ช่องบริการ ปกติ	ไม่รู้สึกรู้หาย (Imperceptible)	2	2.56
	รู้สึกได้ (Perceptible)	76	97.44
	รู้สึกไม่พอใจ (Unpleasant)	0	0
	รู้สึกทนไม่ได้ (Intolerable)	0	0
ช่องบริการ Easy Pass	ไม่รู้สึกรู้หาย (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 แปลงเป็นค่าระดับการรับรู้การสั่นสะเทือนอยู่ในระดับไม่รู้สึกรู้หาย (Imperceptible) ร้อยละ 20 และระดับรู้สึกได้ (Perceptible) ร้อยละ 80 เนื่องจากการเข้าใช้บริการช่องบริการปกติ ยานพาหนะจำเป็นต้องหยุดนิ่ง เพื่อทำการชำระค่าผ่านทางกับตู้ปฏิบัติงานจึงต้องเบรกเพื่อลดความเร็วยานพาหนะบริเวณหน้าด่านเก็บค่าผ่านทาง ทำให้แรงเฉื่อยที่เกิดขึ้นรุนแรงและส่งผลทำให้การสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นรุนแรงกว่าช่องบริการแบบ Easy pass ในขณะที่ยานพาหนะที่เข้าช่อง Easy pass นั้น จะเป็นการชะลอความเร็วแต่ไม่จำเป็นต้องหยุดนิ่ง แรงสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นเนื่องจากแรงเฉื่อยจากการเบรกจึงมีความรุนแรงน้อยกว่าช่องบริการปกติที่จำเป็นต้องหยุดยานพาหนะให้หนึ่ง ดังภาพที่ 4-17 และภาพที่ 4-18



ภาพที่ 4-17 ตัวอย่างสัญญาณยานพาหนะ 4 ล้อ ในห้องบริการปกติ

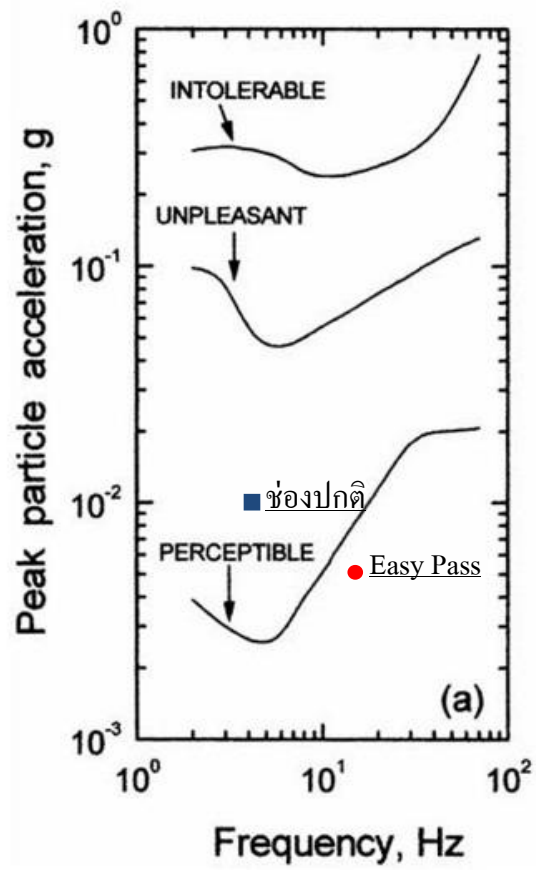


ภาพที่ 4-18 ตัวอย่างสัญญาณยานพาหนะ 4 ล้อ ในช่องบริการ Easy pass



ภาพที่ 4-19 ยานพาหนะ 4 ล้อ





ภาพที่ 4-20 ระดับการรับรู้การสั่นสะเทือนของยานพาหนะ 4 ล้อ ในช่องบริการ Easy pass และ ช่องบริการปกติ

### ระดับการรับรู้การสั่นสะเทือนที่ได้จากการสัมภาษณ์

จากการวิเคราะห์ระดับการรับรู้การสั่นสะเทือนที่ได้จากการแปลงค่าขนาดความเร่งการสั่นสะเทือน เนื่องจากการเคลื่อนที่ของยานพาหนะ โดยมีระดับการรับรู้การสั่นสะเทือน ดังนี้ ระดับรู้สึกได้ (Perceptible) ร้อยละ 91.17 และเพื่อให้ทราบถึงระดับการรับรู้การสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นตรงกับระดับการรับรู้ของบุคคลมากน้อยเพียงใด จึงทำการสัมภาษณ์ระดับการรับรู้การสั่นสะเทือนต่อบุคคล โดยทำการสัมภาษณ์ระดับการรับรู้กับอาสาสมัครตรงบริเวณตู้เก็บค่าผ่านทาง มีระดับการรับรู้ตั้งแต่ ระดับไม่รู้สึก (Imperceptible) ระดับรู้สึกได้บ้าง (Perceptible) ระดับรู้สึกได้อย่างชัดเจน (Distinctly perceptible) และระดับรู้สึกไม่พอใจ (Unpleasant) เนื่องจากข้อมูลระดับการรับรู้ที่ได้จากการแปลงค่าขนาดความเร่งการสั่นสะเทือนนั้นไม่มีข้อมูลอยู่ในระดับรู้สึกจนทนไม่ได้ (Intolerable) จึงทำการตัดระดับรู้สึกจนทนไม่ได้ (Intolerable) ออกและแยกระดับรู้สึกได้ (Perceptible) ออกเป็นระดับรู้สึกได้บ้าง (Perceptible) และระดับรู้สึกได้อย่างชัดเจน (Distinctly perceptible) และระดับการรับรู้สูงสุด คือ ระดับรู้สึกไม่พอใจ (Unpleasant) โดยมีระดับการรับรู้การสั่นสะเทือนในระดับไม่รู้สึก (Imperceptible) ร้อยละ 69.87 ระดับรู้สึกได้บ้าง (Barely perceptible) ร้อยละ 24.94 และระดับรู้สึกได้อย่างชัดเจน (Distinctly perceptible) ร้อยละ 5.19 ของข้อมูลทั้งหมด 385 เหตุการณ์

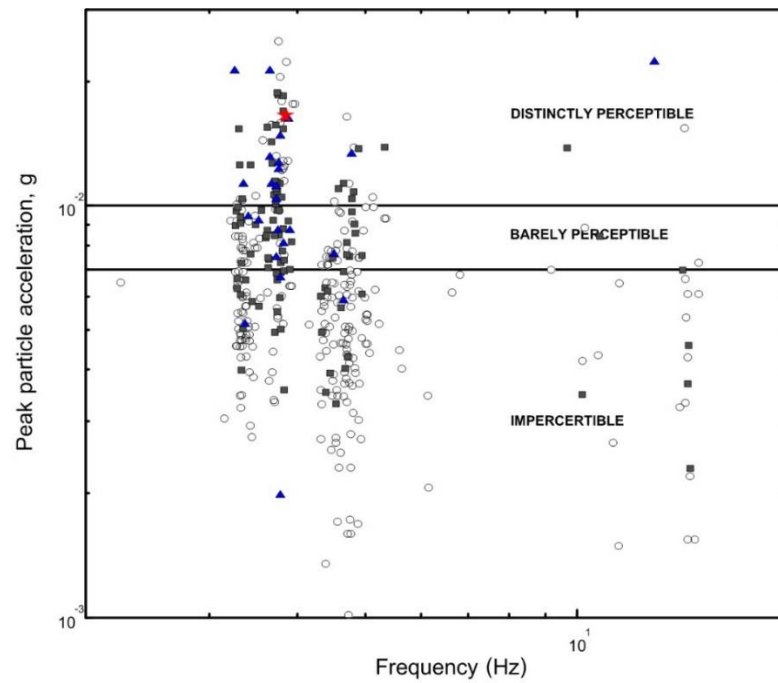
### ตารางที่ 4-10 ระดับการรับรู้การสั่นสะเทือนที่ได้จากการสัมภาษณ์

จุดตรวจวัด	ระดับการรับรู้การสั่นสะเทือน	จำนวนระดับการรับรู้ที่ได้จากการสัมภาษณ์ (เหตุการณ์)	ร้อยละของจำนวนระดับการรับรู้ที่ได้จากการสัมภาษณ์
ตู้เก็บค่าผ่านทาง	ไม่รู้สึก (Imperceptible)	269	69.87
	รู้สึกได้ (Perceptible)	96	24.94
	รู้สึกไม่พอใจ (Unpleasant)	20	5.19
	รู้สึกจนทนไม่ได้ (Intolerable)	0	0

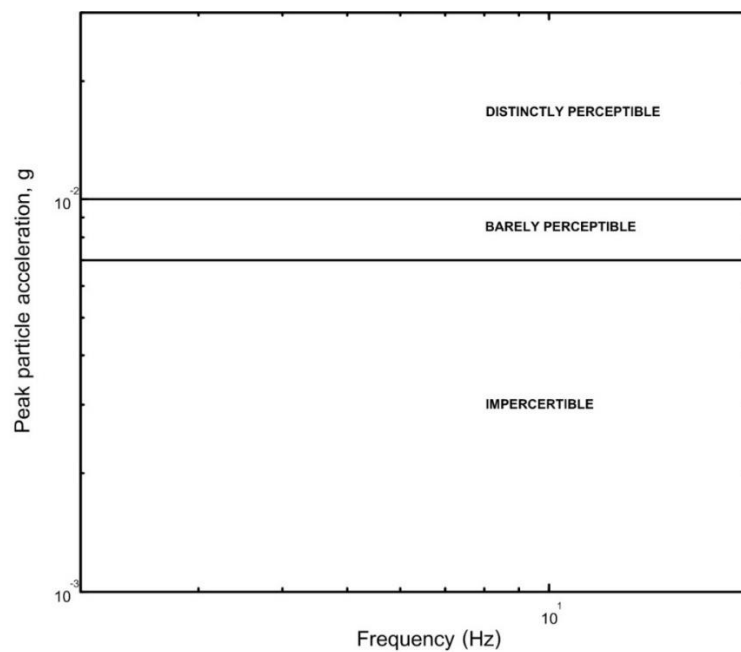
โดยปัจจัยที่มีระดับการรับรู้การสั่นสะเทือนที่ได้จากการแปลงค่าขนาดความเร่ง การสั่นสะเทือนและค่าระดับการรับรู้การสั่นสะเทือนที่ได้จากการสัมภาษณ์ ตรงกันมากที่สุดอยู่ที่ ร้อยละ 69.62 คือ ปัจจัยช่วงเวลาที่มียานพาหนะมากและช่วงเวลาที่มียานพาหนะ น้อย ปัจจัยของประเภทยานพาหนะ และปัจจัยบริเวณตู้เก็บค่าผ่านทาง เนื่องจากปัจจัยที่กล่าวมาข้างต้นนั้นเป็นข้อมูลชุดเดียวกัน แต่นำมาวิเคราะห์ข้อมูลด้วยเงื่อนไขที่แตกต่างกัน ผลของระดับการรับรู้การสั่นสะเทือนที่ได้จึงอยู่ในระดับเดียวกัน แตกต่างกันที่ค่าแอมพลิจูดการสั่นสะเทือนเท่านั้น และจากข้อมูลข้างต้นทำให้ทราบว่าน้ำหนักของยานพาหนะที่เพิ่มสูงขึ้นนั้น จะส่งผลให้ระดับการรับรู้การสั่นสะเทือนที่ส่งผลกระทบต่อบุคคลชัดเจนและแม่นยำมากขึ้น แต่เกณฑ์มาตรฐานที่นำมาปรับใช้นั้นยังมีความอ่อนไหวต่อการสั่นสะเทือนอยู่มาก ทำให้ค่าระดับการรับรู้การสั่นสะเทือนเปลี่ยนเป็นระดับค่าสูงขึ้น แม้ว่าเกิดการสั่นสะเทือนที่มีความรุนแรงเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย เนื่องจากเกณฑ์มาตรฐานที่นำมาปรับใช้นั้นไม่ได้เป็นเกณฑ์สำหรับโครงสร้างทางพิเศษยกระดับ โดยเฉพาะ จึงทำให้มีความแม่นยำอยู่ในระดับที่ไม่สูงมากนัก จึงมีการนำเสนอเกณฑ์สำหรับโครงสร้างทางพิเศษยกระดับขึ้น

#### **เกณฑ์ตรวจวัดระดับการรับรู้การสั่นสะเทือนสำหรับโครงสร้างทางพิเศษยกระดับ**

การแบ่งระดับการรับรู้การสั่นสะเทือนจะพิจารณาจากร้อยละระดับความเชื่อมั่นของ ข้อมูล ที่ได้จากการตรวจวัดขนาดความเร่งการสั่นสะเทือน เมื่อยานพาหนะเคลื่อนที่เข้าช่องบริการ เก็บค่าผ่านทาง และแปลงเป็นค่าแอมพลิจูดการสั่นสะเทือนและค่าความถี่การสั่นสะเทือน โดยเป็น จุดตรวจวัดบริเวณตู้เก็บค่าผ่านทางซึ่งตั้งอยู่บนเกาะคอนกรีตสูงจากผิวจราจร 15 เซนติเมตร ประกอบค่าระดับการรับรู้การสั่นสะเทือนที่ได้จากการสัมภาษณ์ระดับการรับรู้การสั่นสะเทือน ซึ่งสามารถแบ่งออกได้ 3 ระดับ ไม่มีรู้สึก (Imperceptible) มีระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 70 รู้สึกได้บ้าง (Barely perceptible) มีระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 70 รู้สึกได้อย่างชัดเจน (Distinctly perceptible) มีระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 60 ได้ข้อมูลดังภาพที่ 4-21



ภาพที่ 4-21 การแบ่งเกณฑ์ที่ได้จากการตรวจวัดขนาดความเร่งการสั่นสะเทือน  
ของทางพิเศษยกระดับ



ภาพที่ 4-22 เกณฑ์ที่ได้จากการตรวจวัดขนาดความเร่งการสั่นสะเทือนของทางพิเศษยกระดับ



## บทที่ 5

### สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

#### สรุปผลการศึกษาพฤติกรรมการสัมผัสเพื่อนที่มีผลต่อระดับการรับรู้การสัมผัสเพื่อน

1. พฤติกรรมการสัมผัสเพื่อนเนื่องจากปริมาณยานพาหนะ จากผลการศึกษาพบว่า ช่วงที่มีปริมาณยานพาหนะน้อย มีค่าระดับการรับรู้การสัมผัสเพื่อน คือ ระดับรู้สึกได้ (Perceptible) ร้อยละ 98.73 เนื่องจากช่วงเวลาที่ปริมาณยานพาหนะน้อยทำให้ยานพาหนะเคลื่อนที่เข้าด้านเก็บค่าผ่านทางด้วยความเร็วสูง และเบรกอย่างกะทันหันบริเวณหน้าด่าน ส่งผลต่อการสัมผัสเพื่อนที่เกิดขึ้น

2. พฤติกรรมการสัมผัสเพื่อนเนื่องจากประเภทยานพาหนะ จากผลการศึกษาพบว่า ยานพาหนะที่มีน้ำหนักบรรทุกมาก มีค่าระดับการรับรู้การสัมผัสเพื่อนในระดับรู้สึกได้ (Perceptible) ร้อยละ 98.73 เนื่องจากเป็นยานพาหนะที่มีน้ำหนักบรรทุกค่อนข้างมาก ประกอบกับระบบช่วงล่างยานพาหนะที่ออกแบบมาสำหรับบรรทุกน้ำหนักโดยเฉพาะทำให้ระบบช่วงล่างมีความแข็งแรงกระด้างไม่นุ่มนวลมากนัก จึงไม่มีการดูดซับแรงที่กระทำต่อโครงสร้างได้มากเท่าที่ควร ซึ่งส่งผลให้ระดับการรับรู้การสัมผัสเพื่อนสูงกว่ายานพาหนะ 4 ล้อ

3. ระดับการรับรู้การสัมผัสเพื่อนบริเวณผู้เก็บค่าผ่านทาง ได้ทำการตรวจวัดระดับการรับรู้การสัมผัสเพื่อนที่บริเวณผู้เก็บค่าผ่านทาง และที่ผิวจราจรจากผลการศึกษาพบว่าบริเวณที่ตั้งผู้เก็บค่าผ่านทาง ซึ่งเป็นคอนกรีตสูง 15 เซนติเมตร นั้นสามารถลดทอนค่าแอมพลิจูดความเร่งการสัมผัสเพื่อนลงได้ ร้อยละ 4.67 โดยค่าแอมพลิจูดการสัมผัสเพื่อนบริเวณผู้เก็บค่าผ่านทาง มีค่าสูงสุดเท่ากับ 0.02 g แต่ค่าแอมพลิจูดการสัมผัสเพื่อนบริเวณผิวจราจรมีค่าสูงสุดเท่ากับ 0.04 g และค่าระดับการรับรู้การสัมผัสเพื่อนยังอยู่ในระดับรู้สึกได้ (Perceptible)

4. พฤติกรรมการสัมผัสเพื่อนเนื่องจากประเภทของช่องบริการ ช่องบริการปกติ มีค่าระดับการรับรู้การสัมผัสเพื่อนที่สูงกว่าช่องบริการ Easy pass โดยช่องบริการปกติมีค่าระดับการรับรู้การสัมผัสเพื่อนได้ ระดับรู้สึกได้ (Perceptible) ร้อยละ 97.44 เนื่องจากยานพาหนะเคลื่อนที่เข้าด้านเก็บค่าผ่านทางด้วยความเร็วสูง และเบรกอย่างกะทันหันบริเวณหน้าด่าน เพื่อลดความเร็วและหยุดยานพาหนะให้อยู่ในสถานะหยุดนิ่ง แล้วทำการจ่ายค่าผ่านทางซึ่งต่างจากช่องบริการ Easy pass ยานพาหนะเพียงแค่ชะลอความเร็วลงเท่านั้นซึ่งส่งผลให้ระดับการรับรู้การสัมผัสเพื่อนต่ำกว่าช่องบริการแบบปกติ

## สรุปผลการศึกษาเกณฑ์มาตรฐาน

สำหรับเกณฑ์ของ G.A. Athanasopoulos และ P.C. Pelekis ที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์ปัจจัยต่าง ๆ โดยใช้สัญญาณค่าแอมพลิจูดการสั่นสะเทือนและค่าความถี่การสั่นสะเทือนในการบอกระดับการรับรู้การสั่นสะเทือน มีความอ่อนไหวมากกว่าระดับการรับรู้การสั่นสะเทือนที่ส่งผลต่อบุคคลจริง และมีระดับการรับรู้การสั่นสะเทือนที่ตรงกันร้อยละ 30.13 คือ ระดับรู้สึกได้ (Perceptible) อาจเนื่องมาจากเกณฑ์ที่นำมาวิเคราะห์นั้นไม่ได้เป็นเกณฑ์สำหรับทางพิเศษโดยเฉพาะ จึงทำให้ข้อมูลที่ได้อาจไม่แม่นยำ แต่สามารถนำมาใช้เป็นแนวทางเพื่อคาดคะเนระดับการรับรู้การสั่นสะเทือนได้

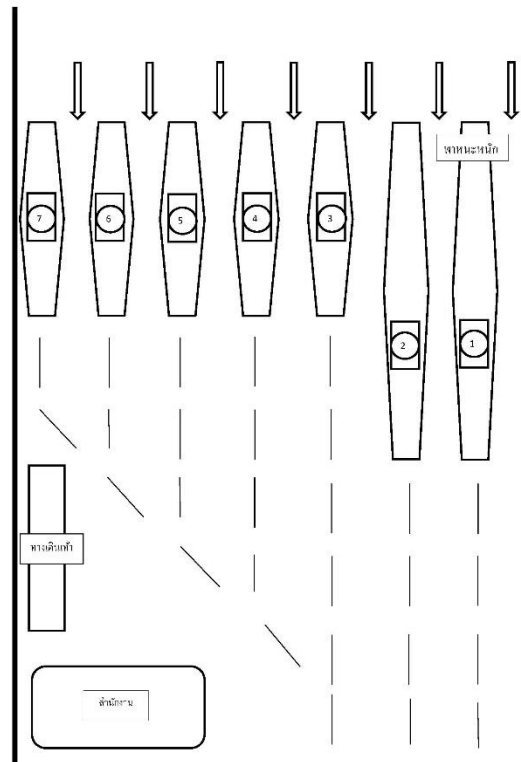
## เกณฑ์ตรวจวัดระดับการรับรู้การสั่นสะเทือนของทางพิเศษยกระดับ

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 และมีค่าความถี่การสั่นสะเทือนอยู่ในช่วง 2 – 20 Hz

## ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการเพิ่มข้อมูลที่จุดตรวจวัดบริเวณอื่น เนื่องจากเกณฑ์สามารถใช้ได้เฉพาะจุดตรวจวัดบริเวณตู้เก็บค่าผ่านทางเท่านั้น
2. ควรเพิ่มปริมาณข้อมูลการสัมภาษณ์ระดับการรับรู้การสั่นสะเทือน โดยเฉพาะอย่างยิ่งผู้ปฏิบัติงานบริเวณด่านเก็บค่าผ่านทาง
3. ควรทำการศึกษาโดยเก็บข้อมูลเพิ่มเติม เพื่อให้ข้อมูลที่ได้อาจมีความถูกต้องและชัดเจนมากขึ้น
4. ควรมีการปรับกะเวลาการทำงานให้ลดลง จากปกติ 8 ชั่วโมง ลดเหลือ 6 ชั่วโมง เพื่อลดเวลาการทำงานในช่วงเร่งด่วน เพื่อคลายความเครียดที่เครียดจากการทำงาน

5. ควรมีการปรับความยาวของเกาะคอนกรีตในช่องบริการที่ 1 และช่องบริการที่ 2 ที่เป็นช่องบริการสำหรับยานพาหนะขนาดใหญ่ ให้มีความยาวไปทางด้านหลังด้าน และเลื่อนตู้เก็บค่าผ่านทางออกไปทางด้านหลัง เพื่อให้ไกลจากจุดกำเนิดการสิ้นสะท้อน ดังภาพที่ 5-1



ภาพที่ 5-1 ปรับความยาวของเกาะคอนกรีตและเลื่อนตำแหน่งตู้เก็บค่าผ่านทาง



## บรรณานุกรม

- อิสสยา ดำรงเกียรติสกุล. (2547). *การประเมินความปลอดภัยที่ร่างกายของพนักงานขับรถจากการสั่นสะเทือนของยานยนต์*, วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิศวกรรมความปลอดภัย, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- American National Standards Institute. (1993): ANSI S3 29-1993. *Guide to the evaluation of human exposure to vibrations in buildings*. New York. Acoustical Society of America,
- 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. (1992). BS 6472: 1992. *Evaluation of human exposure to vibration in buildings (1 Hz to 80 Hz)* BSI, London. British Standards Institution.
- Deutsches Institut für Normung, DIN 4150: Parts 1, 2 and 3. *Vibrations in buildings: effects on structures. Provisional Standards Revised Draft*, Part 3, Berlin, 1983.
- Gierke H.E., & Goldman, D.E. (1988). *Effects of shock and vibration on man*. In : Harris C.M. editor. *Shock and vibration handbook*, 3<sup>rd</sup> ed. New York: McGraw-Hill.
- International Organization for Standards (ISO) 2631-1. (1997). *Mechanical Vibration and shock – Evaluation of human exposure to whole-body vibration – Part 1: General Requirements*. International Standards Organization. Geneva, Switzerland.
- International Organization for Standards (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. Geneva, Switzerland.
- Kelley PL, Dellorusso SJ, Russo CJ. (1998). *Building response to adjacent excavation and construction*. In: Dusenberry DO, Davie JR, editors. *Effects of construction on structures*, ASCE. Geotechnical Special Publication.
- Lenzen, K.H. (1966). *Vibration of Steel Joist – Concrete Slab Floors*. Engineering Journal, AISC: 133-136.

- Mechanical Vibration and Shock—Evaluation of Human Exposure to Whole-Body Vibration ISO 2631: 1997 (1997) ISO 2631(1997) Mechanical Vibration and Shock. *Evaluation of Human Exposure to Whole Body vibration*. part 1 General requirements.
- Murray , Thomas M. (1997). *Acceptability Criterion For Occupant - Induced Floor Vibrations*. *Sound and Vibration*,. Engineering Journal. American Institute of Steel Construction, 2003. 62-70 AISC Online Library. 62-70.
- Reiher, H. and Meister, F. J. (1946). *The Effect of Vibration on People*. U.S. Air Material Command, 2(11): 381-6
- Skipp, B. O. (1997). Ground vibration-codes and standards. In: *Proceedings of the Conference on Ground Dynamics and Man-made Processes*. Institution of Civil Engineers, London.
- Smith Chapman J.W. and Hall (1988). *Application in civil engineering design*. Vibration of structures, p. 338
- Von Gierke, H. E. & Goldman, D. E. (1988). *Effects of shock and vibration on man: Shock and vibration handbook*.: New York: McGraw-Hill.
- Wiffin, A.C., & Leonard, D. R. (1971). *A Survey of Traffic Induced Vibration*, Eng.,
- Wiss, J.F., (1981). *Construction vibrations: State-of-the-Art*. American Society of Civil Engineers, ASCE Journal of Geotechnical Engineering, 107(GT2), pp. 167-181.
- Woods, R.D. (1997). *Dynamic effects of pile installations on adjacent structures, NCHRP 253*. Washington, D.C.: National Academy Press.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ข้อมูลความเร่งและความถี่การสิ้นสະเทือนที่ตรวจวัดได้

ตารางภาคผนวกที่ ก-1 ข้อมูลความเร่งและความถี่การสั่นสะเทือนที่ตรวจวัดได้

กรณียานพาหนะตั้งแต่ 6 ล้อขึ้นไป สัญจรในช่วงเวลา 08.00-10.00 น.

กรณีที่	ตรวจวัดบริเวณผู้เก็บค่าผ่านทาง			ตรวจวัดบริเวณผิวจราจร			ประเภท ยานพาหนะ (ล้อ)	ร้อยละ ขนาด 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	3.7	1	0.0048726	3.7	1	6	30.75
2	0.0051682	3.82	1	0.0111111	3.7	1	6	53.49
3	0.0052396	3.39	1	0.0120693	3.35	1	6	56.59
4	0.0053925	3.75	1	0.015739	3.29	1	6	65.74
5	0.006157	3.63	1	0.0204587	3.32	1	6	69.91
6	0.0068603	3.32	1	0.0277166	3.6	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	0.009735	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	0.010581	3.49	1	0.036371	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	0.015739	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	0.008369	3.78	1	6	24.85
28	0.0066157	3.79	1	0.008369	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

## ตารางภาคผนวกที่ ก-1 (ต่อ)

กรณี	ตรวจวัดบริเวณตู้เก็บค่าผ่านทาง			ตรวจวัดบริเวณผิวจราจร			ประเภท ยานพาหนะ (ล้อ)	ร้อยละ ขนาด 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		
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	0.013792	3.77	1	6	38.36
35	0.0087971	3.3	1	0.0157085	3.57	1	6	44.00
36	0.0089602	3.73	1	0.0179918	3.75	1	6	50.20
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	3.3	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	0.011366	3.73	1	0.0368603	3.26	1	6	69.16
45	0.011366	3.76	1	0.0368603	3.83	1	6	69.16
46	0.012579	3.64	1	0.0382569	3.49	1	6	67.12
47	0.015739	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	0.003578	3.71	1	0.0031804	3.71	1	10	-12.50
56	0.006106	3.75	1	0.0054944	3.75	1	10	-11.13
57	0.0072477	3.8	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	5.1	1	10	42.13

## ตารางภาคผนวกที่ ก-1 (ต่อ)

กรณีที่	ตรวจวัดบริเวณผู้เก็บค่าผ่านทาง			ตรวจวัดบริเวณผิวจราจร			ประเภท ยานพาหนะ (ล้อ)	ร้อยละ ขนาด ความเร่ง ที่ลดลง
	แอมพลิจูด สูงสุด (m/s <sup>2</sup> )	ความถี่ (Hz)	ระดับการ รับรู้การ สั่นสะเทือน	แอมพลิจูด สูงสุด (m/s <sup>2</sup> )	ความถี่ (Hz)	ระดับการ รับรู้การ สั่นสะเทือน		
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	4.6	1	10	66.27
64	0.0040265	3.8	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	0.010367	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	0.006208	3.72	1	18	67.98
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	0.038369	3.88	1	22	57.55

ตารางภาคผนวกที่ ก-2 ข้อมูลความเร่งและความถี่การสั่นสะเทือนที่ตรวจวัดได้

กรณียานพาหนะตั้งแต่ 6 ล้อขึ้นไป สัญจรในช่วงเวลา 15.00-17.00 น.

กรณีที่	ตรวจวัดบริเวณตู้เก็บค่าผ่านทาง			ตรวจวัดบริเวณผิวจราจร			ประเภท ยานพาหนะ (ล้อ)	ร้อยละ ขนาด 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	3.687	1	0.003527	3.683	1	6	-25.1445
2	0.004669	3.349	1	0.00577	3.353	1	6	19.08127
3	0.005627	3.744	1	0.005902	3.793	1	6	4.663212
4	0.00634	4.701	1	0.006014	3.747	1	6	-5.42373
5	0.006157	6.638	1	0.006218	3.797	1	6	0.983607
6	0.006361	3.892	1	0.006748	4.695	1	6	5.740181
7	0.007492	4.398	1	0.00631	4.402	1	6	-18.7399
8	0.00788	4.705	1	0.006952	3.789	1	6	-13.3431
9	0.008104	3.78	1	0.00737	4.507	1	6	-9.95851
10	0.008114	3.349	1	0.008165	3.738	1	6	0.62422
11	0.008318	3.532	1	0.008552	3.429	1	6	2.741359
12	0.010245	4.507	1	0.010387	3.727	1	6	1.373896
13	0.010285	3.336	1	0.010938	3.83	1	6	5.964585
14	0.011519	3.826	1	0.010979	3.688	1	6	-4.92108
15	0.012222	3.797	1	0.01104	3.643	1	6	-10.711
16	0.012508	3.824	1	0.012365	3.654	1	6	-1.15416
17	0.013201	3.734	1	0.013568	3.337	1	6	2.704733
18	0.018002	3.797	1	0.018226	3.797	1	6	1.230425
19	0.02055	3.789	1	0.018226	3.692	1	6	-12.7517
20	0.022355	3.747	1	0.019093	4.73	1	6	-17.0849
21	0.025148	3.452	1	0.022416	3.805	1	6	-12.1874
22	0.005015	3.782	1	0.004465	3.696	1	6	-12.3288
23	0.005535	3.328	1	0.005586	3.78	1	6	0.912409
24	0.005851	3.288	1	0.005912	4.51	1	6	1.034483
25	0.005994	3.904	1	0.006106	3.797	1	6	1.836394
26	0.006096	3.831	1	0.007482	3.892	1	6	18.52861
27	0.006656	3.65	1	0.007625	3.431	1	6	12.70053
28	0.007013	4.493	1	0.008012	3.784	1	6	12.46819
29	0.00739	3.641	1	0.008277	4.753	1	6	10.71429



## ตารางภาคผนวกที่ ก-2 (ต่อ)

กรณีที่	ตรวจวัดบริเวณตู้เก็บค่าผ่านทาง			ตรวจวัดบริเวณผิวจราจร			ประเภท ยานพาหนะ (ล้อ)	ร้อยละ ขนาด 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		
30	0.007421	3.431	1	0.008298	3.349	1	6	10.56511
31	0.007472	3.809	1	0.008338	3.809	1	6	10.3912
32	0.007472	4.707	1	0.009052	3.82	1	6	17.45495
33	0.007645	10.767	1	0.009653	4.493	1	6	20.80253
34	0.007788	3.774	1	0.009959	3.337	1	8	21.80143
35	0.008145	3.852	1	0.010387	3.772	1	8	21.58979
36	0.00842	3.759	1	0.010499	3.704	1	10	19.80583
37	0.008461	3.717	1	0.010714	3.862	1	10	21.02759
38	0.009215	3.698	1	0.010938	3.717	1	10	15.75023
39	0.009399	3.32	1	0.011182	3.732	1	10	15.9526
40	0.009766	3.559	1	0.011427	4.65	1	10	14.54059
41	0.010296	3.727	1	0.011916	3.5	1	10	13.60137
42	0.010836	4.806	1	0.012334	3.757	1	10	12.14876
43	0.01103	4.573	1	0.012824	3.81	1	10	13.99046
44	0.011468	3.723	1	0.013507	3.328	1	10	15.09434
45	0.012599	3.431	1	0.013639	3.683	1	10	7.623318
46	0.012701	3.683	1	0.014077	3.532	1	10	9.775525
47	0.013761	4.884	1	0.014098	3.744	1	10	2.386117
48	0.013843	9.676	1	0.015209	3.316	1	10	8.981233
49	0.015413	3.303	1	0.015362	3.307	1	10	-0.33179
50	0.015413	4.652	1	0.016758	3.784	1	10	8.029197
51	0.015515	3.738	1	0.017187	4.806	1	10	9.727165
52	0.018542	4.51	1	0.0184	4.491	1	10	-0.77562
53	0.018797	3.759	1	0.019246	4.785	1	10	2.330508
54	0.021264	3.82	1	0.020754	3.818	1	12	-2.4558
55	0.005882	3.906	1	0.004873	3.679	1	12	-20.7113
56	0.007513	3.528	1	0.00528	3.526	1	12	-42.278
57	0.007625	3.631	1	0.006045	3.78	1	18	-26.1383
58	0.008716	3.734	1	0.006096	4.779	1	18	-42.9766

## ตารางภาคผนวกที่ ก-2 (ต่อ)

กรณีที่	ตรวจวัดบริเวณตู้เก็บค่าผ่านทาง			ตรวจวัดบริเวณผิวจราจร			ประเภท ยานพาหนะ (ล้อ)	ร้อยละ ขนาด ความเร่ง ที่ลดลง
	แอมพลิจูด สูงสุด (m/s <sup>2</sup> )	ความถี่ (Hz)	ระดับการ รับรู้การ สั่นสะเทือน	แอมพลิจูด สูงสุด (m/s <sup>2</sup> )	ความถี่ (Hz)	ระดับการ รับรู้การ สั่นสะเทือน		
59	0.008716	3.824	1	0.008318	3.824	1	22	-4.77941
60	0.009215	3.753	1	0.009939	4.596	1	22	7.282051
61	0.011162	3.263	1	0.010367	3.288	1	22	-7.66962
62	0.011315	3.351	1	0.010387	3.686	1	22	-8.93032
63	0.012253	3.77	1	0.010571	3.763	1	22	-15.9113
64	0.012701	3.763	1	0.011091	4.533	1	22	-14.5221
65	0.013394	4.781	1	0.012243	3.753	1	22	-9.40883
66	0.014811	3.782	1	0.013894	4.779	1	22	-6.60308
67	0.021264	3.654	1	0.019246	4.764	1	22	-10.4873
68	0.022355	12.853	1	0.022283	3.265	1	22	-0.32022

ตารางภาคผนวกที่ ก-3 ข้อมูลความเร่งและความถี่การสั่นสะเทือนที่ตรวจวัดได้ กรณียานพาหนะ  
4 ล้อขึ้นไป ในช่องบริการ Easy pass สัญจรในช่วงเวลา 10.00-11.00 น.

กรณีที่	ตรวจวัดบริเวณผู้เก็บค่าผ่านทาง			ตรวจวัดบริเวณผิวจราจร			ร้อยละขนาด ความเร่งที่ ลดลง
	แอมพลิจูด สูงสุด (m/s <sup>2</sup> )	ความถี่ (Hz)	ระดับการรับรู้ การสั่นสะเทือน	แอมพลิจูด สูงสุด (m/s <sup>2</sup> )	ความถี่ (Hz)	ระดับการ รับรู้การ สั่นสะเทือน	
1	0.002701	4.32	1	0.003191	3.231	1	15.33546
2	0.003231	13.98	0	0.003751	3.542	1	13.8587
3	0.003466	3.33	1	0.003843	4.731	1	9.814324
4	0.003558	4.32	1	0.0042	3.406	1	15.29126
5	0.003649	4.79	1	0.004241	4.722	1	13.94231
6	0.003751	4.49	1	0.004292	3.317	1	12.58907
7	0.003792	4.69	1	0.004292	3.322	1	11.63895
8	0.003935	3.42	1	0.004638	4.621	1	15.16484
9	0.004292	4.72	1	0.005005	3.416	1	14.25662
10	0.004557	3.27	1	0.005168	3.36	1	11.83432
11	0.004557	3.28	1	0.006116	3.356	1	25.5
12	0.004618	5.00	1	0.006208	3.332	1	25.61576
13	0.004638	4.61	1	0.006279	3.316	1	26.13636
14	0.004638	4.64	1	0.006279	3.326	1	26.13636
15	0.004709	3.33	1	0.006412	3.479	1	26.55008
16	0.004771	4.93	1	0.006616	3.211	1	27.88906
17	0.004842	3.32	1	0.006758	3.311	1	28.35596
18	0.004842	3.38	1	0.006758	3.343	1	28.35596
19	0.004893	3.31	1	0.004944	4.753	1	1.030928
20	0.004903	4.39	1	0.00526	4.814	1	6.782946
21	0.005953	3.54	1	0.005321	4.337	1	-11.8774
22	0.006035	3.34	1	0.006035	4.722	1	0
23	0.006595	3.30	1	0.006055	4.791	1	-8.92256
24	0.006922	3.30	1	0.006055	4.837	1	-14.3098
25	0.004373	5.06	1	0.006188	4.638	1	29.32455
26	0.004618	5.03	1	0.006208	4.764	1	25.61576
27	0.004995	4.72	1	0.006239	4.339	1	19.93464
28	0.005087	4.44	1	0.006259	4.499	1	18.72964
29	0.005168	4.37	1	0.006279	4.811	1	17.69481

## ตารางภาคผนวกที่ ก-3 (ต่อ)

กรณี ที่	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)	ระดับการ รับรู้การ สั่นสะเทือน	
30	0.005443	5.01	1	0.006483	4.617	1	16.03774
31	0.005443	5.02	1	0.006483	4.653	1	16.03774
32	0.005535	4.33	1	0.006514	4.821	1	15.02347
33	0.005973	4.48	1	0.006544	4.892	1	8.722741
34	0.005973	4.99	1	0.006616	4.924	1	9.707242
35	0.006188	4.89	1	0.006646	4.453	1	6.90184
36	0.006249	5.15	1	0.006718	4.747	1	6.980273
37	0.006361	3.91	1	0.006769	4.629	1	6.024096
38	0.006361	3.93	1	0.007013	4.731	1	9.302326
39	0.006361	3.93	1	0.007309	4.768	1	12.97071
40	0.006432	4.67	1	0.007635	3.274	1	15.75434
41	0.006432	4.75	1	0.007635	3.286	1	15.75434
42	0.006565	4.76	1	0.007727	4.69	1	15.03958
43	0.006636	14.24	1	0.007788	3.608	1	14.79058
44	0.006891	4.86	1	0.008532	4.917	1	19.23536
45	0.006993	9.16	1	0.008583	5.008	1	18.52732
46	0.00735	4.56	1	0.008818	5.035	1	16.6474
47	0.007462	4.90	1	0.008818	5.046	1	15.37572
48	0.007462	4.90	1	0.009103	4.375	1	18.02912
49	0.007747	4.47	1	0.009103	4.974	1	14.89362
50	0.007747	4.79	1	0.009185	4.354	1	15.64928
51	0.007859	3.34	1	0.009185	4.554	1	14.42841
52	0.008073	4.56	1	0.009419	4.721	1	14.28571
53	0.008135	3.46	1	0.009592	4.701	1	15.1966
54	0.008277	3.34	1	0.009857	4.747	1	16.02896
55	0.00842	3.34	1	0.009867	3.911	1	14.66942
56	0.008685	4.66	1	0.010143	4.765	1	14.37186
57	0.008685	4.96	1	0.010163	3.536	1	14.54363
58	0.009195	3.28	1	0.011519	9.162	1	20.17699

## ตารางภาคผนวกที่ ก-3 (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)	ระดับการ รับรู้การ สั่นสะเทือน	
61	0.009195	3.28	1	0.011988	5.146	1	23.29932
62	0.009307	5.32	1	0.013853	5.121	1	32.81825
63	0.009307	5.34	1	0.014577	3.278	1	36.15385
64	0.009674	4.58	1	0.014577	4.64	1	33.63636
65	0.009745	3.33	1	0.014709	3.301	1	33.74913
66	0.009908	5.00	1	0.014822	4.993	1	33.14993
67	0.009908	5.13	0	0.014822	5.128	1	33.14993
68	0.010082	3.28	1	0.015015	4.634	1	32.85811
69	0.010316	3.34	1	0.015015	4.686	1	31.29667
70	0.010499	5.12	1	0.015015	4.964	1	30.07468
71	0.011325	4.74	1	0.016177	4.798	1	29.9937
72	0.016453	4.70	1	0.018695	4.753	1	11.99564
73	0.003925	4.46	1	0.004638	4.571	1	15.38462
74	0.003996	3.33	1	0.004934	3.437	1	19.00826
75	0.005708	3.53	1	0.006514	4.808	1	12.36307
76	0.006218	4.42	1	0.006677	4.434	1	6.870229
77	0.007564	4.94	1	0.009103	4.613	1	16.90929
78	0.008573	4.84	1	0.009867	3.935	1	13.11983

ตารางภาคผนวกที่ ก-4 ข้อมูลความเร่งและความถี่การสั่นสะเทือนที่ตรวจวัดได้ กรณียานพาหนะ  
4 ล้อขึ้นไป ในช่องบริการปกติ สัญจรในช่วงเวลา 10.00-11.00 น.

กรณีที่	ตรวจวัดบริเวณผู้เก็บค่าผ่านทาง			ตรวจวัดบริเวณผิวจราจร			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	0.000734	3.38	0	0.000734	4.56	1	0
2	0.000989	3.44	0	0.001019	5.949	1	3
3	0.001009	4.38	0	0.001284	3.328	1	21.42857
4	0.001346	4.46	0	0.001488	4.425	1	9.589041
5	0.001488	4.53	0	0.001825	4.776	1	18.43575
6	0.001539	4.54	0	0.001855	3.356	1	17.03297
7	0.001539	4.56	0	0.00213	4.776	1	27.7512
8	0.00159	4.58	0	0.002161	4.818	1	26.41509
9	0.00159	4.60	0	0.002222	3.353	1	28.44037
10	0.001682	4.71	0	0.002375	3.278	1	29.18455
11	0.001702	4.73	0	0.002436	4.482	1	30.12552
12	0.001723	4.74	0	0.002467	6.057	1	30.16529
13	0.002059	4.75	0	0.00265	3.309	1	22.30769
14	0.002202	4.76	0	0.002681	4.694	1	17.87072
15	0.002304	4.76	0	0.002722	3.377	1	15.35581
16	0.002304	4.76	0	0.002732	4.762	1	15.67164
17	0.002508	4.87	0	0.002803	3.326	1	10.54545
18	0.002548	4.92	0	0.002803	4.69	1	9.090909
19	0.00265	6.14	0	0.002885	5.239	1	8.127208
20	0.00265	10.15	0	0.002905	4.743	1	8.77193
21	0.002701	10.17	0	0.002926	4.943	1	7.665505
22	0.002722	10.25	0	0.002956	4.791	1	7.931034
23	0.002742	10.70	0	0.002997	4.499	1	8.503401
24	0.002783	11.24	0	0.003109	3.332	1	10.4918
25	0.002915	11.43	0	0.003109	3.461	1	6.229508
26	0.003017	14.10	0	0.00316	5.016	1	4.516129
27	0.003038	14.18	0	0.003293	3.32	1	7.739938
28	0.00314	14.22	0	0.003354	4.705	1	6.382979
29	0.003221	14.25	0	0.003384	4.636	1	4.819277

## ตารางภาคผนวกที่ ก-4 (ต่อ)

กรณีที่	ตรวจวัดบริเวณตู้เก็บค่าผ่านทาง			ตรวจวัดบริเวณผิวจราจร			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	
30	0.003293	14.32	0	0.003435	3.686	1	4.154303
31	0.003313	14.33	0	0.003496	3.389	1	5.247813
32	0.003323	14.34	0	0.003517	4.755	1	5.507246
33	0.003435	14.35	0	0.003537	4.518	1	2.881844
34	0.003445	14.38	0	0.003629	4.758	1	5.05618
35	0.003445	14.44	0	0.003731	4.371	1	7.650273
36	0.003445	14.45	0	0.003853	3.305	1	10.58201
37	0.003445	14.66	0	0.003863	4.694	1	10.81794
38	0.003568	14.85	0	0.004006	3.379	1	10.94148
39	0.00369	14.88	0	0.004067	4.755	1	9.273183
40	0.00369	2.24	1	0.0042	3.406	1	12.13592
41	0.00371	3.15	1	0.00421	4.726	1	11.86441
42	0.003751	3.26	1	0.004292	4.76	1	12.58907
43	0.003823	3.26	1	0.004353	3.358	1	12.17799
44	0.003894	3.28	1	0.004353	3.358	1	10.53864
45	0.003925	3.29	1	0.004353	3.377	1	9.836066
46	0.003935	3.29	1	0.004363	3.356	1	9.813084
47	0.003935	3.30	1	0.004424	4.409	1	11.05991
48	0.004006	3.30	1	0.004424	4.411	1	9.447005
49	0.004027	3.30	1	0.004424	4.758	1	8.986175
50	0.004149	3.31	1	0.004465	3.545	1	7.077626
51	0.00419	3.31	1	0.004577	4.562	1	8.463252
52	0.004261	3.31	1	0.00474	3.354	1	10.10753
53	0.004271	3.31	1	0.00474	4.367	1	9.892473
54	0.004271	3.32	1	0.004811	3.288	1	11.22881
55	0.004292	3.32	1	0.004842	3.366	1	11.36842
56	0.004292	3.32	1	0.004852	3.318	1	11.55462
57	0.004332	3.32	1	0.004913	3.398	1	11.82573
58	0.004343	3.32	1	0.004913	4.715	1	11.61826

## ตารางภาคผนวกที่ ก-4 (ต่อ)

กรณีที่	ตรวจวัดบริเวณผู้เก็บค่าผ่านทาง			ตรวจวัดบริเวณผิวจราจร			ร้อยละขนาด ความเร่งที่ ลดลง
	แอมพลิจูด สูงสุด (m/s <sup>2</sup> )	ความถี่ (Hz)	ระดับการรับรู้ การสั่นสะเทือน	แอมพลิจูด สูงสุด (m/s <sup>2</sup> )	ความถี่ (Hz)	ระดับการ รับรู้การ สั่นสะเทือน	
59	0.004434	3.33	1	0.004975	3.307	1	10.86066
60	0.004444	3.34	1	0.005229	3.37	1	15.00975
61	0.004475	3.34	1	0.005229	3.393	1	14.42495
62	0.004536	3.35	1	0.00526	3.391	1	13.75969
63	0.004546	3.35	1	0.005311	3.398	1	14.39539
64	0.004557	3.35	1	0.005607	3.345	1	18.72727
65	0.004587	3.36	1	0.005861	3.379	1	21.73913
66	0.004597	3.37	1	0.006086	3.315	1	24.45561
67	0.004689	3.37	1	0.006126	3.459	1	23.4609
68	0.004699	3.37	1	0.006259	3.37	1	24.91857
69	0.004709	3.37	1	0.006259	3.425	1	24.7557
70	0.004709	3.38	1	0.006361	3.299	1	25.96154
71	0.00474	3.38	1	0.006361	3.313	1	25.48077
72	0.004771	3.38	1	0.006371	3.227	1	25.12
73	0.004852	3.38	1	0.006412	3.479	1	24.32432
74	0.004893	3.39	1	0.006758	3.343	1	27.60181
75	0.004944	3.41	1	0.007074	3.356	1	30.11527
76	0.005025	3.41	1	0.007146	3.248	1	29.6719
77	0.005076	3.42	1	0.005097	4.472	1	0.4
78	0.005087	3.42	1	0.005097	4.715	1	0.2
79	0.005148	3.43	1	0.00525	4.587	1	1.941748
80	0.00524	3.45	1	0.005311	4.526	1	1.34357
81	0.005352	3.46	1	0.005413	4.652	1	1.129944
82	0.005484	3.48	1	0.005413	4.734	1	-1.31827
83	0.005484	3.48	1	0.005515	4.337	1	0.554529
84	0.005515	3.51	1	0.005515	4.358	1	0
85	0.005698	3.62	1	0.005576	4.734	1	-2.19378
86	0.005698	3.64	1	0.005688	4.463	1	-0.17921
87	0.005984	3.68	1	0.005912	4.554	1	-1.2069



## ตารางภาคผนวกที่ ก-4 (ต่อ)

กรณีที่	ตรวจวัดบริเวณผู้เก็บค่าผ่านทาง			ตรวจวัดบริเวณผิวจราจร			ร้อยละขนาด ความเร่งที่ ลดลง
	แอมพลิจูด สูงสุด (m/s <sup>2</sup> )	ความถี่ (Hz)	ระดับการรับรู้ การสั่นสะเทือน	แอมพลิจูด สูงสุด (m/s <sup>2</sup> )	ความถี่ (Hz)	ระดับการ รับรู้การ สั่นสะเทือน	
88	0.006035	3.80	1	0.006014	4.606	1	-0.33898
89	0.006035	3.94	1	0.006269	10.141	1	3.739837
90	0.006096	3.97	1	0.006269	10.162	1	2.764228
91	0.006096	4.15	1	0.00632	4.657	1	3.548387
92	0.006157	4.31	1	0.006483	4.617	1	5.031447
93	0.00633	4.32	1	0.006483	4.653	1	2.358491
94	0.006483	4.33	1	0.006514	4.808	1	0.469484
95	0.006493	4.33	1	0.006514	4.821	1	0.312989
96	0.006901	4.34	1	0.006555	4.371	1	-5.28771
97	0.006911	4.34	1	0.006585	5.596	1	-4.95356
98	0.004964	4.35	1	0.006707	4.789	1	25.98784
99	0.005076	4.36	1	0.006738	4.535	1	24.65961
100	0.005076	4.36	1	0.006789	4.613	1	25.22523
101	0.005158	4.38	1	0.007146	4.518	1	27.8174
102	0.00524	4.40	1	0.007187	4.852	1	27.0922
103	0.00528	4.40	1	0.007197	5.024	1	26.6289
104	0.005352	4.40	1	0.007238	4.716	1	26.05634
105	0.005678	4.41	1	0.007288	4.644	1	22.0979
106	0.005708	4.41	1	0.007288	4.655	1	21.67832
107	0.00579	4.42	1	0.007329	3.309	1	21.00139
108	0.005831	4.42	1	0.007329	4.316	1	20.44506
109	0.005984	4.44	1	0.007533	4.688	1	20.56834
110	0.005984	4.46	1	0.007564	3.845	1	20.88949
111	0.006055	4.48	1	0.007584	3.421	1	20.16129
112	0.006086	4.48	1	0.007584	4.838	1	19.75806
113	0.006483	4.50	1	0.007594	3.376	1	14.63087
114	0.006504	4.50	1	0.007635	4.77	1	14.81976
115	0.006504	4.52	1	0.00787	3.391	1	17.35751
116	0.006789	4.54	1	0.00792	4.673	1	14.28571

## ตารางภาคผนวกที่ ก-4 (ต่อ)

กรณีที่	ตรวจวัดบริเวณผู้เก็บค่าผ่านทาง			ตรวจวัดบริเวณผิวจราจร			ร้อยละขนาด ความเร่งที่ ลดลง
	แอมพลิจูด สูงสุด (m/s <sup>2</sup> )	ความถี่ (Hz)	ระดับการรับรู้ การสั่นสะเทือน	แอมพลิจูด สูงสุด (m/s <sup>2</sup> )	ความถี่ (Hz)	ระดับการ รับรู้การ สั่นสะเทือน	
117	0.006789	4.54	1	0.007941	3.458	1	14.50578
118	0.006962	4.55	1	0.007961	3.278	1	12.54802
119	0.007176	4.56	1	0.007961	3.355	1	9.859155
120	0.007176	4.58	1	0.007961	4.627	1	9.859155
121	0.007176	4.60	1	0.007982	3.318	1	10.0894
122	0.007268	4.62	1	0.008043	3.309	1	9.632446
123	0.007268	4.65	1	0.008135	4.57	1	10.65163
124	0.007339	4.66	1	0.008216	5.615	1	10.66998
125	0.007339	4.67	1	0.008471	4.299	1	13.3574
126	0.007441	4.67	1	0.008532	4.434	1	12.78375
127	0.007472	4.68	1	0.008675	4.322	1	13.86604
128	0.007472	4.69	1	0.008705	4.514	1	14.16862
129	0.007768	4.70	1	0.008899	4.138	1	12.71478
130	0.007778	4.70	1	0.00948	3.423	1	17.95699
131	0.007788	4.70	1	0.009501	4.47	1	18.02575
132	0.007798	4.70	1	0.009521	4.627	1	18.09422
133	0.00789	4.70	1	0.010143	3.313	1	22.21106
134	0.00789	4.72	1	0.010866	3.406	1	27.39212
135	0.00789	4.73	1	0.010866	3.549	1	27.39212
136	0.00842	4.74	1	0.010866	3.637	1	22.51407
137	0.00842	4.74	1	0.010948	3.3855	1	23.09125
138	0.008838	4.74	1	0.010948	3.803	1	19.27374
139	0.009144	4.74	1	0.011111	4.77	1	17.70642
140	0.009164	4.75	1	0.011111	6.782	1	17.52294
141	0.009164	4.76	1	0.011315	3.612	1	19.00901
142	0.009623	4.77	1	0.011794	3.341	1	18.40968
143	0.010377	4.78	1	0.011906	4.755	1	12.84247
144	0.015464	4.78	1	0.012069	4.589	1	-28.125
145	0.017706	4.79	1	0.01315	3.265	1	-34.6512

## ตารางภาคผนวกที่ ก-4 (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)	ระดับการ รับรู้การ สั่นสะเทือน	
146	0.017706	4.80	1	0.01315	3.284	1	-34.6512
147	0.002304	4.80	1	0.006758	3.311	1	65.91252
148	0.003303	4.82	1	0.007074	3.299	1	53.31412
149	0.003486	4.83	1	0.005912	4.509	1	41.03448
150	0.003527	4.89	1	0.007768	4.369	1	54.59318
151	0.0037	4.89	1	0.007819	3.482	1	52.67275
152	0.004292	4.90	1	0.008848	3.328	1	51.4977
153	0.004587	5.00	1	0.008899	3.429	1	48.45361
154	0.004924	5.02	1	0.008919	5.102	1	44.8
155	0.006035	5.22	1	0.009602	4.665	1	37.15499
156	0.00632	5.58	1	0.009949	3.217	1	36.47541
157	0.006993	5.62	1	0.01316	4.682	1	46.8629
158	0.007543	6.12	1	0.013445	4.545	1	43.89689
159	0.007594	6.80	1	0.015729	3.324	1	51.71743
160	0.008461	11.47	1	0.015872	3.305	1	46.69236

ภาคผนวก ข

ข้อมูลระดับการรับรู้การสิ้นสะท้อนที่ได้จากการสัมภาษณ์

ตารางภาคผนวกที่ ข-1 ข้อมูลระดับการรับรู้การสั้นสะเทือนที่ได้จากการสัมภาษณ์

ช่องบริการรถบรรทุก สัญจรในช่วงเวลา 08.00-10.00 น.

ลำดับ	เวลา	ประเภทยานพาหนะ						ระดับการรับรู้การสั้นสะเทือน			
		4 ล้อ	6 ล้อ	8 ล้อ	10 ล้อ	12 ล้อ	18 ล้อ	22 ล้อ	รู้สึกได้	รู้สึก ได้บ้าง	รู้สึกได้ อย่างชัดเจน
1	8.18.05						1			1	
2	8.18.50	1							1		
3	8.19.25				1					1	
4	8.19.40		1						1		
5	8.21.04	1							1		
6	8.21.32		1							1	
7	8.22.20	1							1		
8	8.22.40	1							1		
9	8.22.52		1						1		
10	8.23.05	1							1		
11	8.23.15	1							1		
12	8.23.55		1							1	
13	8.23.55	1							1		
14	8.24.20				1				1		
15	8.24.40				1				1		
16	8.25.03	1							1		
17	8.25.14	1							1		
18	8.25.30	1							1		
19	8.25.40	1								1	
20	8.25.55	1							1		
21	8.26.12				1						1
22	8.26.32		1							1	
23	8.26.51	1							1		
24	8.27.07		1							1	
25	8.27.36		1						1		
26	8.27.56		1							1	
27	8.28.42	1							1		
28	8.28.56	1							1		
29	8.29.17	1							1		
30	8.29.37	1							1		

## ตารางภาคผนวกที่ ข-1 (ต่อ)

ลำดับ	เวลา	ประเภทยานพาหนะ							ระดับการรับรู้การสิ้นสะท้อน			
		4 ล้อ	6 ล้อ	8 ล้อ	10 ล้อ	12 ล้อ	18 ล้อ	22 ล้อ	รู้สึกได้	รู้สึก ได้บ้าง	รู้สึกได้ อย่างชัดเจน	รู้สึก ไม่พอใจ
31	8.30.08	1							1			
32	8.30.47						1				1	
33	8.31.04	1							1			
34	8.31.22		1						1			
35	8.31.38	1							1			
36	8.31.49	1							1			
37	8.32.06	1							1			
38	8.32.27	1							1			
39	8.32.43	1							1			
40	8.33.13						1				1	
41	8.33.33	1							1			
42	8.34.46	1							1			
43	8.35.18		1							1		
44	8.35.25	1							1			
45	8.35.40	1							1			
46	8.35.52	1								1		
47	8.36.16	1							1			
48	8.36.26	1							1			
49	8.36.45		1								1	
50	8.36.49	1							1			
51	8.37.25	1								1		
52	8.37.45	1							1			
53	8.38.00	1							1			
54	8.38.12	1								1		
55	8.38.30	1								1		
56	8.39.35	1							1			
57	8.39.50	1							1			
58	8.40.08	1							1			
59	8.40.28	1							1			
60	8.40.40	1							1			

## ตารางภาคผนวกที่ ข-1 (ต่อ)

ลำดับ	เวลา	ประเภทยานพาหนะ							ระดับการรับรู้การสิ้นสะท้อน			
		4 ล้อ	6 ล้อ	8 ล้อ	10 ล้อ	12 ล้อ	18 ล้อ	22 ล้อ	รู้สึกได้	รู้สึก ได้บ้าง	รู้สึกได้ อย่างชัดเจน	รู้สึก ไม่พอใจ
61	8.40.49	1							1			
62	8.41.15	1							1			
63	8.42.33	1							1			
64	8.42.48	1							1			
65	8.43.14	1							1			
66	8.43.35	1							1			
67	8.43.50	1							1			
68	8.44.20	1							1			
69	8.44.30	1							1			
70	8.44.47	1								1		
71	8.45.15	1							1			
72	8.45.40				1						1	
73	8.46.16		1							1		
74	8.46.22		1							1		
75	8.46.37	1							1			
76	8.46.57	1							1			
77	8.47.16	1								1		
78	8.47.59	1							1			
79	8.49.46	1							1			
80	8.49.51	1							1			
81	8.50.15	1							1			
82	8.50.34				1					1		
83	8.50.55		1							1		
84	8.51.08	1							1			
85	8.51.25	1							1			
86	8.51.43	1							1			
87	8.51.56	1								1		
88	8.52.11	1							1			
89	8.52.30	1							1			
90	8.52.48		1							1		

## ตารางภาคผนวกที่ ข-1 (ต่อ)

ลำดับ	เวลา	ประเภทยานพาหนะ							ระดับการรับรู้การสิ้นสะท้อน			
		4 ล้อ	6 ล้อ	8 ล้อ	10 ล้อ	12 ล้อ	18 ล้อ	22 ล้อ	รู้สึกได้	รู้สึก ได้บ้าง	รู้สึกได้ อย่างชัดเจน	รู้สึก ไม่พอใจ
91	8.53.00		1							1		
92	8.53.12	1							1			
93	8.53.34				1						1	
94	8.53.48		1							1		
95	8.54.04	1							1			
96	8.54.18	1							1			
97	8.54.30	1							1			
98	8.54.50	1							1			
99	8.55.02	1							1			
100	8.55.15	1							1			
101	8.55.35	1							1			
102	8.55.49	1							1			
103	8.56.08	1							1			
104	8.56.20	1							1			
105	8.56.35	1							1			
106	8.56.46	1							1			
107	8.57.01	1							1			
108	8.57.13	1							1			
109	8.57.22	1							1			
110	8.57.36	1							1			
111	8.57.50	1									1	
112	8.58.10	1								1		
113	8.58.28	1							1			
114	8.58.35	1							1			
115	8.58.46	1							1			
116	8.59.01	1							1			
117	9.00.12	1							1			
118	9.01.10		1						1			
119	9.01.28	1							1			
120	9.01.40	1							1			



## ตารางภาคผนวกที่ ข-1 (ต่อ)

ลำดับ	เวลา	ประเภทยานพาหนะ							ระดับการรับรู้การสิ้นสะท้อน			
		4 ล้อ	6 ล้อ	8 ล้อ	10 ล้อ	12 ล้อ	18 ล้อ	22 ล้อ	รู้สึกได้	รู้สึก ได้บ้าง	รู้สึกได้ อย่างชัดเจน	รู้สึก ไม่พอใจ
121	9.01.50	1							1			
122	9.02.05	1							1			
123	9.02.29	1							1			
124	9.02.43	1							1			
125	9.03.40		1							1		
126	9.03.50		1							1		
127	9.04.05		1								1	
128	9.04.20		1							1		
129	9.04.36	1							1			
130	9.05.10	1							1			
131	9.05.25	1							1			
132	9.05.40	1								1		
133	9.05.56	1							1			
134	9.06.23		1						1			
135	9.06.38						1				1	
136	9.07.03						1			1		
137	9.07.28		1							1		
138	9.07.43	1							1			
139	9.07.58	1							1			
140	9.08.13	1							1			
141	9.08.25	1							1			
142	9.08.42	1							1			
143	9.08.57	1							1			
144	9.09.11	1							1			
145	9.09.30	1							1			
146	9.09.55	1							1			
147	9.10.05	1							1			
148	9.10.19	1							1			
149	9.10.34	1							1			
150	9.10.55	1							1			

## ตารางภาคผนวกที่ ข-1 (ต่อ)

ลำดับ	เวลา	ประเภทยานพาหนะ							ระดับการรับรู้การสิ้นสะท้อน			
		4 ล้อ	6 ล้อ	8 ล้อ	10 ล้อ	12 ล้อ	18 ล้อ	22 ล้อ	รู้สึกได้	รู้สึก ได้บ้าง	รู้สึกได้ อย่างชัดเจน	รู้สึก ไม่พอใจ
151	9.11.09	1							1			
152	9.11.20	1							1			
153	9.11.44	1							1			
154	9.11.56	1							1			
155	9.12.10	1							1			
156	9.12.25	1							1			
157	9.12.38	1							1			
158	9.12.52	1							1			
159	9.13.05	1							1			
160	9.13.28	1							1			
161	9.13.55	1							1			
162	9.14.16	1							1			
163	9.14.27	1							1			
164	9.14.30	1							1			
165	9.14.47	1								1		
166	9.15.05	1							1			
167	9.19.15	1							1			
168	9.19.45	1							1			
169	9.19.55	1							1			
170	9.20.08	1							1			
171	9.21.05				1						1	
172	9.21.45					1					1	
173	9.22.04		1							1		
174	9.22.25				1					1		
175	9.22.46		1							1		
176	9.23.04		1						1			
177	9.23.38		1						1			
178	9.23.55	1							1			
179	9.24.05	1							1			
180	9.24.20	1							1			

## ตารางภาคผนวกที่ ข-1 (ต่อ)

ลำดับ	เวลา	ประเภทยานพาหนะ							ระดับการรับรู้การสิ้นสะท้อน			
		4 ล้อ	6 ล้อ	8 ล้อ	10 ล้อ	12 ล้อ	18 ล้อ	22 ล้อ	รู้สึกได้	รู้สึก ได้บ้าง	รู้สึกได้ อย่างชัดเจน	รู้สึก ไม่พอใจ
181	9.24.35		1						1			
182	9.24.45	1							1			
183	9.25.05	1							1			
184	9.25.20	1							1			
185	9.25.30	1							1			
186	9.25.43	1								1		
187	9.27.20	1							1			
188	9.27.50	1							1			
189	9.28.19	1							1			
190	9.28.25	1							1			
191	9.28.40	1							1			
192	9.29.15						1			1		
193	9.29.30	1							1			
194	9.29.45		1							1		
195	9.30.14		1							1		
196	9.30.38				1						1	
197	9.30.50	1							1			
198	9.31.10		1						1			
199	9.31.30		1						1			
200	9.31.50		1								1	
201	9.32.05		1							1		
202	9.32.25		1							1		
203	9.32.45		1						1			
204	9.33.08		1						1			
205	9.33.25		1						1			
206	9.33.40		1						1			
207	9.33.53	1							1			
208	9.34.10	1							1			
209	9.34.27		1						1			
210	9.34.36		1						1			

## ตารางภาคผนวกที่ ข-1 (ต่อ)

ลำดับ	เวลา	ประเภทยานพาหนะ							ระดับการรับรู้การสิ้นสะท้อน			
		4 ล้อ	6 ล้อ	8 ล้อ	10 ล้อ	12 ล้อ	18 ล้อ	22 ล้อ	รู้สึกได้	รู้สึก ได้บ้าง	รู้สึกได้ อย่างชัดเจน	รู้สึก ไม่พอใจ
211	9.35.02	1							1			
212	9.35.15		1						1			
213	9.35.30	1							1			
214	9.35.38	1							1			
215	9.35.55	1							1			
216	9.36.14							1		1		
217	9.36.37							1		1		
218	9.36.56	1							1			
219	9.37.20		1						1			
220	9.37.38		1						1			
221	9.37.54	1								1		
222	9.38.03	1							1			
223	9.38.24	1							1			
224	9.38.38	1							1			
225	9.38.55							1		1		
226	9.39.15		1							1		
227	9.39.34		1							1		
228	9.39.54	1							1			
229	9.40.10					1			1			
230	9.40.28		1						1			
231	9.40.45		1						1			
232	9.40.59	1									1	
233	9.41.14	1								1		
234	9.41.25	1							1			
235	9.41.40	1							1			
236	9.41.50	1								1		
237	9.42.06	1							1			
238	9.42.20	1								1		
239	9.42.33	1							1			
240	9.42.48	1							1			

## ตารางภาคผนวกที่ ข-1 (ต่อ)

ลำดับ	เวลา	ประเภทยานพาหนะ							ระดับการรับรู้การสิ้นสะท้อน			
		4 ล้อ	6 ล้อ	8 ล้อ	10 ล้อ	12 ล้อ	18 ล้อ	22 ล้อ	รู้สึกได้	รู้สึก ได้บ้าง	รู้สึกได้ อย่างชัดเจน	รู้สึก ไม่พอใจ
241	9.43.04	1								1		
242	9.43.24							1	1			
243	9.43.45	1							1			
244	9.43.58	1							1			
245	9.44.12	1							1			
246	9.44.20	1							1			
247	9.44.36	1							1			
248	9.44.55		1						1			
249	9.59.12	1							1			
250	9.59.36		1								1	
251	9.59.55		1						1			
252	10.00.08	1							1			
253	10.00.36	1							1			
254	10.00.52	1							1			
255	10.01.22		1							1		
256	10.01.35		1							1		
257	10.01.47		1							1		
258	10.02.05		1							1		
259	10.02.12		1							1		
260	10.04.14						1			1		
261	10.04.30		1							1		
262	10.04.47				1					1		
263	10.05.27		1							1		
264	10.05.53							1		1		
265	10.06.16	1								1		
266	10.06.32		1							1		
267	10.06.49	1								1		
268	10.07.04				1					1		
269	10.07.25	1								1		
270	10.07.36	1								1		

## ตารางภาคผนวกที่ ข-1 (ต่อ)

ลำดับ	เวลา	ประเภทยานพาหนะ							ระดับการรับรู้การสิ้นสะท้อน			
		4 ล้อ	6 ล้อ	8 ล้อ	10 ล้อ	12 ล้อ	18 ล้อ	22 ล้อ	รู้สึกได้	รู้สึก ได้บ้าง	รู้สึกได้ อย่างชัดเจน	รู้สึก ไม่พอใจ
271	10.07.51	1							1			
272	10.08.06		1						1			
273	10.08.22	1							1			
274	10.08.32	1							1			
275	10.08.47	1							1			
276	10.09.03	1							1			
277	10.09.07	1							1			
278	10.09.30	1							1			
279	10.09.50	1							1			
280	10.10.00	1							1			
281	10.10.13	1							1			
282	10.10.25	1							1			
283	10.10.37	1							1			
284	10.10.48	1							1			
285	10.11.01	1							1			
286	10.11.14	1							1			
287	10.11.28	1							1			
288	10.11.46		1						1			
289	10.12.04		1						1			
290	10.12.25	1							1			
291	10.12.35	1							1			
292	10.12.52		1						1			
293	10.13.10		1							1		
294	10.13.27			1						1		
295	10.13.48			1						1		
296	10.14.10			1						1		
297	10.14.26							1		1		
298	10.14.46	1							1			
299	10.14.59	1								1		
300	10.15.10	1							1			

## ตารางภาคผนวกที่ ข-1 (ต่อ)

ลำดับ	เวลา	ประเภทยานพาหนะ							ระดับการรับรู้การสิ้นสะท้อน			
		4 ล้อ	6 ล้อ	8 ล้อ	10 ล้อ	12 ล้อ	18 ล้อ	22 ล้อ	รู้สึกได้	รู้สึก ได้บ้าง	รู้สึกได้ อย่างชัดเจน	รู้สึก ไม่พอใจ
301	10.15.34	1							1			
302	10.15.54				1					1		
303	10.16.08	1							1			
304	10.16.29	1							1			
305	10.16.43	1							1			
306	10.17.00		1							1		
307	10.17.20				1					1		
308	10.17.34	1							1			
309	10.17.50							1		1		
310	10.18.13						1			1		

ตารางภาคผนวกที่ ข-2 ข้อมูลระดับการรับรู้การสั้นสะเทือนที่ได้จากการสัมภาษณ์  
 ช่องบริการรถบรรทุก สัญจรในช่วงเวลา 15.00-17.00 น.

ลำดับ	เวลา	ประเภทยานพาหนะ							ระดับการรับรู้การสั้นสะเทือน			
		4 ล้อ	6 ล้อ	8 ล้อ	10 ล้อ	12 ล้อ	18 ล้อ	22 ล้อ	รู้สึกได้	รู้สึก ได้บ้าง	รู้สึกได้ อย่างชัดเจน	รู้สึก ไม่พอใจ
1	15.10.54		1							1		
2	15.12.37		1							1		
3	15.12.54				1					1		
4	15.14.00		1						1			
5	15.14.31		1							1		
6	15.16.10		1						1			
7	15.16.50					1					1	
8	15.17.11				1						1	
9	15.17.25		1						1			
10	15.19.04							1			1	
11	15.20.15						1				1	
12	15.20.27		1							1		
13	15.21.12		1						1			
14	15.21.50		1						1			
15	15.22.45						1			1		
16	15.23.20							1			1	
17	15.23.40				1					1		
18	15.24.28				1					1		
19	15.26.32		1						1			
20	15.26.54		1							1		
21	15.27.10				1					1		
22	15.27.41		1							1		
23	15.28.16		1							1		
24	15.28.22		1							1		
25	15.29.38							1			1	
26	15.30.00		1						1			
27	15.31.12		1						1			
28	15.33.27		1						1			
29	15.33.47							1			1	
30	15.34.06							1			1	



## ตารางภาคผนวกที่ ข-2 (ต่อ)

ลำดับ	เวลา	ประเภทยานพาหนะ								ระดับการรับรู้การสิ้นสะท้อน			
		4 ล้อ	6 ล้อ	8 ล้อ	10 ล้อ	12 ล้อ	18 ล้อ	22 ล้อ	รู้ สึก ได้	รู้ สึก ได้ บ้าง	รู้ สึก ได้ อย่าง ชัดเจน	รู้ สึก ไม่ พอใจ	
31	15.35.02		1							1			
32	15.35.30		1						1				
33	15.37.13		1							1			
34	15.37.30		1						1				
35	15.38.50		1						1				
36	15.40.54							1			1		
37	15.41.20				1						1		
38	15.41.49							1		1			
39	15.42.50		1						1				
40	15.43.23		1						1				
41	15.44.48		1						1				
42	15.45.16		1							1			
43	15.45.46				1						1		
44	15.46.25		1						1				
45	15.47.20		1						1				
46	15.48.16				1					1			
47	15.48.36							1			1		
48	15.49.06		1							1			
49	15.49.30		1							1			
50	15.51.45		1							1			
51	15.52.02				1					1			
52	15.53.53			1					1				
53	15.54.17							1		1			
54	15.55.51		1							1			
55	15.56.48		1						1				
56	15.57.24		1						1				
57	15.58.12						1			1			
58	15.58.34		1							1			
59	16.02.18		1						1				
60	16.02.44				1					1			

## ตารางภาคผนวกที่ ข-2 (ต่อ)

ลำดับ	เวลา	ประเภทยานพาหนะ							ระดับการรับรู้การสิ้นสะท้อน			
		4 ล้อ	6 ล้อ	8 ล้อ	10 ล้อ	12 ล้อ	18 ล้อ	22 ล้อ	รู้สึกได้	รู้สึก ได้บ้าง	รู้สึกได้ อย่างชัดเจน	รู้สึก ไม่พอใจ
61	16.05.07				1					1		
62	16.07.04		1						1			
63	16.07.27				1						1	
64	16.08.05			1					1			
65	16.08.21		1							1		
66	16.08.49		1							1		
67	16.09.30				1					1		
68	16.11.58				1					1		
69	16.12.42							1		1		
70	16.13.50				1					1		
71	16.15.18				1					1		
72	16.15.33				1				1			
73	16.16.28					1					1	
74	16.17.00				1					1		
75	16.17.20					1				1		
76	16.17.55		1						1			
77	16.18.13				1					1		
78	16.18.35				1					1		
79	16.19.38		1							1		
80	16.20.03		1							1		
81	16.20.35				1					1		
82	16.20.56		1						1			
83	16.21.23		1						1			
84	16.23.40				1					1		
85	16.24.38		1						1			
86	16.25.18							1		1		
87	15.12.25	1							1			
88	15.12.35	1							1	1		
89	15.12.50	1							1			
90	15.12.59	1							1			

## ตารางภาคผนวกที่ ข-2 (ต่อ)

ลำดับ	เวลา	ประเภทยานพาหนะ							ระดับการรับรู้การสิ้นสะท้อน			
		4 ล้อ	6 ล้อ	8 ล้อ	10 ล้อ	12 ล้อ	18 ล้อ	22 ล้อ	รู้สึกได้	รู้สึก ได้บ้าง	รู้สึกได้ อย่างชัดเจน	รู้สึก ไม่พอใจ
91	15.13.17	1							1			
92	15.13.40	1							1			
93	15.13.57	1								1		
94	15.14.10	1							1			
95	15.14.23	1								1		
96	15.14.35	1							1			
97	15.14.45	1							1			
98	15.15.05	1							1			
99	15.15.10	1							1			
100	15.15.23	1							1			
101	15.15.40	1							1			
102	15.15.50	1							1			
103	15.16.05	1							1			
104	15.16.15	1								1		
105	15.16.30	1							1			
106	15.16.45	1							1			
107	15.16.55		1							1		
108	15.17.15	1							1			
109	15.17.40	1							1			
110	15.17.50	1							1			
111	15.18.02	1							1			
112	15.18.17	1								1		
113	15.18.27	1								1		
114	15.18.52	1							1			
115	15.19.05	1								1		
116	15.19.18	1								1		
117	15.19.28	1							1			
118	15.19.37	1							1			
119	15.19.57	1								1		
120	15.20.10	1								1		

## ตารางภาคผนวกที่ ข-2 (ต่อ)

ลำดับ	เวลา	ประเภทยานพาหนะ							ระดับการรับรู้การสิ้นสะท้อน			
		4 ล้อ	6 ล้อ	8 ล้อ	10 ล้อ	12 ล้อ	18 ล้อ	22 ล้อ	รู้สึกได้	รู้สึก ได้บ้าง	รู้สึกได้ อย่างชัดเจน	รู้สึก ไม่พอใจ
121	15.20.25	1								1		
122	15.20.33	1							1			
123	15.20.45	1							1			
124	15.20.56	1							1			
125	15.21.14	1							1			
126	15.21.28	1							1			
127	15.21.40	1							1			
128	15.21.49	1							1			
129	15.21.59	1								1		
130	15.22.10	1							1			
131	15.22.30	1							1			
132	15.22.43	1								1		
133	15.22.57	1								1		
134	15.23.14	1							1			
135	15.23.28	1							1			
136	15.23.45	1								1		
137	15.23.59	1							1			
138	15.24.14	1							1			
139	15.24.24	1								1		
140	15.24.39	1							1			
141	15.24.50	1							1			
142	15.25.10	1							1			
143	15.25.25	1								1		
144	15.25.40	1							1			
145	15.25.55	1							1			
146	15.26.07	1							1			
147	15.26.18	1							1			
148	15.26.33	1							1			
149	15.28.05	1							1			
150	15.28.28	1							1			

## ตารางภาคผนวกที่ ข-2 (ต่อ)

ลำดับ	เวลา	ประเภทยานพาหนะ							ระดับการรับรู้การสิ้นสะท้อน			
		4 ล้อ	6 ล้อ	8 ล้อ	10 ล้อ	12 ล้อ	18 ล้อ	22 ล้อ	รู้สึกได้	รู้สึก ได้บ้าง	รู้สึกได้ อย่างชัดเจน	รู้สึก ไม่พอใจ
151	15.28.50	1							1			
152	15.29.08	1							1			
153	15.29.18	1							1			
154	15.29.37	1							1			
155	15.29.50	1							1			
156	15.30.05	1								1		
157	15.30.28	1								1		
158	15.30.42		1							1		
159	15.30.59	1							1			
160	15.31.15	1							1			
161	15.31.30	1							1			
162	15.31.38	1							1			
163	15.32.15	1							1			
164	15.32.28	1							1			
165	15.32.42	1							1			
166	15.32.55	1							1			
167	15.33.13	1							1			
168	15.33.20	1							1			
169	15.33.42	1							1			
170	15.33.55	1							1			
171	15.34.10	1								1		
172	15.34.24	1							1			
173	15.34.45	1							1			
174	15.35.12	1							1			
175	15.35.28	1							1			
176	15.35.42	1							1			
177	15.35.57	1							1			
178	15.36.24	1							1			
179	15.36.33	1							1			
180	15.36.48	1							1			

## ตารางภาคผนวกที่ ข-2 (ต่อ)

ลำดับ	เวลา	ประเภทยานพาหนะ								ระดับการรับรู้การสิ้นสะท้อน			
		4 ล้อ	6 ล้อ	8 ล้อ	10 ล้อ	12 ล้อ	18 ล้อ	22 ล้อ	รู้ สึก ได้	รู้ สึก ได้ บ้าง	รู้ สึก ได้ อย่าง ชัดเจน	รู้ สึก ไม่ พอใจ	
181	15.36.58	1							1				
182	15.37.10	1								1			
183	15.37.25	1							1				
184	15.37.37	1							1				
185	15.38.10	1							1				
186	15.38.25	1							1				
187	15.38.38	1							1				
188	15.38.52	1							1				
189	15.39.05	1							1				
190	15.39.27	1							1				
191	15.39.45	1							1				
192	15.39.55	1							1				
193	15.40.05	1							1				
194	15.40.15	1							1				
195	15.40.28	1							1				
196	15.40.40	1								1			
197	15.40.55	1								1			
198	15.41.05	1							1				
199	15.41.40	1							1				
200	15.41.50	1								1			
201	15.42.08	1							1				
202	15.42.17	1							1				
203	15.42.33	1							1				
204	15.42.45	1							1				
205	15.43.07	1							1				
206	15.43.20	1							1				
207	15.43.35	1							1				
208	15.43.47	1							1				
209	15.44.00	1							1				
210	15.44.59	1							1				

## ตารางภาคผนวกที่ ข-2 (ต่อ)

ลำดับ	เวลา	ประเภทยานพาหนะ							ระดับการรับรู้การสิ้นสะท้อน			
		4 ล้อ	6 ล้อ	8 ล้อ	10 ล้อ	12 ล้อ	18 ล้อ	22 ล้อ	รู้สึกได้	รู้สึก ได้บ้าง	รู้สึกได้ อย่างชัดเจน	รู้สึก ไม่พอใจ
211	15.45.14	1							1			
212	15.45.25	1							1			
213	15.45.37	1							1			
214	15.45.50	1							1			
215	15.45.59	1							1			
216	15.44.59	1							1			
217	15.46.28	1								1		
218	15.46.43	1							1			
219	15.47.15	1							1			
220	15.47.45	1								1		
221	15.47.55	1							1			
222	15.48.15	1							1			
223	15.48.23	1							1			
224	15.48.43	1								1		
225	15.48.59	1								1		
226	16.00.05	1							1			
227	16.00.15	1							1			
228	16.00.25	1							1			
229	16.00.40	1							1			
230	16.00.53	1							1			
231	16.01.12	1							1			
232	16.01.55		1							1		
233	16.02.08	1							1			
234	16.02.17	1							1			
235	16.02.30	1							1			
236	16.02.40	1							1			
237	16.02.55	1							1			
238	16.03.10	1							1			
239	16.03.25	1							1			
240	16.03.35	1							1			

## ตารางภาคผนวกที่ ข-2 (ต่อ)

ลำดับ	เวลา	ประเภทยานพาหนะ							ระดับการรับรู้การสิ้นสะท้อน			
		4 ล้อ	6 ล้อ	8 ล้อ	10 ล้อ	12 ล้อ	18 ล้อ	22 ล้อ	รู้สึกได้	รู้สึก ได้บ้าง	รู้สึกได้ อย่างชัดเจน	รู้สึก ไม่พอใจ
241	16.03.55	1							1			
242	16.04.20	1							1			
243	16.04.30	1							1			
244	16.04.40	1							1			
245	16.04.57	1							1			
246	16.05.10	1							1			
247	16.05.18	1							1			
248	16.05.33	1							1			
249	16.05.45	1							1			
250	16.05.59	1							1			
251	16.06.18	1							1			
252	16.06.30	1							1			
253	16.06.42	1							1			
254	16.06.55	1							1			
255	16.07.10	1							1			
256	16.07.30	1									1	
257	16.08.05	1							1			
258	16.08.20	1							1			
259	16.08.33	1							1			
260	16.08.52	1								1		
261	16.09.05	1							1			
262	16.09.15	1							1			
263	16.09.30	1							1			
264	16.10.08	1							1			
265	16.10.20	1							1			
266	16.10.35	1							1			
267	16.10.45	1							1			
268	16.10.55	1							1			
269	16.11.28	1							1			
270	16.11.40	1							1			



## ตารางภาคผนวกที่ ข-2 (ต่อ)

ลำดับ	เวลา	ประเภทยานพาหนะ							ระดับการรับรู้การสิ้นสะท้อน			
		4 ล้อ	6 ล้อ	8 ล้อ	10 ล้อ	12 ล้อ	18 ล้อ	22 ล้อ	รู้สึกได้	รู้สึก ได้บ้าง	รู้สึกได้ อย่างชัดเจน	รู้สึก ไม่พอใจ
271	16.14.20	1							1			
272	16.14.30	1							1			
273	16.14.40	1							1			
274	16.14.53	1							1			
275	16.15.04	1								1		
276	16.15.43	1								1		
277	16.15.58	1							1			
278	16.16.10	1							1			
279	16.16.20	1							1			
280	16.16.35	1								1		
281	16.16.48	1							1			
282	16.17.00	1									1	
283	16.17.10	1							1			
284	16.17.25	1								1		
285	16.17.35	1							1			
286	16.17.45	1							1			
287	16.17.58	1								1		
288	16.18.20	1							1			
289	16.18.34	1							1			
290	16.18.44	1								1		
291	16.19.30	1							1			
292	16.19.54	1							1			
293	16.20.05	1							1			
294	16.20.20	1							1			
295	16.20.30	1							1			
296	16.20.40	1							1			
297	16.20.50	1							1			
298	16.21.00	1							1			
299	16.21.15	1							1			
300	16.22.04	1							1			

## ตารางภาคผนวกที่ ข-2 (ต่อ)

ลำดับ	เวลา	ประเภทยานพาหนะ							ระดับการรับรู้การสิ้นสะท้อน			
		4 ล้อ	6 ล้อ	8 ล้อ	10 ล้อ	12 ล้อ	18 ล้อ	22 ล้อ	รู้สึกได้	รู้สึก ได้บ้าง	รู้สึกได้ อย่างชัดเจน	รู้สึก ไม่พอใจ
301	16.22.20	1							1			
302	16.22.30	1							1			
303	16.22.44	1							1			
304	16.22.55	1							1			
305	16.23.05	1							1			
306	16.23.20	1							1			
307	16.23.33	1								1		
308	16.23.45	1							1			
309	16.23.55	1							1			
310	16.24.10	1							1			
311	16.24.25	1								1		
312	16.24.40	1							1			
313	16.24.50	1							1			
314	16.25.05	1							1			
315	16.25.15	1								1		
316	16.25.30	1							1			
317	16.25.45	1							1			

ตารางภาคผนวกที่ ข-3 ข้อมูลระดับการรับรู้การสั้นสะเทือนที่ได้จากการสัมภาษณ์ กรณีช่องบริการ  
ยานพาหนะ 4 ล้อ แบบปกติ สัปดาห์ในช่วงเวลา 10.00-11.00 น.

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

## ตารางภาคผนวกที่ ข-3 (ต่อ)

ลำดับ	เวลา	ประเภทยานพาหนะ							ระดับการรับรู้การสิ้นสะท้อน			
		4 ล้อ	6 ล้อ	8 ล้อ	10 ล้อ	12 ล้อ	18 ล้อ	22 ล้อ	รู้สึกได้	รู้สึก ได้บ้าง	รู้สึกได้ อย่างชัดเจน	รู้สึก ไม่พอใจ
31	10.08.45	1							1			
32	10.08.55	1							1			
33	10.09.10	1							1			
34	10.09.26	1							1			
35	10.09.42	1							1			
36	10.09.58	1							1			
37	10.10.20	1							1			
38	10.10.35	1							1			
39	10.10.45	1							1			
40	10.11.00	1							1			
41	10.11.20	1							1			
42	10.11.33	1							1			
43	10.11.48	1								1		
44	10.11.59	1							1			
45	10.12.15	1							1			
46	10.12.25	1							1			
47	10.12.37	1								1		
48	10.12.50	1							1			
49	10.13.03	1							1			
50	10.13.14	1							1			
51	10.13.25	1							1			
52	10.13.40	1							1			
53	10.13.55	1							1			
54	10.14.08	1							1			
55	10.14.19	1							1			
56	10.14.34	1							1			
57	10.14.48	1							1			
58	10.14.58	1							1			
59	10.15.12	1							1			
60	10.15.20	1							1			

## ตารางภาคผนวกที่ ข-3 (ต่อ)

ลำดับ	เวลา	ประเภทยานพาหนะ							ระดับการรับรู้การสิ้นสะท้อน			
		4 ล้อ	6 ล้อ	8 ล้อ	10 ล้อ	12 ล้อ	18 ล้อ	22 ล้อ	รู้สึกได้	รู้สึก ได้บ้าง	รู้สึกได้ อย่างชัดเจน	รู้สึก ไม่พอใจ
61	10.15.55	1								1		
62	10.16.05	1								1		
63	10.16.18	1							1			
64	10.16.26	1							1			
65	10.16.38	1							1			
66	10.16.48	1							1			
67	10.16.58	1								1		
68	10.17.08	1							1			
69	10.17.24	1							1			
70	10.17.36	1							1			
71	10.17.48	1							1			
72	10.18.03	1							1			
73	10.18.18	1							1			
74	10.18.26	1							1			
75	10.18.38	1							1			
76	10.18.51	1							1			
77	10.19.03	1							1			
78	10.19.13	1							1			
79	10.20.10	1							1			
80	10.20.22	1							1			
81	10.20.34	1							1			
82	10.20.45	1							1			
83	10.20.56	1							1			
84	10.21.08	1							1			
85	10.21.18	1							1			
86	10.21.34	1							1			
87	10.21.45	1							1			
88	10.21.56	1							1			
89	10.22.09	1							1			
90	10.22.20	1							1			

## ตารางภาคผนวกที่ ข-3 (ต่อ)

ลำดับ	เวลา	ประเภทยานพาหนะ							ระดับการรับรู้การสิ้นสะท้อน			
		4 ล้อ	6 ล้อ	8 ล้อ	10 ล้อ	12 ล้อ	18 ล้อ	22 ล้อ	รู้สึกได้	รู้สึก ได้บ้าง	รู้สึกได้ อย่างชัดเจน	รู้สึก ไม่พอใจ
91	10.22.35	1							1			
92	10.22.43	1							1			
93	10.22.55	1							1			
94	10.23.14	1							1			
95	10.23.45	1							1			
96	10.23.58	1							1			
97	10.24.13	1							1			
98	10.24.30	1							1			
99	10.24.45	1							1			
100	10.25.10	1							1			
101	10.25.28	1							1			
102	10.25.40	1							1			
103	10.25.55	1							1			
104	10.26.10	1								1		
105	10.26.44	1							1			
106	10.26.57	1							1			
107	10.27.18	1							1			
108	10.27.35	1								1		
109	10.27.50	1								1		
110	10.28.15	1							1			
111	10.28.30	1								1		
112	10.28.45	1								1		
113	10.28.57	1							1			
114	10.29.15	1							1			
115	10.29.30	1							1			
116	10.29.40	1							1			
117	10.29.55	1							1			
118	10.30.10	1							1			
119	10.30.32	1								1		
120	10.30.45	1							1			

## ตารางภาคผนวกที่ ข-3 (ต่อ)

ลำดับ	เวลา	ประเภทยานพาหนะ							ระดับการรับรู้การสิ้นสะท้อน			
		4 ล้อ	6 ล้อ	8 ล้อ	10 ล้อ	12 ล้อ	18 ล้อ	22 ล้อ	รู้สึกได้	รู้สึก ได้บ้าง	รู้สึกได้ อย่างชัดเจน	รู้สึก ไม่พอใจ
121	10.31.02	1							1			
122	10.31.15	1							1			
123	10.31.26	1							1			
124	10.31.44	1							1			
125	10.32.02	1							1			
126	10.32.20	1							1			
127	10.32.30	1							1			
128	10.32.44	1							1			
129	10.32.55	1								1		
130	10.33.07	1							1			
131	10.33.24	1							1			
132	10.33.33	1							1			
133	10.33.48	1							1			
134	10.33.58	1							1			
135	10.34.13	1							1			
136	10.34.35	1								1		
137	10.34.47	1							1			
138	10.35.03	1							1			
139	10.35.15	1								1		
140	10.35.25	1									1	
141	10.35.40	1								1		
142	10.35.50	1								1		
143	10.36.07	1							1			
144	10.36.17	1							1			
145	10.36.30	1								1		
146	10.36.53	1								1		
147	10.37.10	1							1			
148	10.37.20	1								1		
149	10.37.32	1							1			
150	10.37.47	1							1			

## ตารางภาคผนวกที่ ข-3 (ต่อ)

ลำดับ	เวลา	ประเภทยานพาหนะ							ระดับการรับรู้การสิ้นสะท้อน			
		4 ล้อ	6 ล้อ	8 ล้อ	10 ล้อ	12 ล้อ	18 ล้อ	22 ล้อ	รู้สึกได้	รู้สึก ได้บ้าง	รู้สึกได้ อย่างชัดเจน	รู้สึก ไม่พอใจ
151	10.38.05	1							1			
152	10.38.16	1								1		
153	10.38.28	1								1		
154	10.38.38	1							1			
155	10.38.50	1							1			
156	10.39.03	1							1			
157	10.39.14	1							1			
158	10.39.25	1							1			
159	10.39.45	1							1			
160	10.40.00	1							1			
161	10.47.41	1							1			
162	10.48.02	1							1			
163	10.48.15	1							1			
164	10.48.25	1							1			
165	10.48.32	1							1			
166	10.48.47	1							1			
167	10.48.56	1							1			
168	10.49.08	1							1			
169	10.49.28	1							1			
170	10.49.43	1							1			
171	10.49.53	1							1			
172	10.50.29	1							1			
173	10.50.33	1							1			
174	10.50.39	1							1			
175	10.50.43	1							1			
176	10.50.47	1							1			
177	10.50.58	1							1			
178	10.51.06	1							1			
179	10.51.17	1							1			
180	10.51.21	1							1			



## ตารางภาคผนวกที่ ข-3 (ต่อ)

ลำดับ	เวลา	ประเภทยานพาหนะ								ระดับการรับรู้การสิ้นสะท้อน			
		4 ล้อ	6 ล้อ	8 ล้อ	10 ล้อ	12 ล้อ	18 ล้อ	22 ล้อ	รู้ สึก ได้	รู้ สึก ได้ บ้าง	รู้ สึก ได้ อย่าง ชัดเจน	รู้ สึก ไม่ พอใจ	
181	10.51.33	1							1				
182	10.51.46	1							1				
183	10.52.02	1							1				
184	10.52.43	1							1				
185	10.52.49	1							1				
186	10.52.54	1							1				
187	10.53.03	1							1				
188	10.53.15	1							1				
189	10.53.21	1							1				
190	10.53.34	1							1				
191	10.53.41	1							1				
192	10.53.58	1							1				
193	10.54.09	1							1				
194	10.54.23	1							1				
195	10.54.36	1							1				
196	10.54.44	1							1				
197	10.55.01	1							1				
198	10.55.10	1							1				
199	10.56.30	1							1				
200	10.56.38	1							1				
201	10.56.42	1							1				
202	10.56.51	1							1				
203	10.57.08	1							1				
204	10.57.19	1							1				
205	10.57.39	1							1				
206	10.57.52	1							1				
207	10.57.55	1							1				
208	10.58.23	1							1				
209	10.58.30	1							1				
210	10.58.51	1							1				

## ตารางภาคผนวกที่ ข-3 (ต่อ)

ลำดับ	เวลา	ประเภทยานพาหนะ							ระดับการรับรู้การสิ้นสะท้อน			
		4 ล้อ	6 ล้อ	8 ล้อ	10 ล้อ	12 ล้อ	18 ล้อ	22 ล้อ	รู้สึกได้	รู้สึก ได้บ้าง	รู้สึกได้ อย่างชัดเจน	รู้สึก ไม่พอใจ
211	10.59.09	1							1			
212	10.59.13	1							1			
213	10.59.47	1							1			
214	11.00.10	1							1			
215	11.00.50	1							1			
216	11.00.59	1							1			
217	11.01.02	1							1			
218	11.01.09	1							1			
219	11.01.12	1							1			
220	11.01.20	1							1			
221	11.01.26	1							1			
222	11.01.33	1							1			
223	11.02.38	1							1			
224	11.02.48	1							1			
225	11.03.18	1							1			
226	11.03.27	1							1			
227	11.03.44	1							1			
228	11.04.12	1							1			
229	11.04.48	1							1			
230	11.05.04	1							1			
231	11.05.16	1							1			
232	11.05.26	1							1			
233	11.05.33	1							1			
234	11.05.46	1							1			
235	11.06.14	1							1			
236	11.06.19	1							1			
237	11.06.38	1							1			
238	11.06.54	1							1			
239	11.07.02	1							1			
240	11.07.10	1							1			

## ตารางภาคผนวกที่ ข-3 (ต่อ)

ลำดับ	เวลา	ประเภทยานพาหนะ							ระดับการรับรู้การสิ้นสะท้อน			
		4 ล้อ	6 ล้อ	8 ล้อ	10 ล้อ	12 ล้อ	18 ล้อ	22 ล้อ	รู้สึกได้	รู้สึก ได้บ้าง	รู้สึกได้ อย่างชัดเจน	รู้สึก ไม่พอใจ
241	11.07.15	1							1			
242	11.07.21	1							1			
243	11.08.12	1							1			
244	11.08.21	1							1			
245	11.08.36	1								1		
246	11.08.43	1							1			
247	11.09.24	1							1			
248	11.09.23	1							1			
249	11.09.33	1							1			
250	11.10.22	1							1			
251	11.10.40	1							1			

ตารางภาคผนวกที่ ข-4 ข้อมูลระดับการรับรู้การสั้นสะเทือนที่ได้จากการสัมภาษณ์ กรณีช่องบริการ  
ยานพาหนะ 4 ล้อ แบบ Easy pass สัญจรในช่วงเวลา 10.00-11.00 น.

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

## ตารางภาคผนวกที่ ข-4 (ต่อ)

ลำดับ	เวลา	ประเภทยานพาหนะ							ระดับการรับรู้การสิ้นสะท้อน			
		4 ล้อ	6 ล้อ	8 ล้อ	10 ล้อ	12 ล้อ	18 ล้อ	22 ล้อ	รู้สึกได้	รู้สึก ได้บ้าง	รู้สึกได้ อย่างชัดเจน	รู้สึก ไม่พอใจ
31	11.00.23	1							1			
32	11.00.40	1							1			
33	11.00.48	1							1			
34	11.01.05	1							1			
35	11.01.15	1							1			
36	11.01.25	1								1		
37	11.01.42	1							1			
38	11.01.55	1							1			
39	11.02.20	1							1			
40	11.02.32	1							1			
41	11.02.59	1							1			
42	11.03.13	1								1		
43	11.03.40	1							1			
44	11.03.50	1							1			
45	11.04.06	1							1			
46	11.04.23	1								1		
47	11.04.34	1							1			
48	11.04.45	1							1			
49	11.04.57	1							1			
50	11.05.20	1							1			
51	11.05.35	1							1			
52	11.05.50	1							1			
53	11.06.01	1							1			
54	11.06.18	1							1			
55	11.06.33	1							1			
56	10.52.05	1								1		
57	10.52.10	1									1	
58	10.52.20	1							1			
59	10.52.45	1							1			
60	10.52.49	1							1			

## ตารางภาคผนวกที่ ข-4 (ต่อ)

ลำดับ	เวลา	ประเภทยานพาหนะ							ระดับการรับรู้การสิ้นสะท้อน			
		4 ล้อ	6 ล้อ	8 ล้อ	10 ล้อ	12 ล้อ	18 ล้อ	22 ล้อ	รู้สึกได้	รู้สึก ได้บ้าง	รู้สึกได้ อย่างชัดเจน	รู้สึก ไม่พอใจ
61	10.52.53	1							1			
62	10.53.07	1							1			
63	10.53.35	1								1		
64	10.53.47	1							1			
65	10.54.12	1							1			
66	10.54.15	1							1			
67	10.56.33	1							1			
68	10.57.13	1								1		
69	10.57.20	1							1			
70	10.57.30	1							1			
71	10.57.46	1							1			
72	10.57.52	1							1			
73	10.57.59	1							1			
74	10.58.05	1							1			
75	10.58.09	1							1			
76	10.58.23	1								1		
77	10.58.27	1							1			
78	10.58.36	1							1			
79	10.58.46	1							1			
80	10.58.50	1								1		
81	10.59.06	1							1			
82	10.59.09	1							1			
83	10.59.19	1							1			
84	10.59.26	1							1			
85	10.59.33	1							1			
86	10.59.46	1							1			
87	10.59.50	1								1		
88	10.59.53	1								1		
89	11.00.06	1							1			
90	11.00.08	1								1		

## ตารางภาคผนวกที่ ข-4 (ต่อ)

ลำดับ	เวลา	ประเภทยานพาหนะ							ระดับการรับรู้การสิ้นสะท้อน			
		4 ล้อ	6 ล้อ	8 ล้อ	10 ล้อ	12 ล้อ	18 ล้อ	22 ล้อ	รู้สึกได้	รู้สึก ได้บ้าง	รู้สึกได้ อย่างชัดเจน	รู้สึก ไม่พอใจ
91	11.00.12	1							1			
92	11.00.33	1							1			
93	11.00.40	1							1			
94	11.01.11	1							1			
95	11.01.35	1							1			
96	11.01.45	1							1			
97	11.02.13	1							1			
98	11.02.54	1								1		
99	11.02.59	1								1		
100	11.03.03	1							1			
101	11.03.05	1							1			
102	11.03.30	1							1			
103	11.03.35	1							1			
104	11.04.28	1							1			
105	11.04.37	1							1			
106	11.04.41	1							1			
107	11.04.48	1							1			
108	11.04.57	1							1			
109	11.05.31	1							1			
110	11.05.35	1							1			
111	11.05.42	1							1			
112	11.05.46	1							1			
113	11.05.48	1							1			
114	11.06.01	1							1			
115	11.06.09	1								1		
116	11.06.25	1							1			
117	11.06.37	1							1			