บทที่ 5

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล การอภิปรายผล การสรุปผล

5.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

5.1.1 การสำรวจระดับความสั่นสะเทือนบนทางด่วนตอนดินแดง-ท่าเรือ จากการจราจรของรถยนต์ที่มีความเร็วและน้ำหนักบรรทุกต่าง ๆ กัน โดยได้กำหนดจุดทำการทดลองไว้ 10 จุด ตามลักษณะใหญ่ 3 ลักษณะคือ ทางด่วนที่อยู่ระดับพื้นดิน ทางด่วนที่ยกระดับ และทางขึ้นทางลงของทางด่วน โดยวัดที่ระยะต่าง ๆ กัน ความสัมพันธ์ระหว่างความถี่และ peak particle velocity ที่ได้จากการสำรวจแสดงไว้ในรูป 5.1 - 5.10 และสรุปผลในตาราง 5.1

จากผลการสำรวจพบว่า กลุ่มรถสิบล้อทำให้เกิดความสั่นสะเทือนในระดับสูงกว่ากลุ่มรถชนิดอื่น ๆ และรถสิบล้อที่ทำให้เกิดค่า peak particle velocity สูงสุดในแต่ละจุดการทดลองส่วนมากแล้วมักจะวิ่งด้วยความเร็วสูงกว่าความเร็วโดยเฉลี่ยของรถประเภทเดียวกัน แสดงให้เห็นว่าความเร็วมีผลโดยตรงต่อระดับความสั่นสะเทือน กล่าวคือเมื่อรถยนต์วิ่งด้วยความเร็วสูง ย่อมสามารถทำให้เกิดน้ำหนักบรรทุกจลน์ (dynamic loading) ในถนนได้มาก ซึ่งเป็นผลให้เกิดความสั่นสะเทือนในระดับสูงแผ่มายังบริเวณรอบ ๆ และในการสำรวจที่จุดวัดบริเวณแยกถนนสุขุมวิทซึ่งกลุ่มรถสิบล้อวิ่งด้วยความเร็วค่อนข้างสูงกว่าจุดวัดอื่น ๆ (เนื่องจากวิ่งในทางตรง) พบว่าค่า peak particle velocity ที่วัดได้อยู่ในระดับสูงเมื่อเปรียบเทียบกับจุดวัดอื่น ๆ ที่มีลักษณะสถานที่ทดลองคล้ายกัน (ที่สถานีรถไฟมักกะสันและแยกถนนเพชรบุรี) อีกทั้งยังพบว่าที่จุดนี้ ซึ่งรถสิบล้อที่วิ่งด้วยความเร็วสูง (90 กม./ชม.) ให้ค่า peak particle velocity (ระยะวัดติดเล่า) สูงกว่าค่าที่วัดได้จากจุดทดลองทุกจุดที่ทำการสำรวจตลอดทางด่วน อนึ่งแม้ว่าน้ำหนักบรรทุกจะมีอิทธิพลต่อระดับความสั่นสะเทือนเช่นกัน แต่มีอิทธิพลน้อยกว่าความเร็ว ทั้งนี้จากข้อมูลที่สำรวจได้ในหลาย ๆ ครั้งพบว่า

รถสิบล้อเปล่าที่วิ่งด้วยความเร็วสูงให้ค่า peak particle velocity สูงกว่ารถสิบล้อที่บรรทุกเต็มแต่วิ่งช้ากว่า และยังไม่ปรากฏเลยว่ารถสิบล้อที่บรรทุกเต็มแต่วิ่งช้าให้ค่า peak particle velocity สูงสุดได้ อีกทั้งยังพบว่าในบางจุดทดลองที่รถสิบล้อเปล่าวิ่งด้วยความเร็วสูงก็ทำให้เกิดค่า peak particle velocity สูงสุดได้เช่นกัน รถยนต์ที่ให้ระดับความสั่นสะเทือนต่ำลงมาได้แก่รถหกล้อและรถบัส ทั้งนี้อาจจะเป็นเพราะว่าน้ำหนักบรรทุกของรถเหล่านี้น้อยกว่ารถบรรทุกสิบล้อแต่วิ่งด้วยความเร็วที่ไม่แตกต่างกัน ดังนั้นความสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นจึงอยู่ในระดับที่ต่ำกว่า ส่วนรถบรรทุกเล็กและรถนั่ง (รถเก๋ง) ให้ความสั่นสะเทือนในระดับต่ำสุด เพราะว่าน้ำหนักของตัวรถยนต์เองรวมทั้งน้ำหนักบรรทุกต่ำมากเมื่อเปรียบเทียบกับรถประเภทต่าง ๆ ดังกล่าวมาแล้ว ดังนั้นการเกิดน้ำหนักบรรทุกจุลน์ (dynamic loading) ในถนนจึงน้อยความสั่นสะเทือนที่วัดได้จึงอยู่ในระดับต่ำที่สุดแม้ว่าจะวิ่งด้วยความเร็วสูงก็ตาม นอกจากนี้จากผลการทดลองยังเห็นได้ชัดว่าที่จุดทดลองเดียวกัน ระดับความสั่นสะเทือนลดลงเมื่อระยะวัดห่างจากถนนหรือจุดกำเนิดความสั่นสะเทือนออกมา

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลของความสั่นสะเทือนตามรูป 5.1 - 5.10 และตาราง 5.1 พบว่าความถี่ของความสั่นสะเทือนอยู่ในช่วง 11.1 - 28.6 Hz. ส่วนค่า peak particle velocity ตามสภาพต่าง ๆ กัน สรุปได้ดังนี้

ก. <u>ในส่วนของทางด่วนระดับพื้นดิน</u> ค่า peak particle velocity สูงสุดตามสถานที่และระยะวัดต่าง ๆ กัน เป็นดังนี้

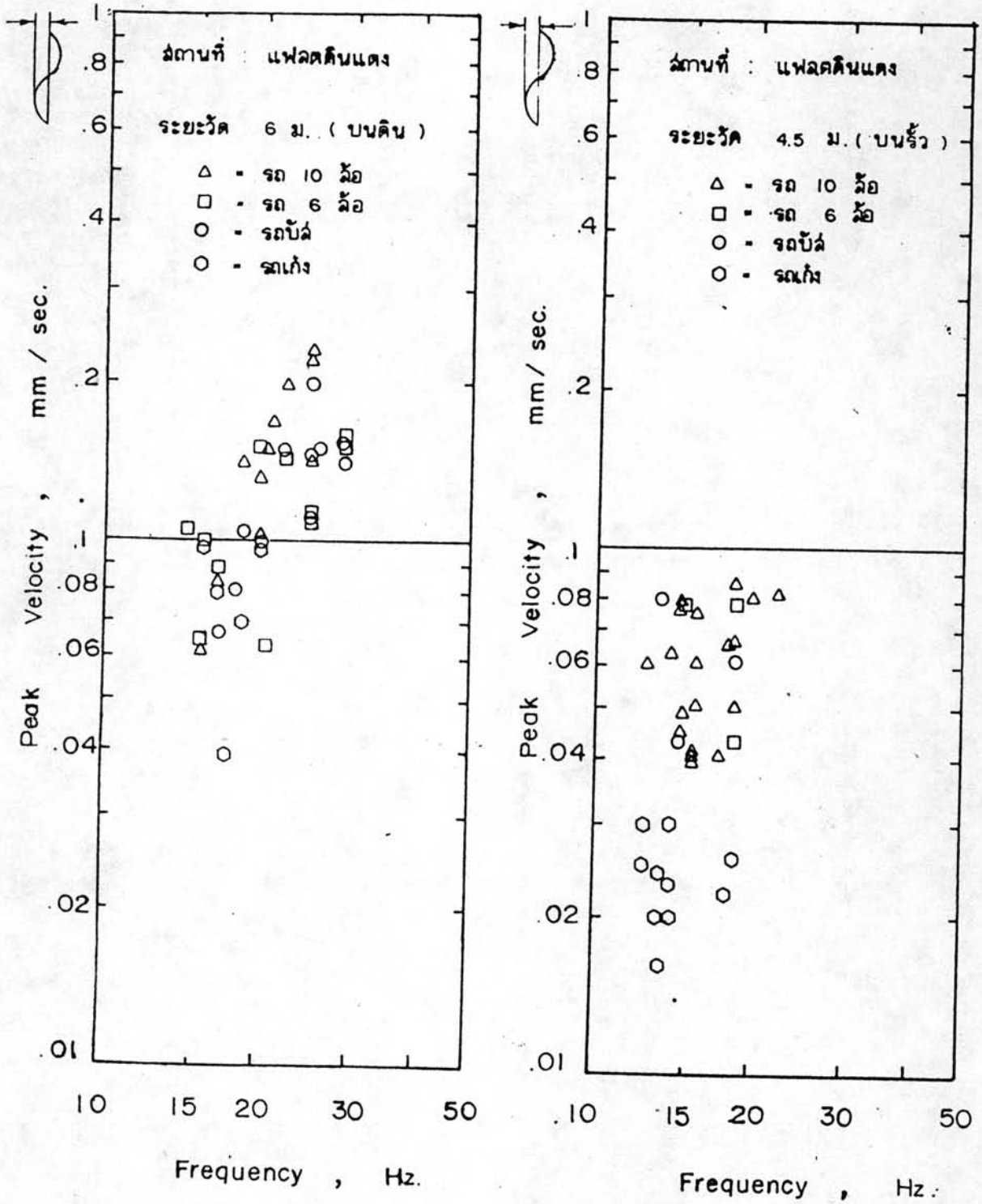
<u>สถานที่ทดลองหมายเลข 5. ซอยร่วมฤดี 1</u>

ที่ระยะวัด 1.5 เมตรห่างจากขอบทางด่วน (บนดิน) ค่า peak particle velocity สูงสุดวัดได้ 0.079 mm/s

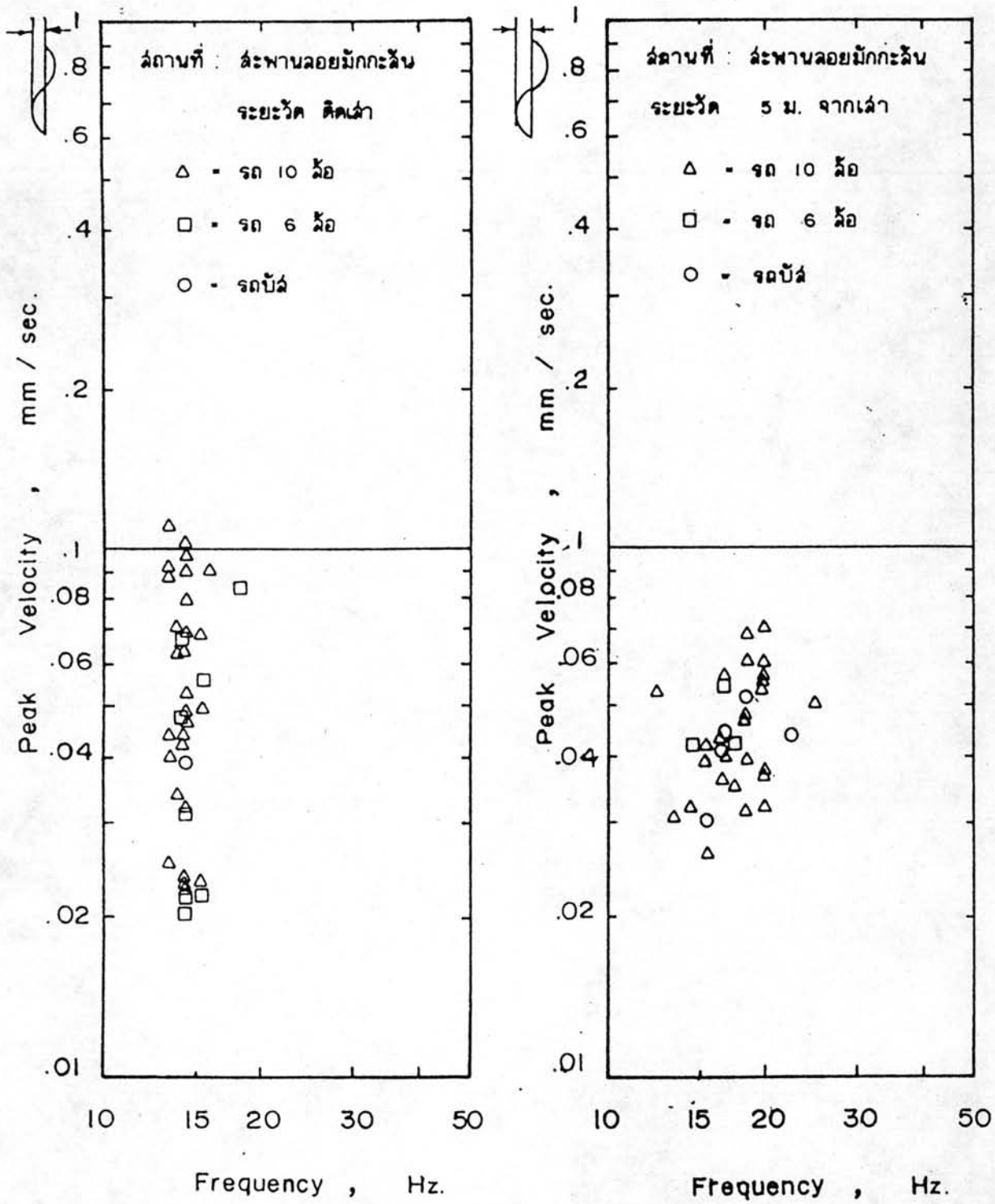
ตาราง 5.1 สรุปผลการทดลองวัดความสั่นสะเทือนของพื้นดินเนื่องจากการจราจรของรถบนถนนทางด่วนดอน ดินแดง-ท่าเรือ

สถานที่	สภาพถนน	S ระยะวัด เมตร	f ช่วงความถี่ รอบ/วินาที	v Peak Velocity มม./วินาที	เปรียบเทียบกับข้อกำหนดมาตรฐานของ REIHER & MEISTER	ช่วงความเร็ว กม./ชม.	องค์ประกอบที่ทำให้เกิด max. peak velocity				
							ชนิดของรถยนต์	ความเร็ว กม./ชม.	สภาพบรรทุก	f รอบ/วินาที	v มม./วินาที
1. แฟลตดินแดง	ดินถมดิน	6 ม. บนดิน	14.3 - 28.6	0.063 - 0.224	imperceptible	40-70	รถลิบล้อ	49	เต็ม	25.0	0.224
	ดินถมดิน	4.5 ม. บนร็อว	12.5 - 22.2	0.016 - 0.086	imperceptible	40-70	รถลิบล้อ	41	เต็ม	18.2	0.086
2. สถานีรถไฟมักกะสัน	บกระดับ	ดินเดิม	13.3 - 18.2	0.023 - 0.116	imperceptible	50-80	รถลิบล้อ	41	เต็ม	13.3	0.116
	บกระดับ	5 ม. จากเดิม	12.5 - 25.0	0.026 - 0.070	imperceptible	50-80	รถลิบล้อ	72	เต็ม	20.0	0.070
3. แยกถนนเพชรบุรี	บกระดับ	ดินเดิม	14.3 - 22.2	0.067 - 0.167	imperceptible	55-85	รถลิบล้อ	85	เต็ม	22.2	0.167
	บกระดับ	1.5 ม. จากเดิม	14.3 - 22.2	0.067 - 0.139	imperceptible	55-85	รถลิบล้อ	72	เต็ม	20.0	0.139
	บกระดับ	5 ม. บนดิน	12.5 - 25.0	0.023 - 0.069	imperceptible	50-74	รถลิบล้อ	65	เต็ม	20.0	0.069
	ดินถมดิน	4 ม. ชุ่มบาร	14.3 - 22.2	0.008 - 0.042	imperceptible	45-70	รถบั๊ม	60	เต็ม	22.2	0.042
4. แยกถนนสุขุมวิท	บกระดับ	ดินเดิม	13.9 - 22.2	0.083 - 0.370	imperceptible-Just perceptible	50-90	รถลิบล้อ	90	เต็ม	20.0	0.370
	บกระดับ	2 ม. จากเดิม	14.3 - 20.0	0.038 - 0.148	imperceptible	50-90	รถลิบล้อ	90	เต็ม	20.0	0.148
5. ซอยร่วมฤดี 1	ดินถมดิน	1.5 ม. บนดิน	13.3 - 20.4	0.010 - 0.079	imperceptible	47-90	รถปิ๊ค	65	เต็ม	16.7	0.079
	ดินถมดิน	1.5 ม. บนร็อว	13.3 - 16.7	0.005 - 0.120	imperceptible	40-90	รถลิบล้อ	60	เต็ม	13.3	0.120
	ดินถมดิน	3 ม. บนดิน	12.5 - 20.0	0.016 - 0.061	imperceptible	45-86	รถลิบล้อ	68	เต็ม	12.5	0.061
6. แฟลตตำรวจ	ดินถมดิน	3 ม. บนดิน	14.3 - 22.2	0.021 - 0.079	imperceptible	37-78	รถลิบล้อ	64	ว่าง	20.0	0.079
	ดินถมดิน	5 ม. บนดิน	12.5 - 20.0	0.021 - 0.059	imperceptible	45-84	รถลิบล้อ	61	ว่าง	12.5	0.059
7. แฟลตบ่อนไก่	ดินถมดิน	บนคอนกรีตที่ขอบทาง	13.3 - 18.2	0.010 - 0.090	imperceptible	50-90	รถลิบล้อ	77	ว่าง	17.2	0.090
	ดินถมดิน	1.5 ม. จากขอบทาง	14.3 - 25.0	0.006 - 0.115	imperceptible	50-90	รถลิบล้อ	72	เต็ม	20.0	0.115
8. แยกพระรามที่	ดินถมดิน	2 ม. ชุ่มบาร	12.5 - 20.0	0.020 - 0.129	imperceptible	30-50	รถลิบล้อ	48	ว่าง	18.2	0.129
	ดินถมดิน	5 ม. ชุ่มบาร	12.5 - 18.2	0.023 - 0.069	imperceptible	25-50	รถปิ๊ค	34	เต็ม	14.3	0.069
9. ตลาดปีนังใหม่	ดินถมดิน	13 ม.พื้นคอนกรีต	12.5 - 16.7	0.027 - 0.102	imperceptible	30-50	รถหกล้อ	45	เต็ม	12.5	0.102
	ดินถมดิน	25 ม.พื้นคอนกรีต	11.1 - 15.4	0.019 - 0.065	imperceptible	30-50	รถลิบล้อ	45	ว่าง	11.1	0.065
10. คลองเตย	บกระดับ	ดินเดิม	13.3 - 16.7	0.032 - 0.252	imperceptible	30-45	รถลิบล้อ	41	ว่าง	14.3	0.252
	บกระดับ	1.5 ม. จากเดิม	13.3 - 18.2	0.018 - 0.119	imperceptible	30-45	รถปิ๊ค	43	เต็ม	16.7	0.119

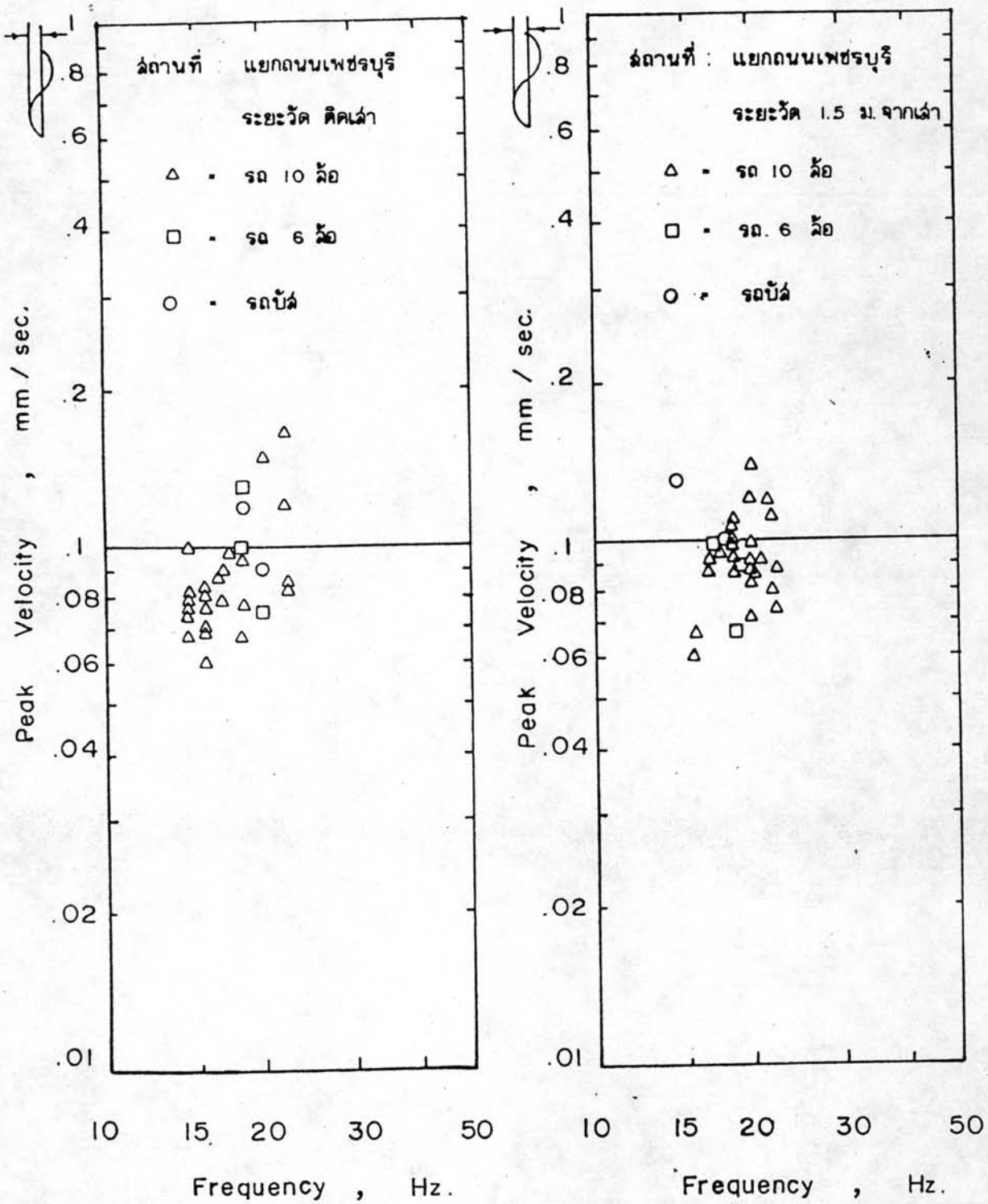
หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



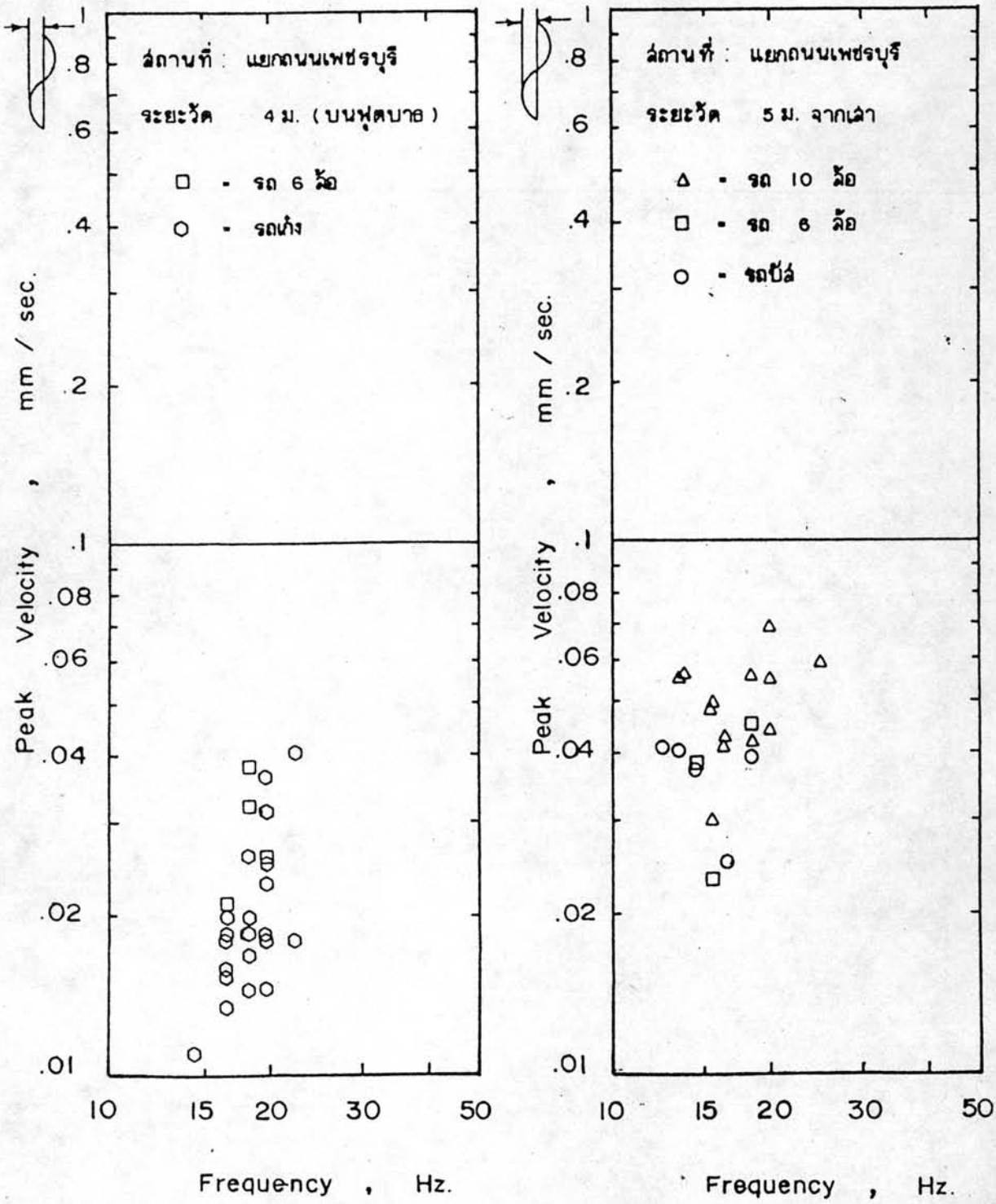
รูป 5.1 ระดับความสั่นสะเทือนที่วัดได้บริเวณแฟลตดินแดง



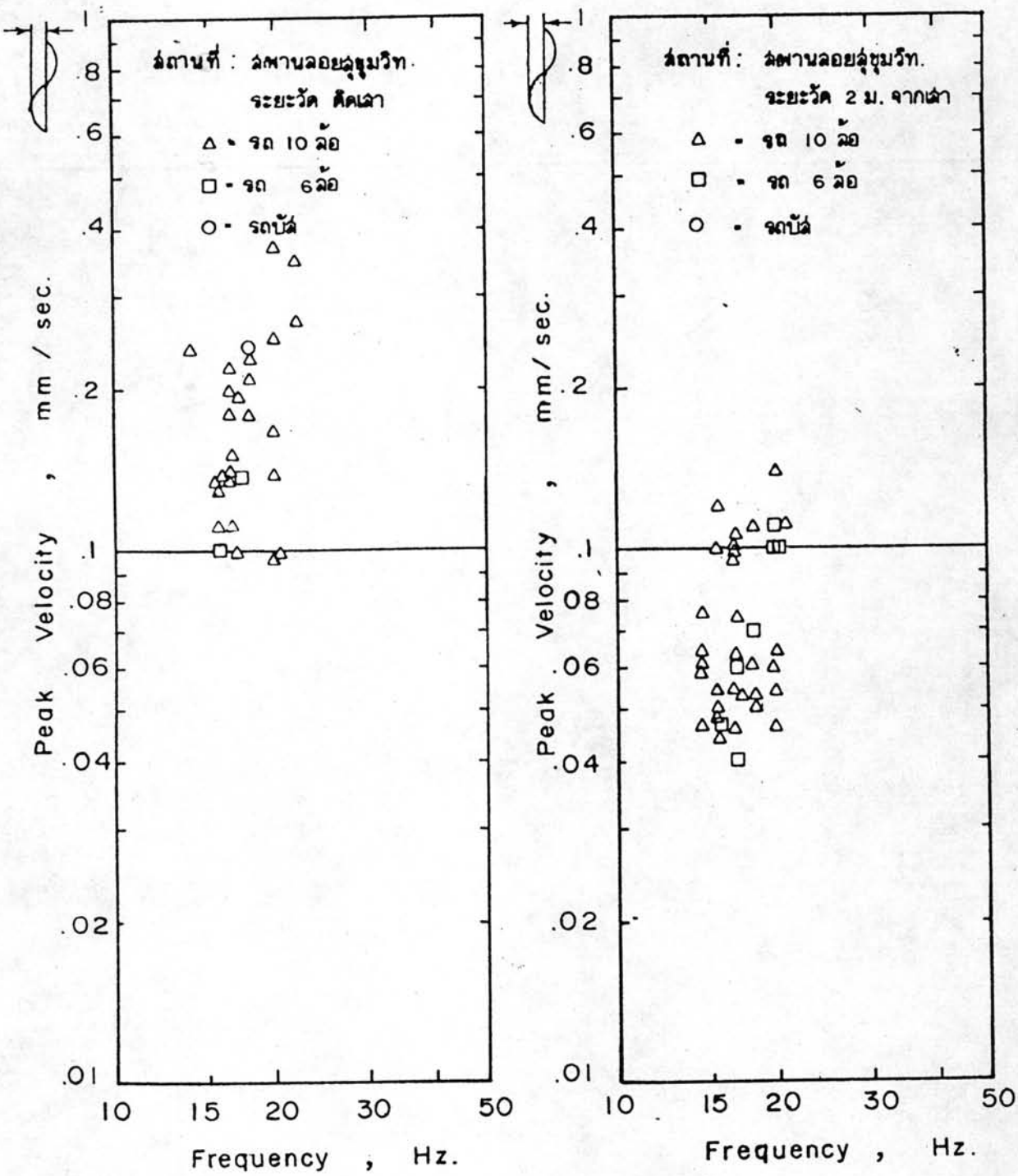
รูป 5.2 ระดับความสั่นสะเทือนที่วัดได้บริเวณสถานีรถไฟมักกะสัน



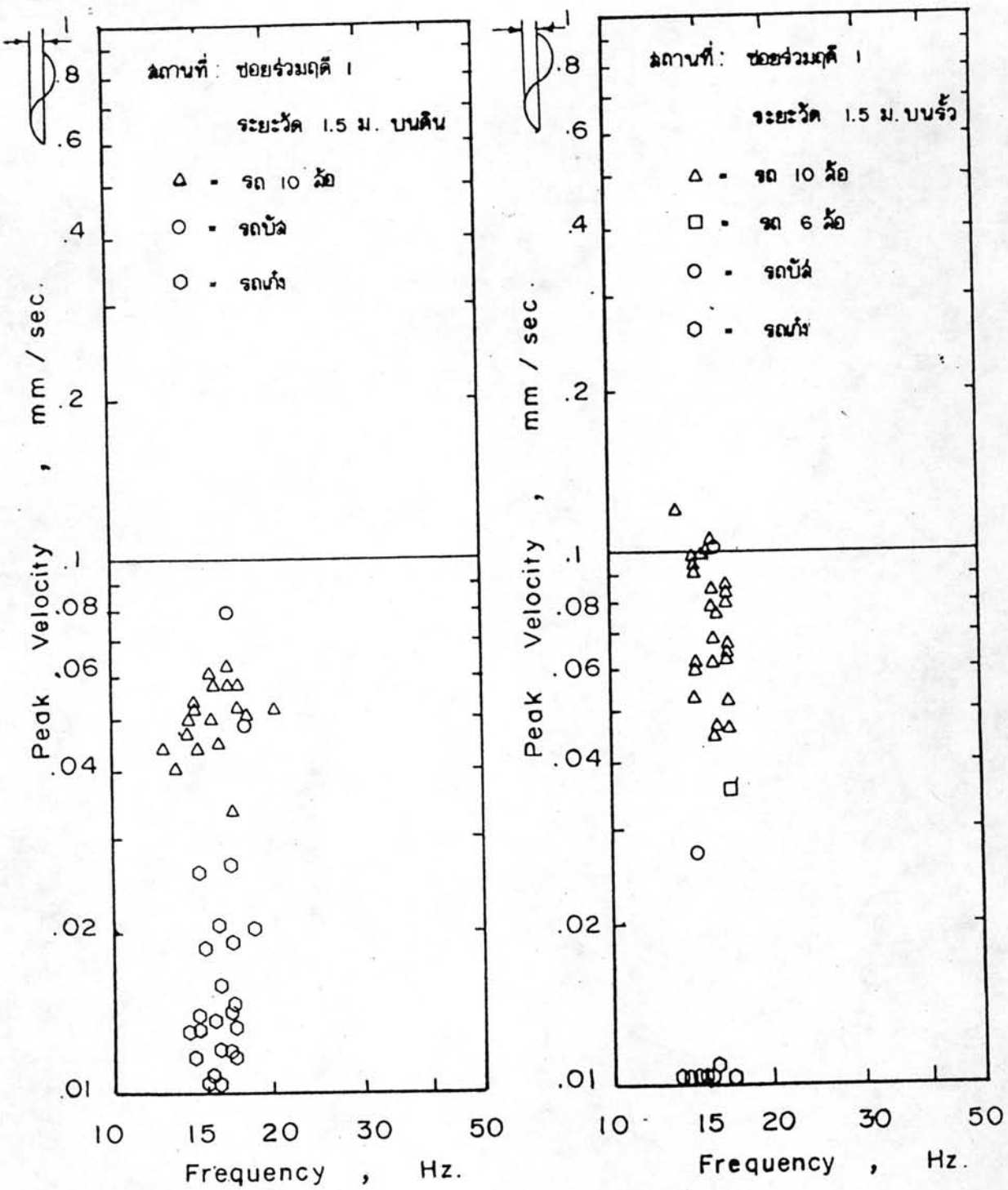
รูป 5.3 ระดับความสั่นสะเทือนที่วัดได้บริเวณถนนเพชรบุรี


สถานที่ : แยกถนนเพชรบุรี
ระยะวัด 4 ม. (บนฟุตบาธ)
□ - รถ 6 ล้อ
○ - รถเก๋ง
สถานที่ : แยกถนนเพชรบุรี
ระยะวัด 5 ม. จากเดิม
△ - รถ 10 ล้อ
□ - รถ 6 ล้อ
○ - รถบัส
Peak Velocity , mm / sec.
1
.8
.6
.4
.2
.1
.08
.06
.04
.02
.01
10
15
20
30
50
Frequency , Hz.

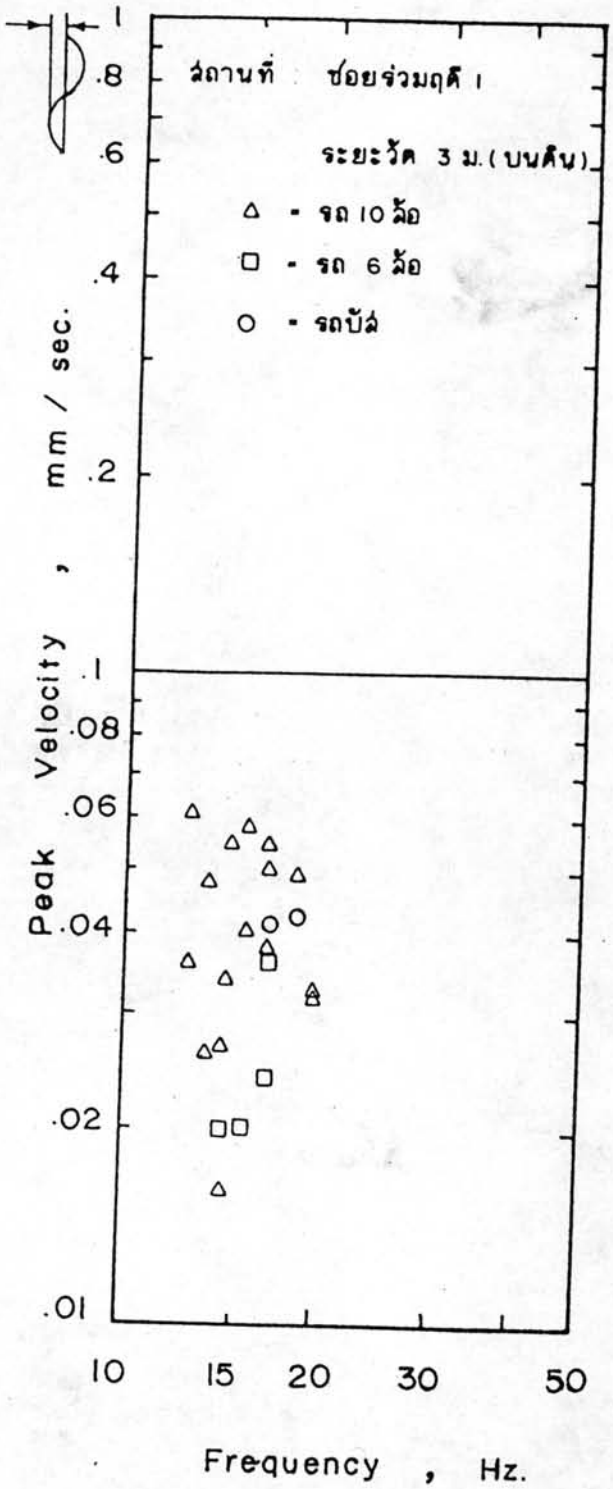
รูป 5.3 (ต่อ)



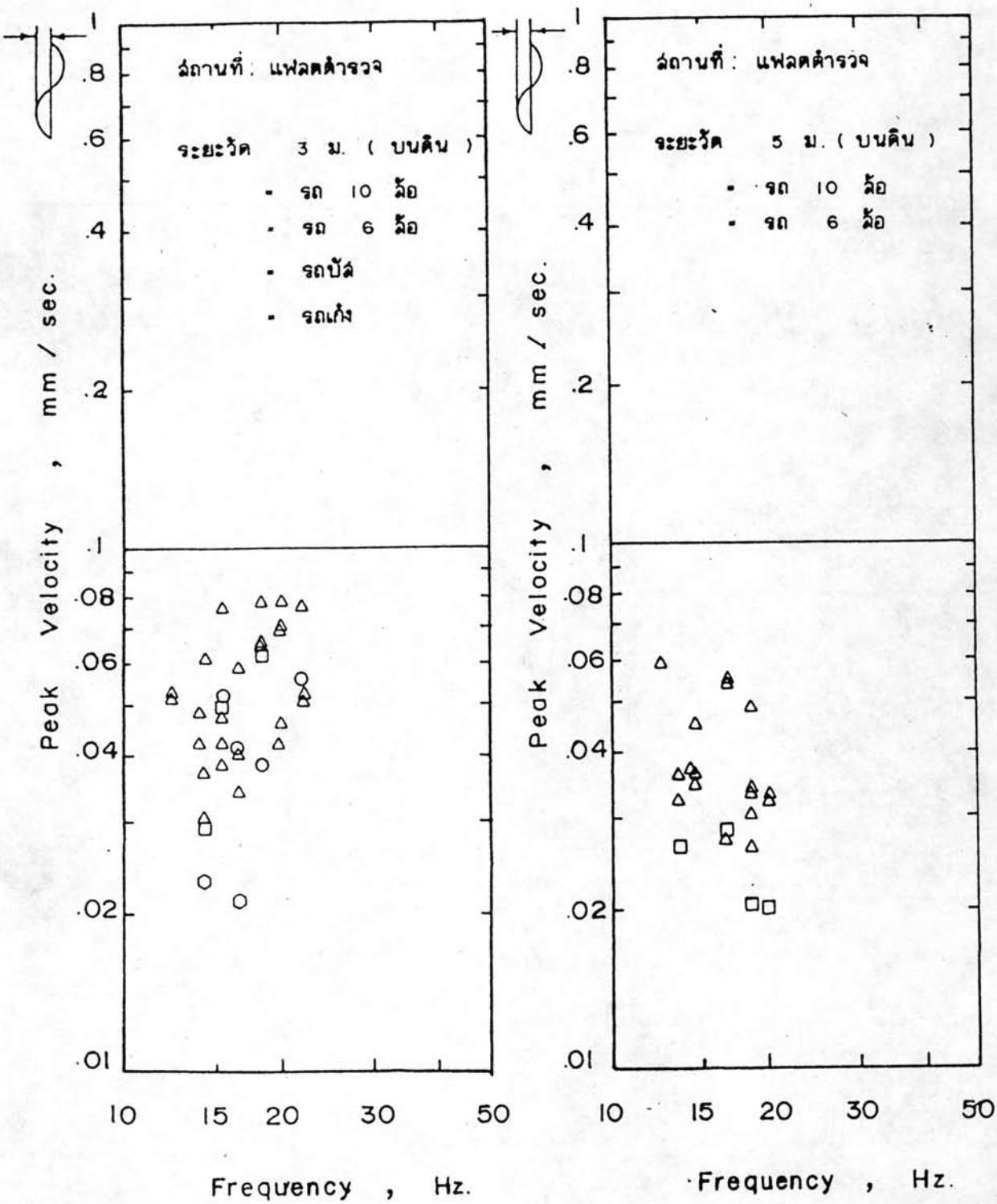
รูป 5.4 ระดับความสั่นสะเทือนที่วัดได้บริเวณถนนลุ่ยุมวิท



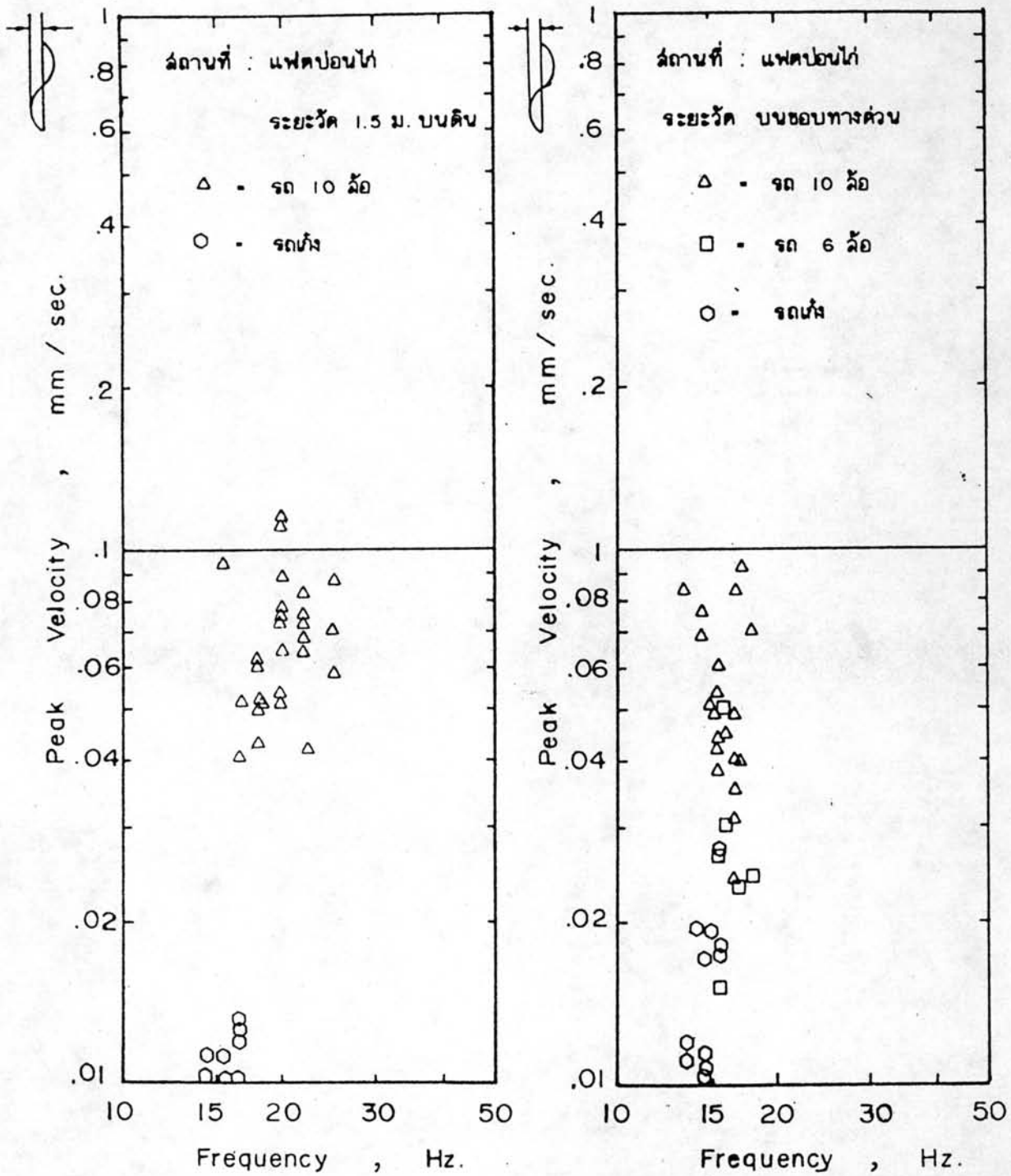
รูป 5.5 ระดับความสั่นสะเทือนที่วัดได้บริเวณซอยร่วมฤดี 1


สถานที่ ซอยร่วมฤดี 1
ระยะวัด 3 ม. (บนดิน)
△ - รถ 10 ล้อ
□ - รถ 6 ล้อ
○ - รถบัส
Peak Velocity , mm / sec.
1
.8
.6
.4
.2
.1
.08
.06
.04
.02
.01
10
15
20
30
50
Frequency , Hz.

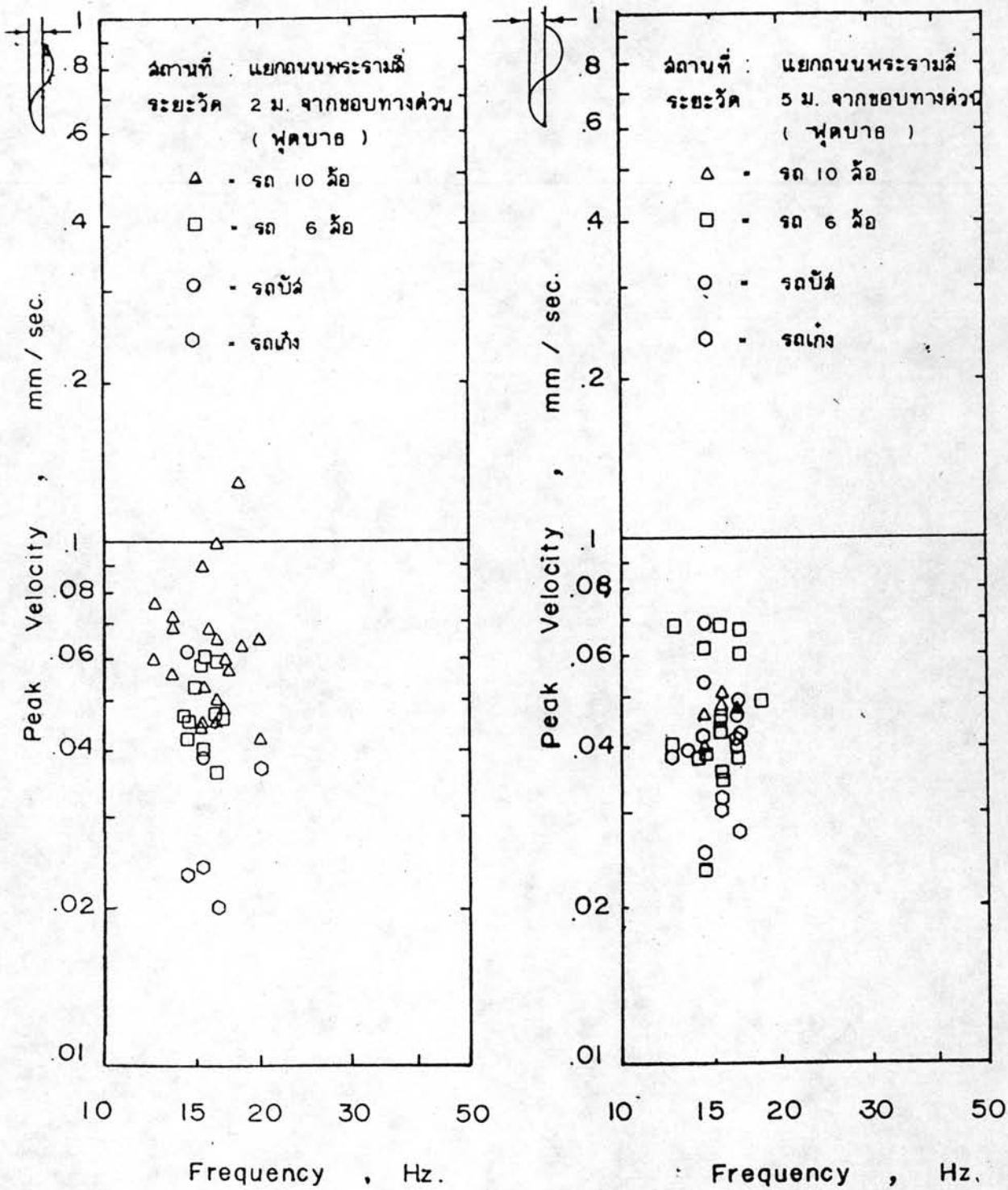
รูป 5.5 (ต่อ)



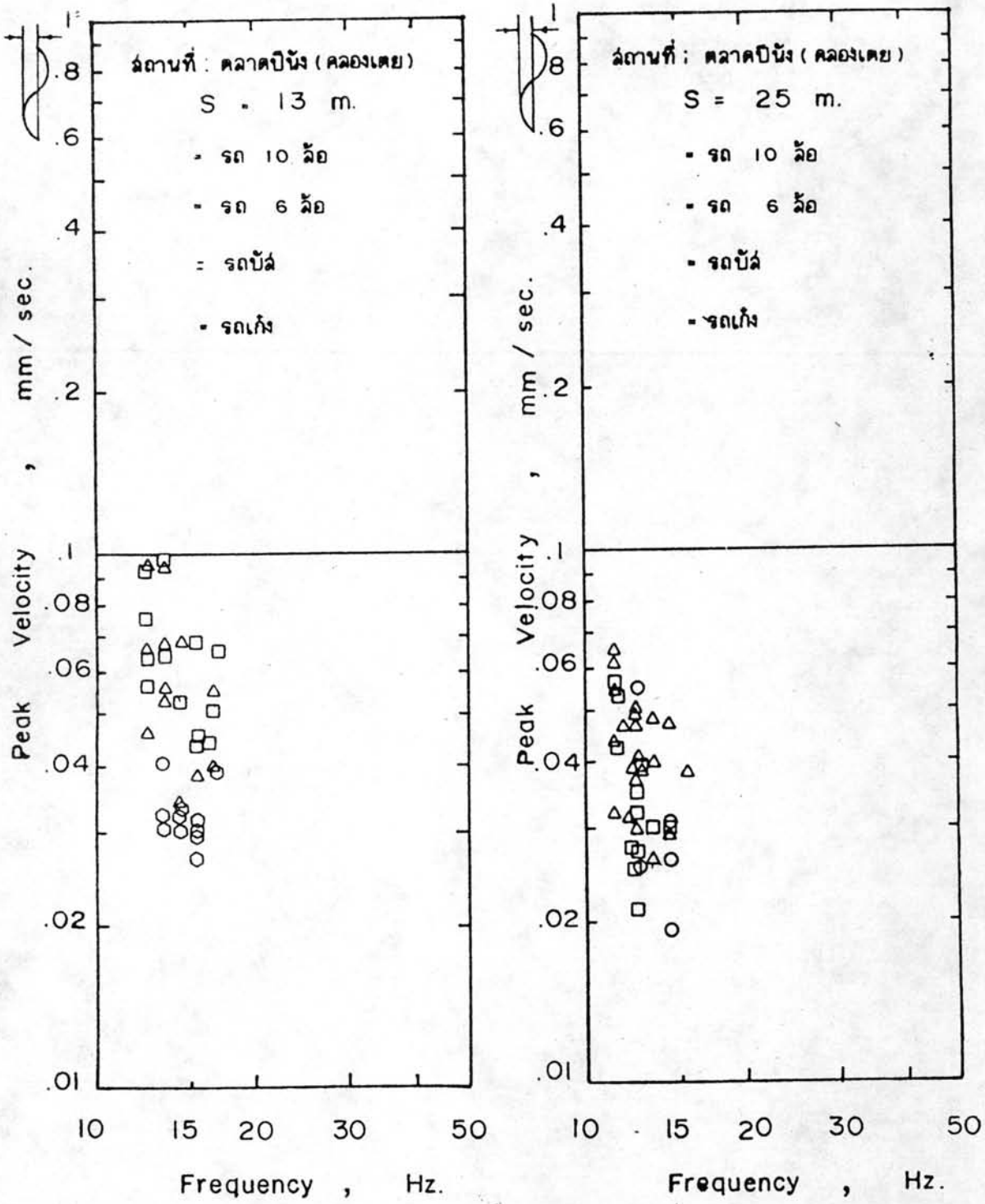
รูป 5.6 ระดับความสั่นสะเทือนที่วัดได้บริเวณแฟลตตำรวจ



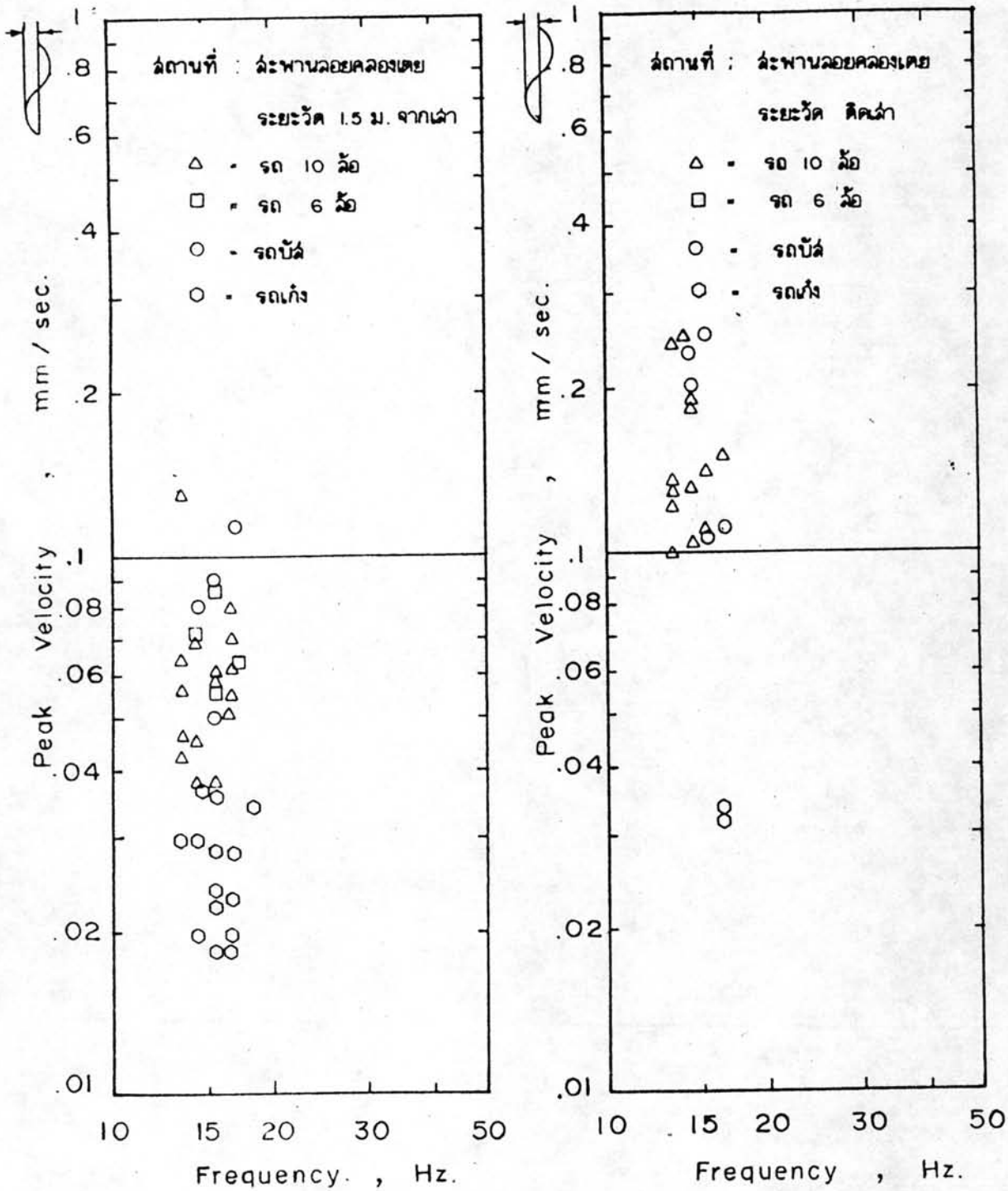
รูป 5.7 ระดับความสั่นสะเทือนที่วัดได้บริเวณแฟลตบ่อนไก่



รูป 5.8 ระดับความสั่นสะเทือนที่วัดได้บริเวณถนนพระรามสี่



รูป 5.9 ระดับความสั่นสะเทือนที่วัดได้บริเวณตลาดบึงกาฬใหม่



รูป 5.10 ระดับความสั่นสะเทือนที่วัดได้บริเวณคลองเตย

ที่ระยะวัด 1.5 เมตร ห่างจากขอบทางด่วน (บนรั้ว) (ดูรูป 4.16) ค่า peak particle velocity สูงสุดวัดได้ 0.120 mm/s

ที่ระยะวัด 3 เมตร ห่างจากขอบทางด่วน (บนดิน) ค่า peak particle velocity สูงสุดวัดได้ 0.061 mm/s

<u>สถานที่ทดลองหมายเลข 6. แฟลตตำรวจ</u>

ที่ระยะวัด 3 เมตร ห่างจากขอบทางด่วน (บนดิน) ค่า peak particle velocity สูงสุดวัดได้ 0.079 mm/s

ที่ระยะวัด 5 เมตร ห่างจากขอบทางด่วน (บนดิน) ค่า peak particle velocity สูงสุดวัดได้ 0.059 mm/s

<u>สถานที่ทดลองหมายเลข 7. แฟลตบ่อนไก่</u>

วัดบนขอบคอนกรีตบนทางด่วน (ดูรูป 4.17) ค่า peak particle velocity สูงสุดวัดได้ 0.090 mm/s

ที่ระยะวัด 1.5 เมตร ห่างจากขอบทางด่วน (บนดิน) ค่า peak particle velocity สูงสุดวัดได้ 0.115 mm/s

<u>สถานที่ทดลองหมายเลข 9. ตลาดปีนังใหม่</u> (ถนนรัชดาภิเษก)

ที่ระยะวัด 13 เมตร ห่างจากขอบถนน (บนพื้นคอนกรีต) ค่า peak particle velocity สูงสุดวัดได้ 0.102 mm/s

ที่ระยะวัด 25 เมตร ห่างจากขอบถนน (บนพื้นคอนกรีต) ค่า peak particle velocity สูงสุดวัดได้ 0.065 mm/s

ง. ในส่วนของทางด่วนที่ยกระดับ ค่า peak particle velocity สูงสุดตามสถานที่และระยะวัดต่าง ๆ กัน เป็นดังนี้

สถานที่ทดลองหมายเลข 2. สถานีรถไฟมักกะสัน

วัดติดเสา (บนดิน) ค่า peak particle velocity สูงสุดวัดได้ 0.116 mm/s

ที่ระยะวัดห่างจากเสา 5 เมตร (บนดิน) ค่า peak particle velocity สูงสุดวัดได้ 0.070 mm/s

สถานที่ทดลองหมายเลข 3. แยกถนนเพชรบุรี

วัดติดเสา (บนดิน) ค่า peak particle velocity สูงสุดวัดได้ 0.167 mm/s

ที่ระยะวัดห่างจากเสา 1.5 เมตร (บนดิน) ค่า peak particle velocity สูงสุดวัดได้ 0.139 mm/s

ที่ระยะวัดห่างจากเสา 5 เมตร (บนดิน) ค่า peak particle velocity สูงสุดวัดได้ 0.069 mm/s

สถานที่ทดลองหมายเลข 4. แยกถนนสุขุมวิท

วัดติดเสา (บนดิน) ค่า peak particle velocity สูงสุดวัดได้ 0.370 mm/s

ที่ระยะวัดห่างจากเสา 2 เมตร (บนดิน) ค่า peak particle velocity สูงสุดวัดได้ 0.148 mm/s

สถานที่ทดลองหมายเลข 10 คลองเตย

วัดติดเสา (บนดิน) ค่า peak particle velocity สูงสุดวัดได้ 0.252 mm/s

ที่ระยะวัดห่างจากเสา 1.5 เมตร ค่า peak particle velocity สูงสุดวัดได้ 0.119 mm/s

ค. ในส่วนที่เป็นทางลงหรือทางขึ้นของทางด่วน ค่า peak particle velocity สูงสุดตามสถานที่และระยะวัดต่าง ๆ กัน เป็นดังนี้

สถานที่ทดลองหมายเลข 1. แฟลตดินแดง

ที่ระยะวัด 4.5 เมตร ห่างจากขอบทางด่วน (บนรั้ว) (ดูรูป 4.12) ค่า peak particle velocity สูงสุดวัดได้ 0.086 mm/s

ที่ระยะวัด 6 เมตร ห่างจากขอบทางด่วน (บนดิน) ค่า peak particle velocity สูงสุดวัดได้ 0.224 mm/s

สถานที่ทดลองหมายเลข 3. แยกถนนเพชรบุรี

ที่ระยะวัด 4 เมตร ห่างจากขอบทางด่วนวัดบนพื้นคอนกรีต (ฟุต-บาธ) ค่า peak particle velocity สูงสุดวัดได้ 0.042 mm/s

สถานที่ทดลองหมายเลข 8. แยกถนนพระรามสี่

ที่ระยะวัด 2 เมตร ห่างจากขอบทางด่วนวัดบนพื้นคอนกรีต (ฟุต-บาธ) ค่า peak particle velocity สูงสุดวัดได้ 0.129 mm/s

ที่ระยะวัด 5 เมตร ห่างจากขอบทางด่วนวัดบนพื้นคอนกรีต (ฟุต-บาธ) ค่า peak particle velocity สูงสุดวัดได้ 0.069 mm/s

เมื่อเปรียบเทียบระดับความสั่นสะเทือนที่วัดได้กับข้อกำหนดของระดับความสั่นสะเทือนมาตรฐานที่กำหนดโดย REIHER AND MEISTER[22] และ ROAD RESEARCH LABORATORY (RRL Report LR 418)[3] พบว่าระดับความสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นเนื่องจากการจราจรของรถยนต์บนทางด่วนตอนดินแดง-ท่าเรืออยู่ในช่วงที่คนยังรับความสั่นสะเทือนไม่ได้ (imperceptible) เป็นส่วนมาก และมีเพียงบางจุดทดลองและบางครั้งเท่านั้นที่ความสั่นสะเทือนอยู่ในระดับที่คนเพิ่งจะรับรู้ได้ (just perceptible) เมื่อคิดถึงผลกระทบของความสั่นสะเทือนต่ออาคารและสิ่งปลูกสร้างข้างทางด่วน ระดับความสั่นสะเทือนยังอยู่ในระดับต่ำมาก ไม่สามารถที่จะทำความเสียหายหรือเป็นสาเหตุของความเสียหายต่ออาคารและสิ่งปลูกสร้างใด ๆ ได้เลย

สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.1.2 สำหรับการวัดความสั่นสะเทือนของพื้นดินเนื่องจากรถไฟที่วิ่งข้างทางด่วนตอนดินแดง-ท่าเรือ พบว่าความถี่ของความสั่นสะเทือนอยู่ในช่วง 14.3-50.0 Hz. และค่า peak particle velocity ที่ระยะ 5 เมตร จากขอบรางมีค่าตั้งแต่ 0.303-1.457 mm/s และที่ระยะ 10 เมตร อยู่ในช่วง 0.326-1.167 mm/s ซึ่งขึ้นอยู่กับสภาพของสถานที่ทดลอง ชนิด ความเร็ว ตลอดจนสภาพการบรรทุกของตู้รถไฟขบวนต่าง ๆ

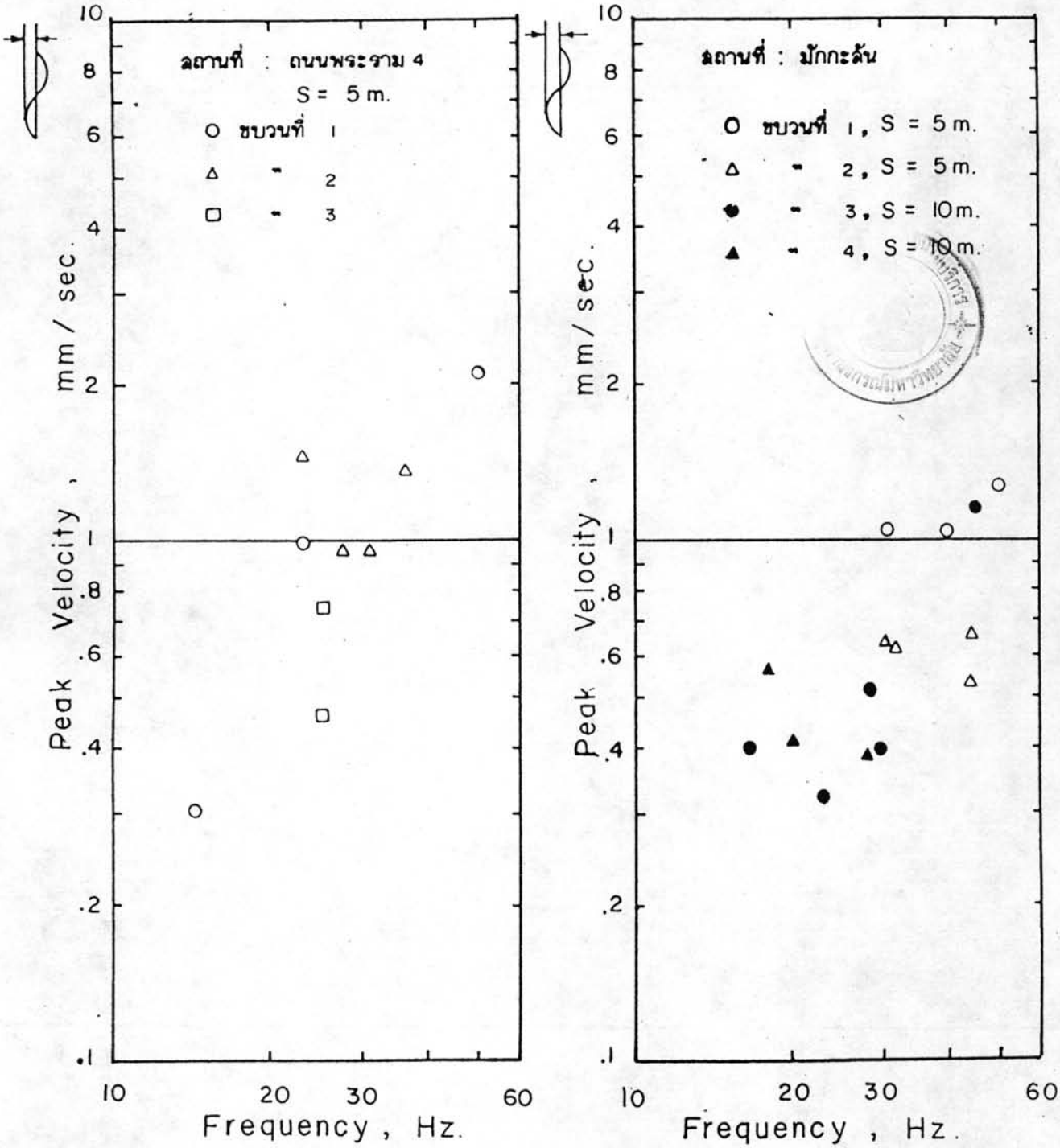
ตาราง 5.2 เป็นสรุปผลการทดลองวัดความสั่นสะเทือนของพื้นดินเนื่องจากการจราจรของรถไฟ รูป 5.11-5.12 แสดงระดับความสั่นสะเทือนที่วัดได้

จากการทดลองพบว่ารถไฟชนิดที่เป็นรถโดยสารดีเซล เป็นตัวทำให้เกิดค่า peak particle velocity สูงสุด โดยเฉพาะอย่างยิ่งหัวรถจักรซึ่งหนักมากสามารถให้ค่าสูงถึง 4.333 mm/s ที่ระยะ 5 เมตร ห่างจากขอบราง ส่วนรถโดยสารไฟฟ้าและรถบรรทุกน้ำมัน ซึ่งมีน้ำหนักน้อยกว่าจะให้ค่า peak particle velocity ต่ำกว่า อนึ่ง รถไฟที่วิ่งขนานกับทางด่วนส่วนมากจะเป็นรถบรรทุกน้ำมันหรือสิ่งของจะวิ่งด้วยความเร็วประมาณ 30 กม./ชม. จึงทำให้ระดับความสั่นสะเทือนอยู่ในระดับต่ำ

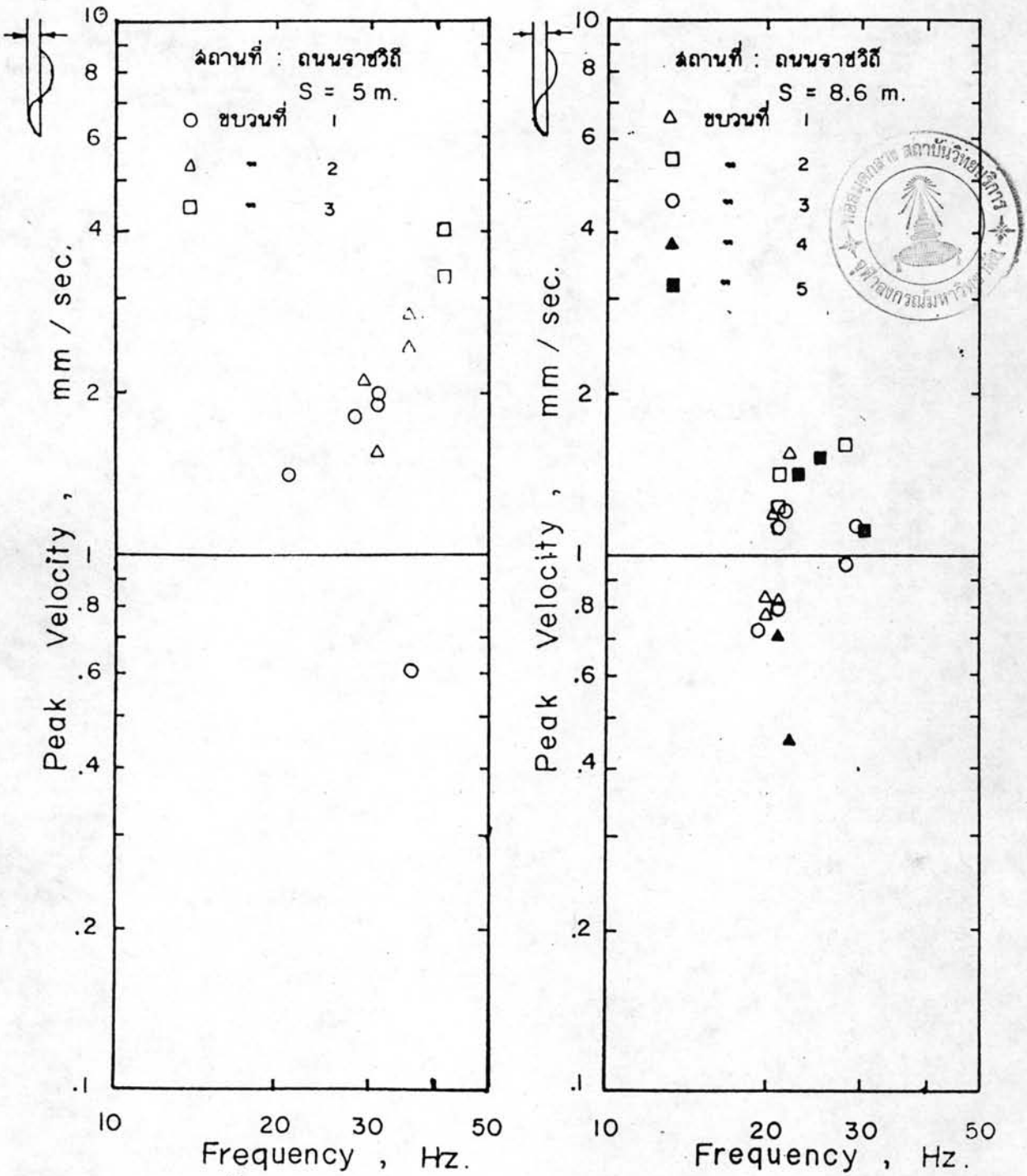
เมื่อเปรียบเทียบความสั่นสะเทือนที่วัดได้กับข้อกำหนดของระดับความสั่น

ตาราง 5.2 สรุปผลการทดลองวัดความสั่นสะเทือนของพื้นดินเนื่องจากการจราจรของรถไฟ

สถานที่	ชนิดของรถไฟ	S ระยะวัด เมตร	f ช่วงความถี่ รอบ/วินาที	v Peak Velocity มม./วินาที	ความเร็ว เฉลี่ย กม./ชม.	เปรียบเทียบกับข้อกำหนดมาตรฐานของ REIHER & MEISTER
1. มักกะสัน	รถเปล่า	5	30.3-50.0	1.02-1.25	32	Clearly perceptible
	บรรทุกน้ำมัน	5	30.3-41.7	0.53-0.61	15	Just perceptible
	รถเปล่า	10	16.7-45.5	0.33-1.17	31	Just-clearly perceptible
	รถเปล่า	10	17.9-28.6	0.39-0.56	24	Just perceptible
2. พระรามสี่	รถเปล่า	5	14.3-50.0	0.30-0.98	45	Just perceptible
	รถเปล่า	5	25.0-25.0	0.47-0.74	31	Just perceptible
	บรรทุกน้ำมัน	5	22.7-35.7	0.95-1.46	24	Just-clearly perceptible
3. ราชวิถี	รถโดยสารดีเซล	5	20.8-35.7	0.61-1.95	31	Just-clearly perceptible
	รถโดยสารดีเซล	5	29.4-35.7	1.57-2.88	22	Clearly perceptible-annoying
	รถโดยสารดีเซล	5	41.7-41.7	3.33-4.33	38	annoying
	รถโดยสารดีเซล	8.6	20.0-20.8	0.78-1.20	53	Just-clearly perceptible
	รถโดยสารดีเซล	8.6	20.8-27.8	1.20-1.59	53	Clearly perceptible
	รถโดยสารดีเซล	8.6	19.2-29.4	0.71-1.20	30	Just-clearly perceptible
	รถไฟฟ้า	8.6	20.8-21.7	0.46-0.70	29	Just perceptible
	รถไฟฟ้า	8.6	22.7-30.3	1.16-1.39	46	Clearly perceptible



รูป 5.11 ระดับความสั่นสะเทือนที่วัดได้เนื่องจากการจราจรของรถไฟที่ยนานกับทางด่วน



รูป 5.12 ระดับความสั่นสะเทือนที่วัดได้เนื่องจากการจราจรของรถไฟที่บริเวณราชวิถี

ส่ะเทือนมาตรฐาน พบว่า ระดับความสั่นส่ะเทือนอยู่ในช่วงที่คนเริ่มจะรับรู้ได้ (just perceptible) จนกระทั่งถึงรับรู้ความสั่นส่ะเทือนได้อย่างชัดเจน (clearly perceptible) แต่ก็ยังไม่เป็นสาเหตุที่จะทำความเสียหายต่ออาคารและสิ่งปลูกสร้างทั่ว ๆ ไปที่อยู่ข้างทางด่วน

5.1.3 รูป 5.13-5.19 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความถี่และ peak particle velocity ของความสั่นส่ะเทือนที่วัดได้จากการจราจรของรถบนถนนวิภาวดีรังสิต เริ่มตั้งแต่รังสิตจนกระทั่งถึงส่ะพานลอยดินแดงรวมทั้งหมด 7 จุดทดลอง ผลสรุปที่ได้รวบรวมแสดงไว้ในตาราง 5.3

จากผลการสำรวจพบว่า รถที่ทำให้เกิดค่า peak particle velocity สูงสุดเป็นรถโดยสารขนาดใหญ่ (รถบัส) และรถสิบล้อบรรทุกเต็ม ทั้งนี้เพราะว่าขณะทำการสำรวจรถโดยสารขนาดใหญ่วิ่งด้วยความเร็ว (ประมาณ 70 กม./ชม.) สูงกว่ารถสิบล้อซึ่งวิ่งด้วยความเร็วประมาณ 60 กม./ชม. ดังนั้นโอกาสที่ทำให้เกิดน้ำหนักบรรทุกจลน์ (dynamic loading) ถ่ายลงสู่ถนนได้มากกว่ารถสิบล้อบรรทุกเต็มจึงเป็นไปได้มากแม้ว่าจะมีน้ำหนักบรรทุกน้อยกว่าก็ตาม ซึ่งผลการสำรวจก็คล้ายกับที่ทางด่วนคือความเร็วของรถยนต์มีอิทธิพลมากกว่าน้ำหนักบรรทุก ส่วนรถสิบล้อบรรทุกเต็มนั้นเนื่องจากน้ำหนักบรรทุกมีมาก เมื่อวิ่งด้วยความเร็วสูงพอสมควร (> 50 กม./ชม.) ก็ทำให้เกิดน้ำหนักบรรทุกจลน์ (dynamic loading) ในถนนได้มากเช่นกัน ดังนั้นจึงทำให้ความสั่นส่ะเทือนที่วัดได้อยู่ในระดับสูงด้วย

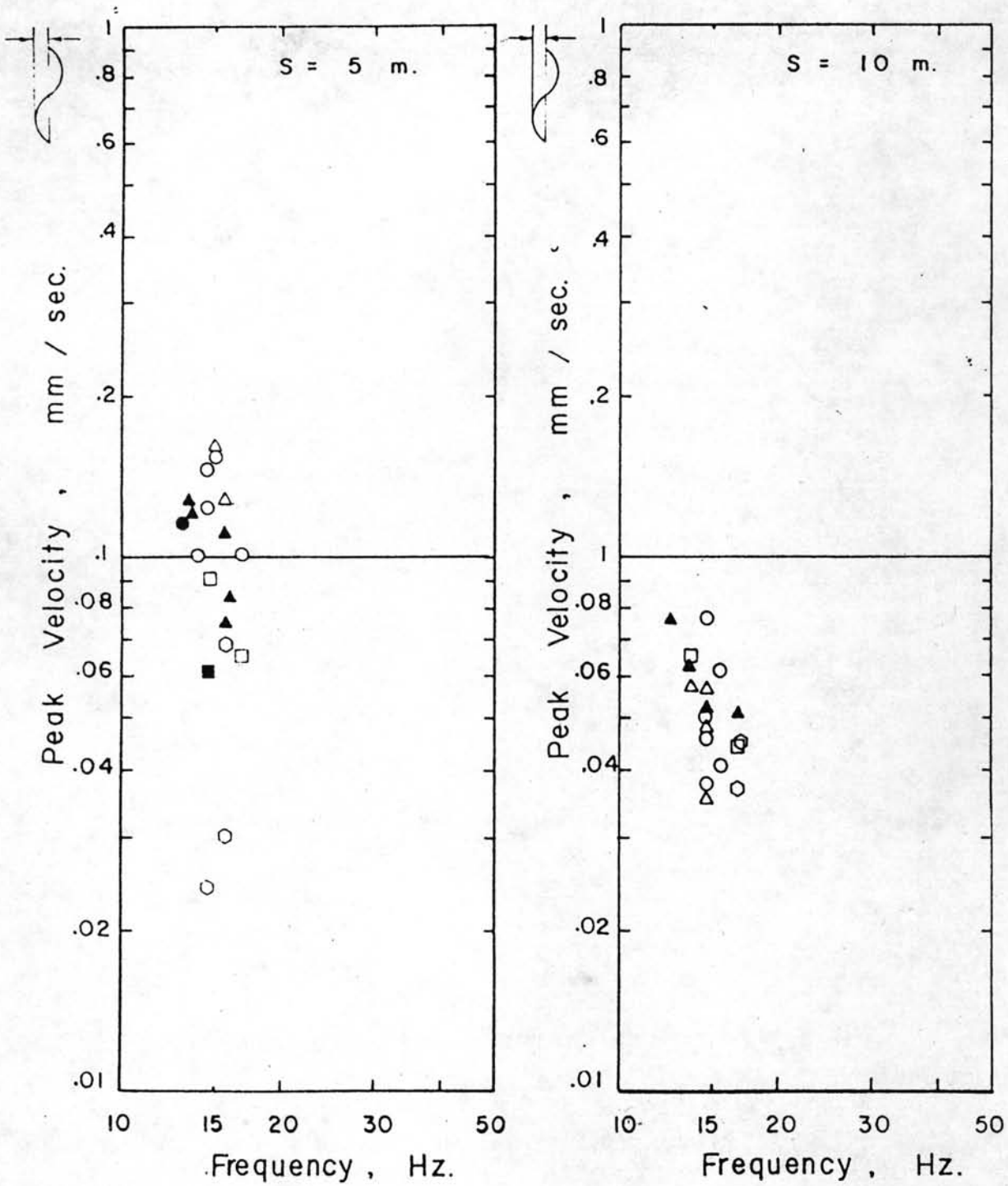
จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่าความถี่ของความสั่นส่ะเทือนอยู่ในช่วง 12.5 - 16.7 Hz. ซึ่งใกล้เคียงและใกล้เคียงกับที่วัดได้จากทางด่วนที่แตกต่างกันไปบ้างอาจจะเนื่องจากบางองค์ประกอบที่ต่างกันอาทิเช่น ลักษณะความเรียบของผิวถนน จำนวนช่องการจราจรและปริมาณการจราจร ส่วนค่า peak particle velocity ตามระยะวัดต่าง ๆ กัน สรุปได้ดังนี้

ตาราง 5.3 สรุปผลการทดลองวัดความสั่นสะเทือนของพื้นดินเนื่องจากการจราจรของรถยนต์บนทางสาย วิภาวดี-รังสิต

สถานที่	S ระยะวัด (เมตร)	f ช่วงความถี่ รอบ/วินาที	v Peak Velocity มม./วินาที	เปรียบเทียบกับข้อกำหนดมาตรฐานของ REIHER & MEISTER	ช่วงความเร็ว กม./ชม.	องค์ประกอบที่ทำให้เกิด max. peak velocity				
						ชนิดของรถยนต์	ความเร็ว กม./ชม.	สภาพบรรทุก	f รอบ/วินาที	v มม./วินาที
1. ร้านโกเหลียงก๋วยเตี๋ยวเรือ	5	12.8-16.7	0.024-0.159	imperceptible	45-75	รถลิบล้อ	57	ว่าง	14.7	0.159
	10	12.5-16.7	0.023-0.076	imperceptible	45-75	รถบัส	60	เต็ม	14.3	0.076
	15	13.3-16.7	0.022-0.064	imperceptible	55-70	รถลิบล้อ	57	ว่าง	15.4	0.064
2. บริษัทโฮ่คยับอินเตอร์เนชั่นแนล	5	12.5-16.7	0.046-0.424	imperceptible-just perceptible	55-90	รถบัส	77	เต็ม	12.5	0.424
	10	12.5-15.4	0.107-1.188	just perceptible-clearly perceptible	55-90	รถลิบล้อ	68	เต็ม	13.3	1.188
3. เขตการทางกรุงเทพฯ	5	14.3-16.3	0.068-0.285	imperceptible-just perceptible	45-70	รถบัส	68	เต็ม	16.1	0.285
	10	12.5-16.7	0.033-0.121	imperceptible	43-77	รถลิบล้อ	48	เต็ม	15.4	0.121
4. บริษัทยิบอินซอย	5	12.5-16.7	0.031-0.420	imperceptible-just perceptible	45-80	รถบัส	68	เต็ม	14.3	0.420
	10	12.5-16.7	0.043-0.347	imperceptible-just perceptible	50-80	รถบัส	80	ว่าง	13.7	0.347
5. กองบัญชาการตำรวจภูธร 1	5	12.5-16.7	0.040-0.611	imperceptible-just perceptible	45-74	รถบัส	74	เต็ม	14.3	0.611
	10	12.5-16.7	0.046-0.235	imperceptible	40-72	รถบัส	68	ว่าง	15.4	0.235
6. โรงเรียนการบินไทย	5	12.5-16.7	0.040-0.303	imperceptible-just perceptible	40-72	รถลิบล้อ	65	เต็ม	15.4	0.303
	10	12.5-16.7	0.030-0.193	imperceptible	40-64	รถบัส	51	เต็ม	13.3	0.193
7. นสพ. ไทยรัฐ	5	12.5-16.7	0.024-0.356	imperceptible-just perceptible	50-72	รถบัส	68	เต็ม	12.5	0.356
	10	12.5-16.7	0.030-0.322	imperceptible-just perceptible	50-72	รถบัส	65	เต็ม	12.5	0.322

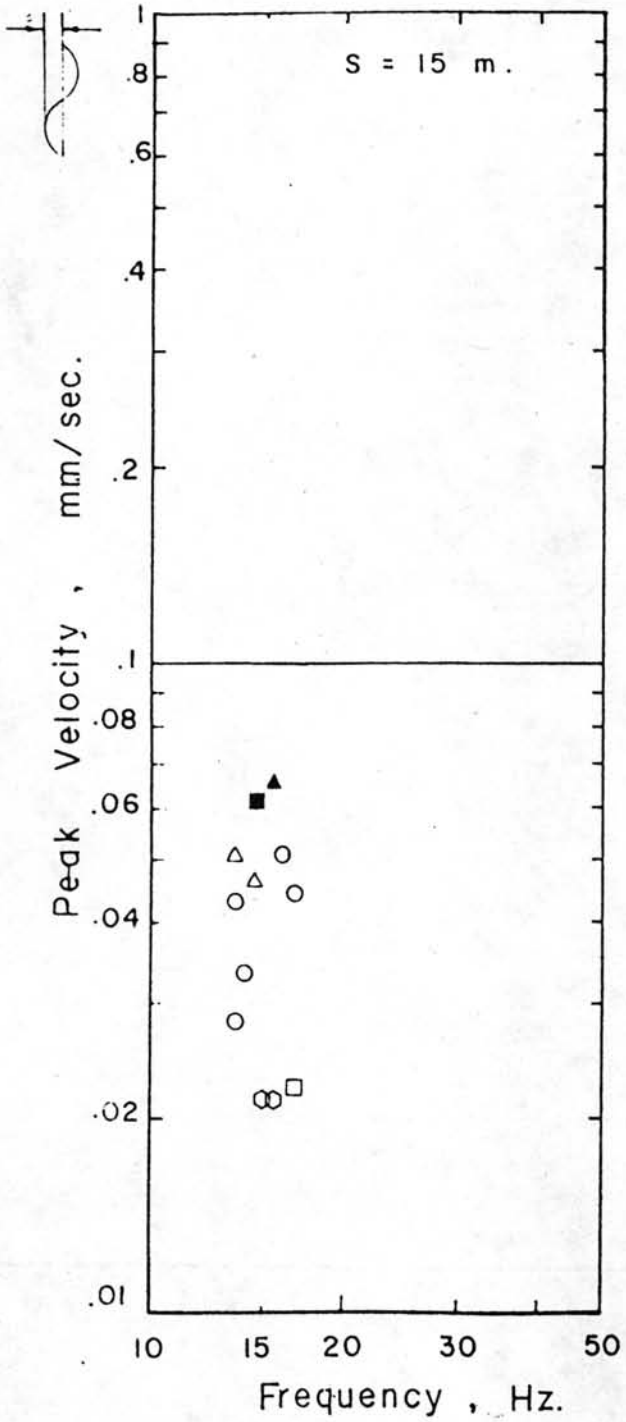
หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สถานที่ : ร้านโกเหลียง.



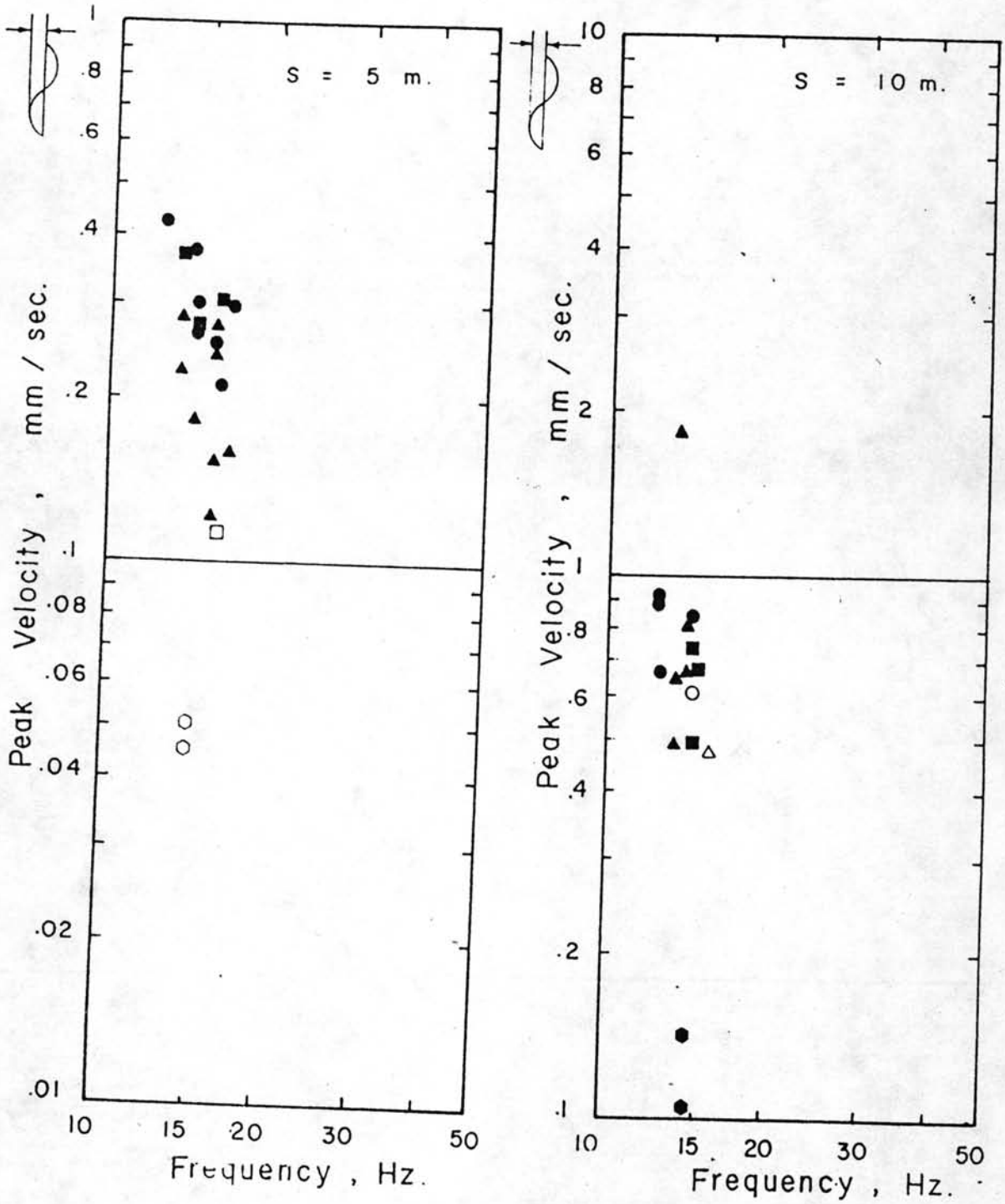
รูป 5.13 ระดับความสั่นสะเทือนที่วัดได้ที่ร้านโกเหลียงก๋วยเตี๋ยวเรือ

สถานที่ : ร้านโกเหลียง.



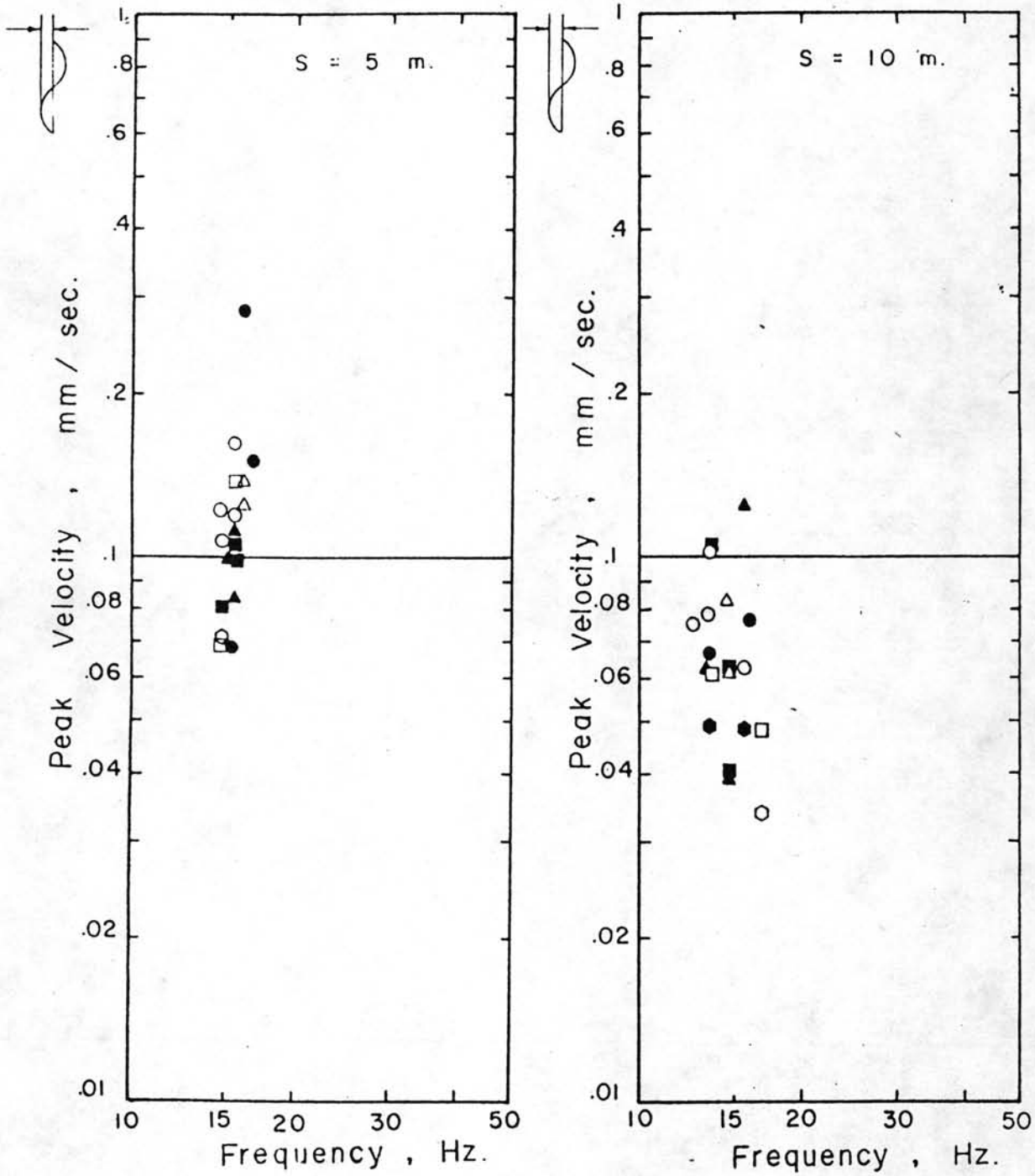
รูป 5.13 (ต่อ)

สถานที่ : บ. โชคชัยอินเตอร์เนชั่นแนล



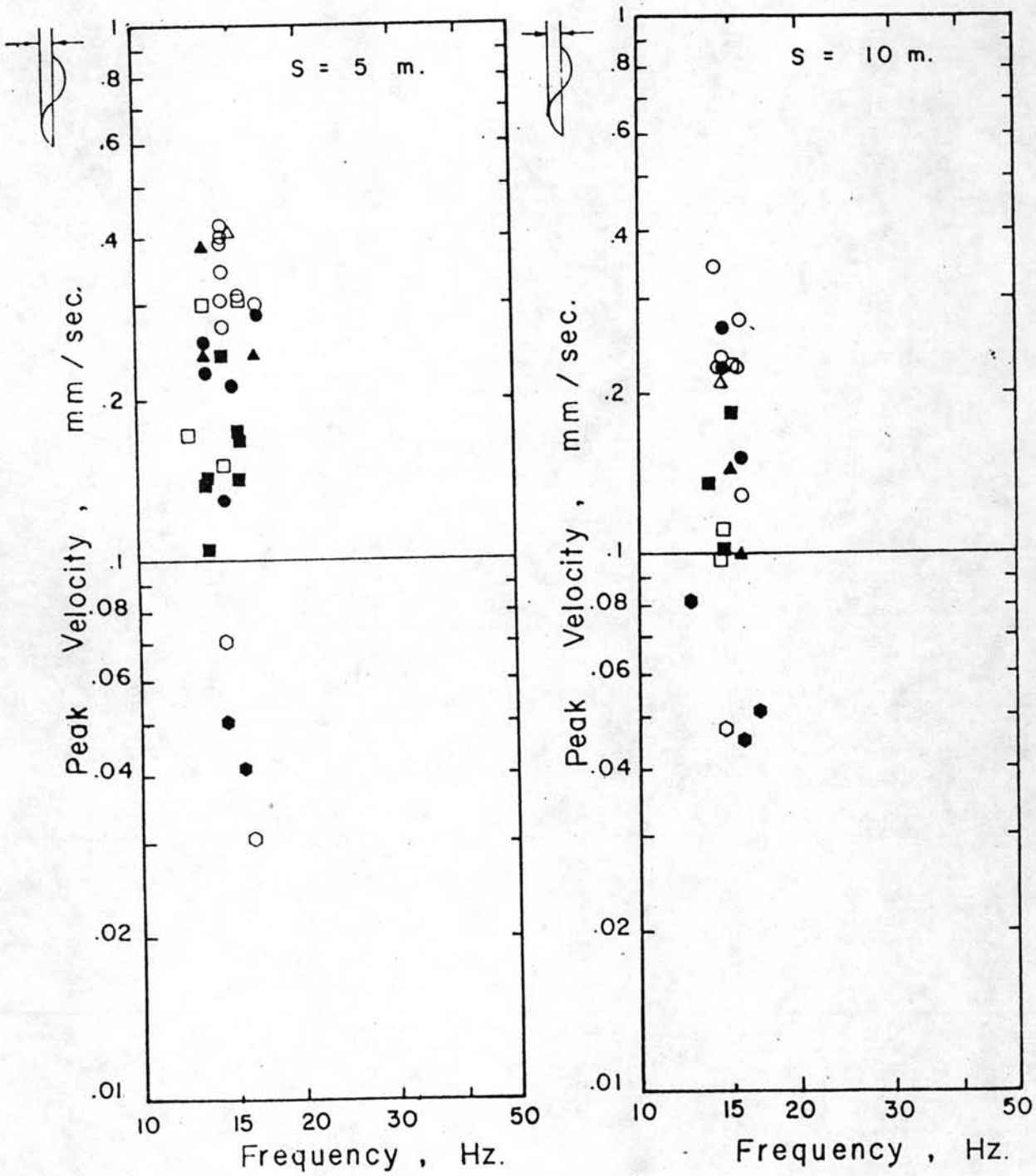
รูป 5.14 ระดับความสั่นสะเทือนที่วัดได้ที่บริษัทโชคชัยอินเตอร์เนชั่นแนล

สถานที่ : เขตการทางกรุงเทพ.



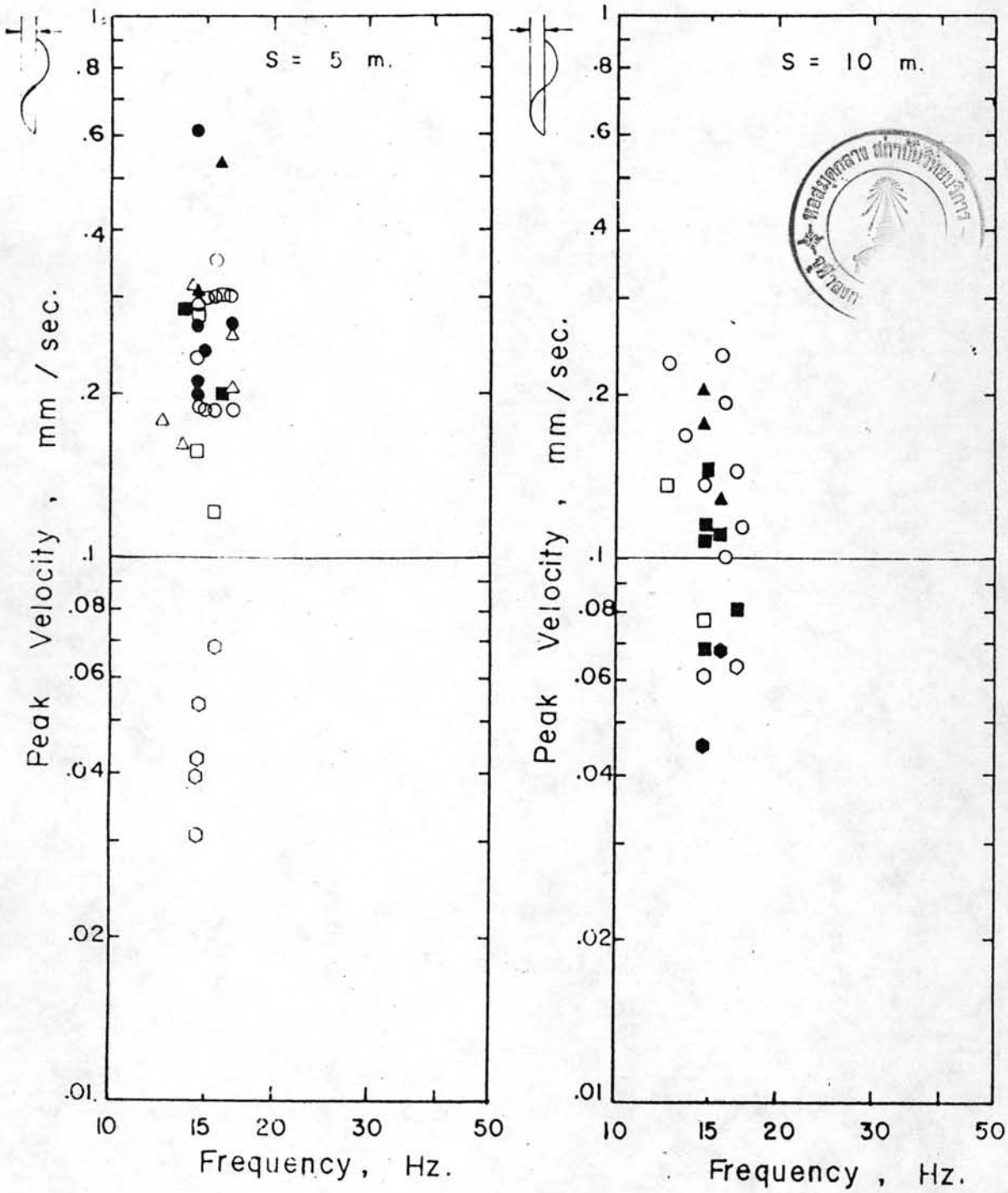
รูป 5.15 ระดับความสั่นสะเทือนที่วัดได้ที่เขตการทางกรุงเทพฯ

ฉ่ถานที่ : บ. ยิบอินซ่อย



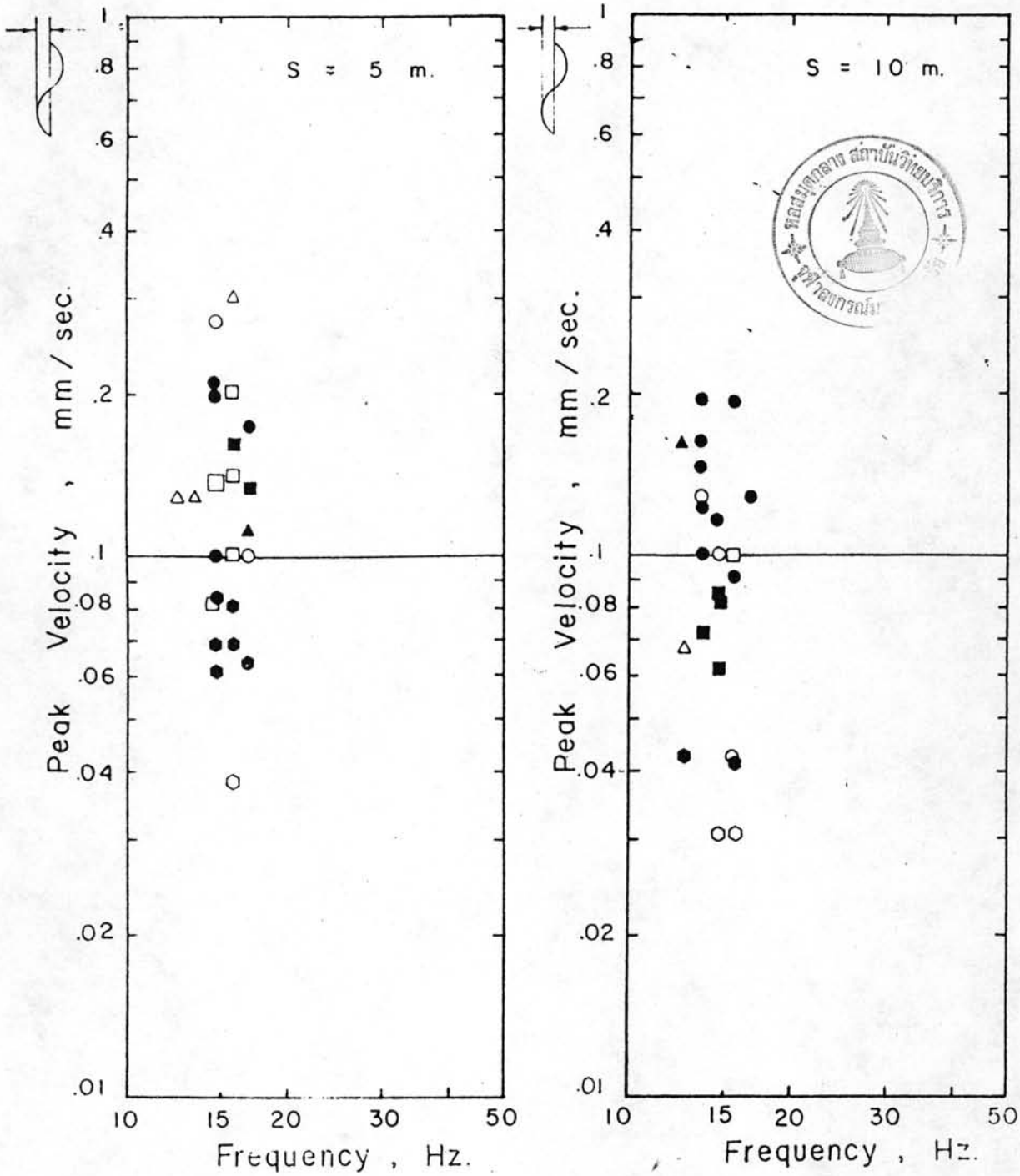
รูป 5.16 ระดับความสั่นสะเทือนที่วัดได้ที่บริษัทยิบอินซ่อย

ฉถานที่ : กองบัญชาการตำรวจภูธร 1



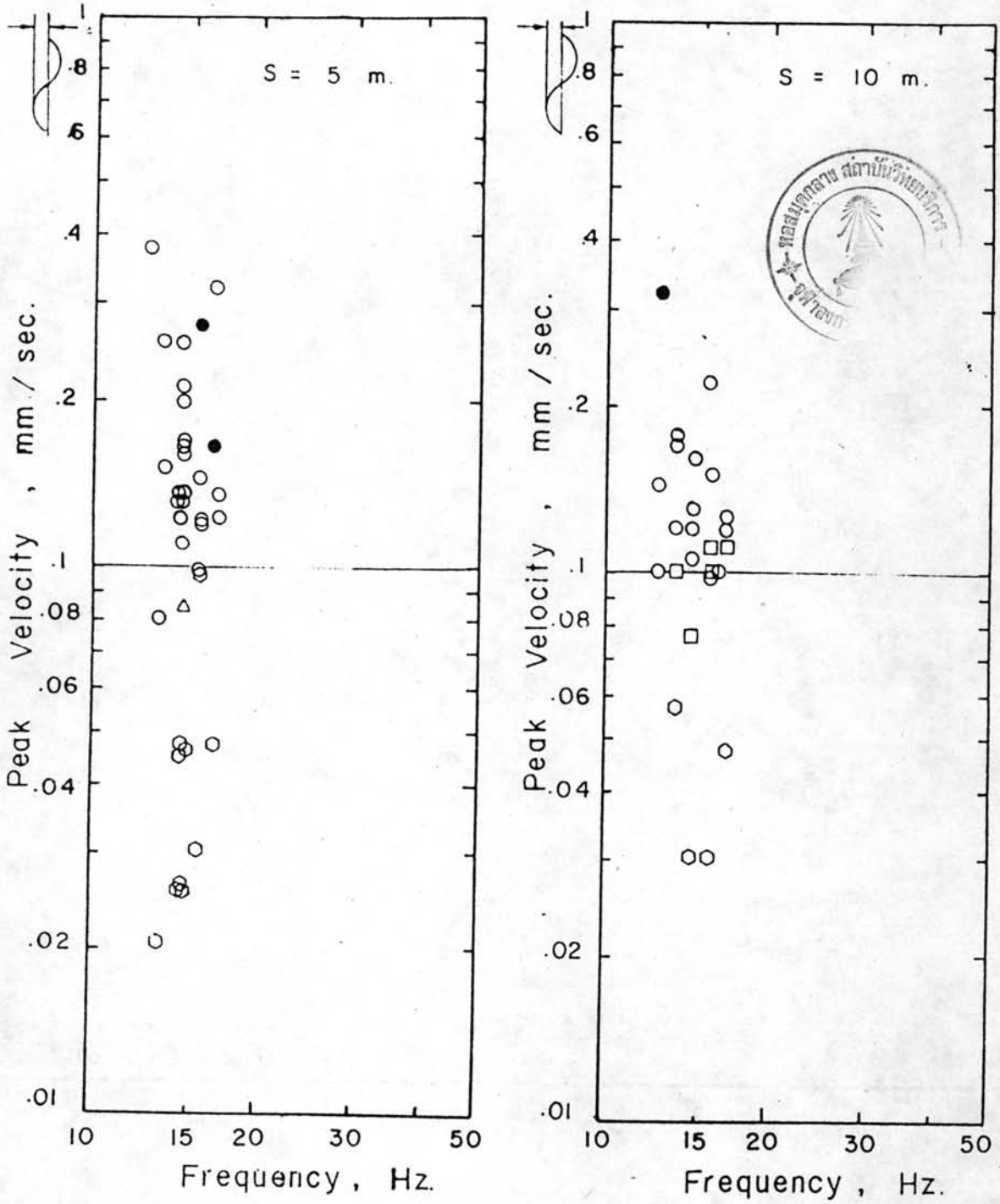
รูป 5.17 ระดับความสั่นสะเทือนที่วัดได้ที่กองบัญชาการตำรวจภูธร 1

สถานที่ : บ. การบินไทย.



รูป 5.18 ระดับความสั่นสะเทือนที่วัดได้ที่บริษัทการบินไทย

สถานที่ : นสพ. ไทยรัฐ



รูป 5.19 ระดับความสั่นสะเทือนที่วัดได้ที่ นสพ. ไทยรัฐ

ที่ระยะวัด 5 เมตร ห่างจากขอบถนนผิวจราจรเรียบ ค่า peak particle velocity สูงสุดวัดได้ 0.424 mm/s

ที่ระยะวัด 10 เมตร ห่างจากขอบถนนผิวจราจรเรียบ ค่า peak particle velocity สูงสุดวัดได้ 0.347 mm/s

ที่ระยะวัด 15 เมตร ห่างจากขอบถนนผิวจราจรเรียบ ค่า peak particle velocity สูงสุดวัดได้ 0.064 mm/s

สำหรับในบริเวณที่ผิวจราจรไม่เรียบ (บริเวณบริษัทโย่คยัยอินเตอร์เนชั่นแนล) เพราะมีรอยต่อเนื่องจากการซ่อมถนนทำการวัดความสั่นสะเทือนที่ระยะ 10 เมตร ห่างจากขอบถนนพบว่าค่า peak particle velocity สูงสุดวัดได้ 1.188 mm/s ซึ่งสูงกว่าค่าที่วัดได้จากบริเวณผิวถนนเรียบที่ระยะใกล้กว่า (5 เมตร) อย่างเห็นได้ชัด ทั้งนี้ก็เนื่องมาจากความไม่สม่ำเสมอ (irregularity) ของถนนนั่นเอง รถบรรทุกสิบล้อเป็นตัวทำให้เกิด peak particle velocity สูงสุด

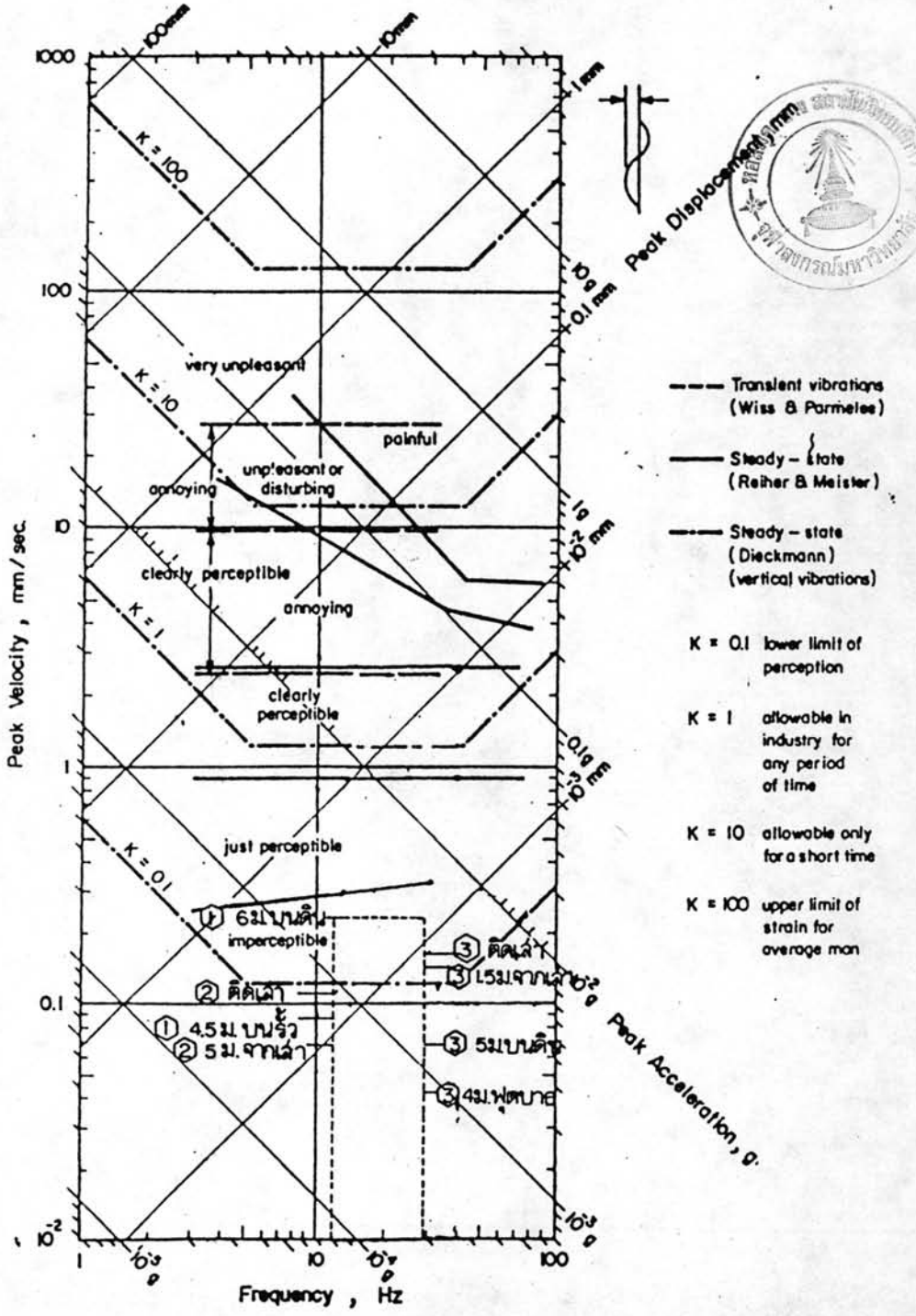
เมื่อเปรียบเทียบความสั่นสะเทือนที่วัดได้กับข้อกำหนดของความสั่นสะเทือนมาตรฐานพบว่า ความสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นเนื่องจากการจราจรของรถยนต์บนถนนสายวิภาวดี - รังสิต จากการวัดความสั่นสะเทือนที่ระยะ 5 เมตร ห่างจากขอบถนนอยู่ในช่วงที่คนยังรับความสั่นสะเทือนไม่ได้ (imperceptible) และเพิ่งจะเริ่มรู้สึก (just perceptible) ส่วนที่ระยะ 10 เมตร ห่างจากขอบถนนอยู่ในช่วงคนยังรับความสั่นสะเทือนไม่ได้ (imperceptible) ยกเว้นบางจุดทดลอง คือที่ นสพ.ไทยรัฐ ซึ่งความสั่นสะเทือนบางค่าถึงจุดที่คนเพิ่งจะรับรู้ได้ (just perceptible) ซึ่งเป็นเพราะว่ารถยนต์ที่วิ่งผ่านจุดนี้ส่วนมากเป็นรถโดยสารขนาดใหญ่ที่ออกมาจากสถานีขนส่งสายเหนือ และวิ่งในเลนนอกสุดติดกับขอบถนน ดังนั้นระยะจากรถถึงจุดวัดจึงใกล้ ระดับความสั่นสะเทือนจึงสูงกว่าจุดอื่น ๆ เล็กน้อย และอีกจุดหนึ่ง

คือที่บริษัทโยคยัยอินเตอร์เนชั่นแนลซึ่งความสั่นสะเทือนบางค่าถึงจุดที่คนรับรู้ได้อย่างชัดเจน (clearly perceptible) เพราะว่าที่จุดนี้รถยนต์ต้องวิ่งผ่านผิวถนนที่ไม่เรียบ (irregularity) ทำให้เกิดน้ำหนักบรรทุกจลน์ (dynamic loading) ในถนนสูงกว่าเมื่อรถยนต์วิ่งบนถนนผิวปรกติมาก ส่วนผลกระทบต่ออาคารและสิ่งปลูกสร้างความสั่นสะเทือนที่วัดได้ยังอยู่ในระดับที่ไม่เป็นอันตรายหรือสาเหตุของความเสียหายได้

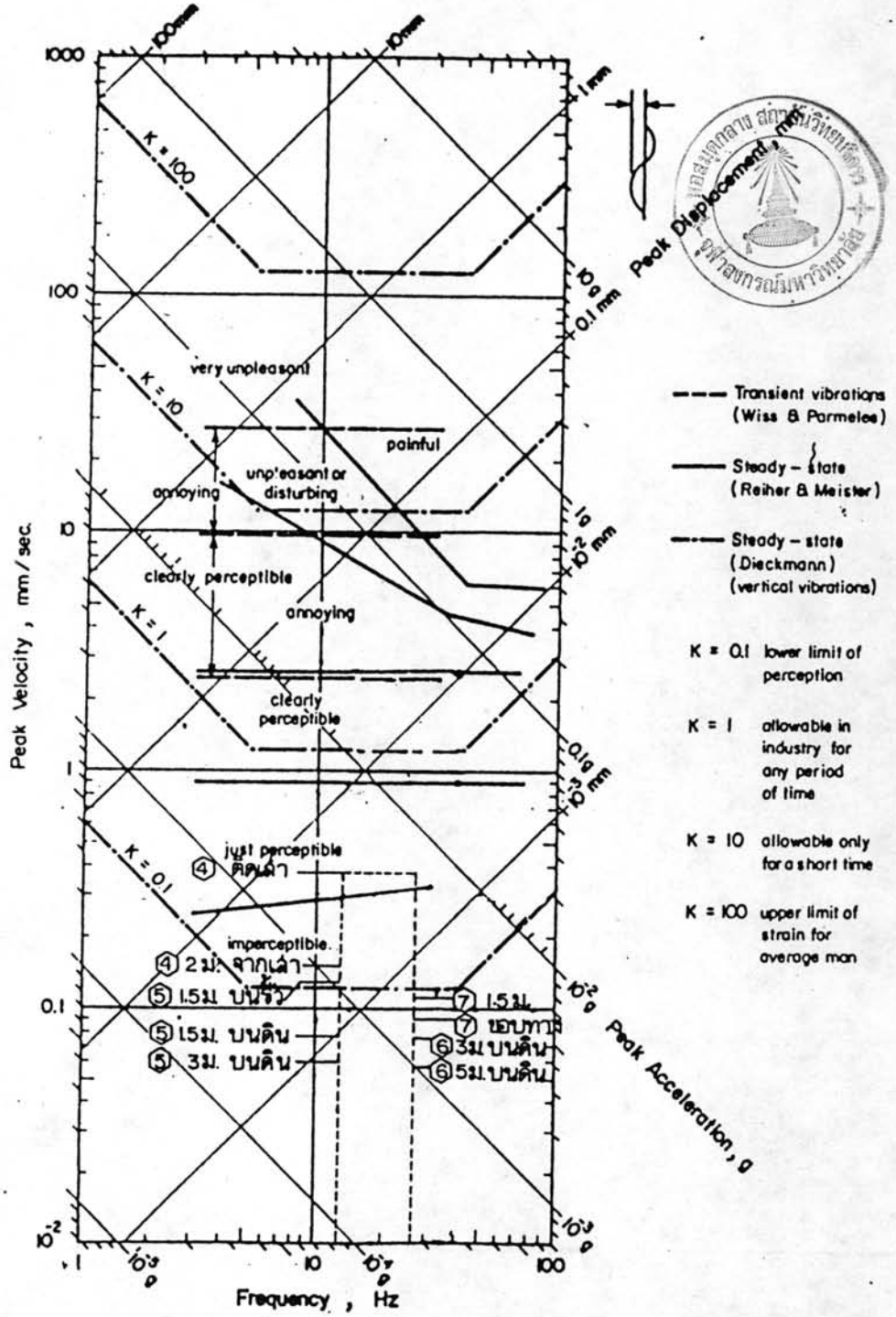
5.1.4 สรุปผลการเปรียบเทียบข้อมูลกับความสั่นสะเทือนมาตรฐานรูป 5.20 และรูป 5.21 แสดงการเปรียบเทียบผลกระทบของความสั่นสะเทือนต่อคนและต่ออาคารสิ่งปลูกสร้างที่วัดได้จากการจราจรของรถยนต์บนทางด่วนตอนดินแดง-ท่าเรือกับความสั่นสะเทือนมาตรฐานที่กำหนดโดยผู้วิจัยและสถาบันวิจัยต่าง ๆ เส้นประในรูปแทนย่วงความถี่ และ peak particle velocity ที่วัดได้ส่วนตัวเลขในกรอบหกเหลี่ยมแทนตำแหน่งของสถานที่ทดลองตามตาราง 5.1 เช่นเลข (1) แทนสถานที่ทดลองบริเวณแฟลตดินแดง เป็นต้น

รูป 5.22 และรูป 5.23 แสดงการเปรียบเทียบผลกระทบของความสั่นสะเทือนต่อคนและอาคารสิ่งปลูกสร้างที่วัดได้จากการจราจรของรถยนต์บนทางสาย วิภาวดี - รังสิต ตามลำดับ เส้นประในรูปแทนย่วงความถี่และ peak particle velocity ที่วัดได้ ส่วนตัวเลขในกรอบหกเหลี่ยมแทนตำแหน่งสถานที่ทดลองตามตาราง 5.3

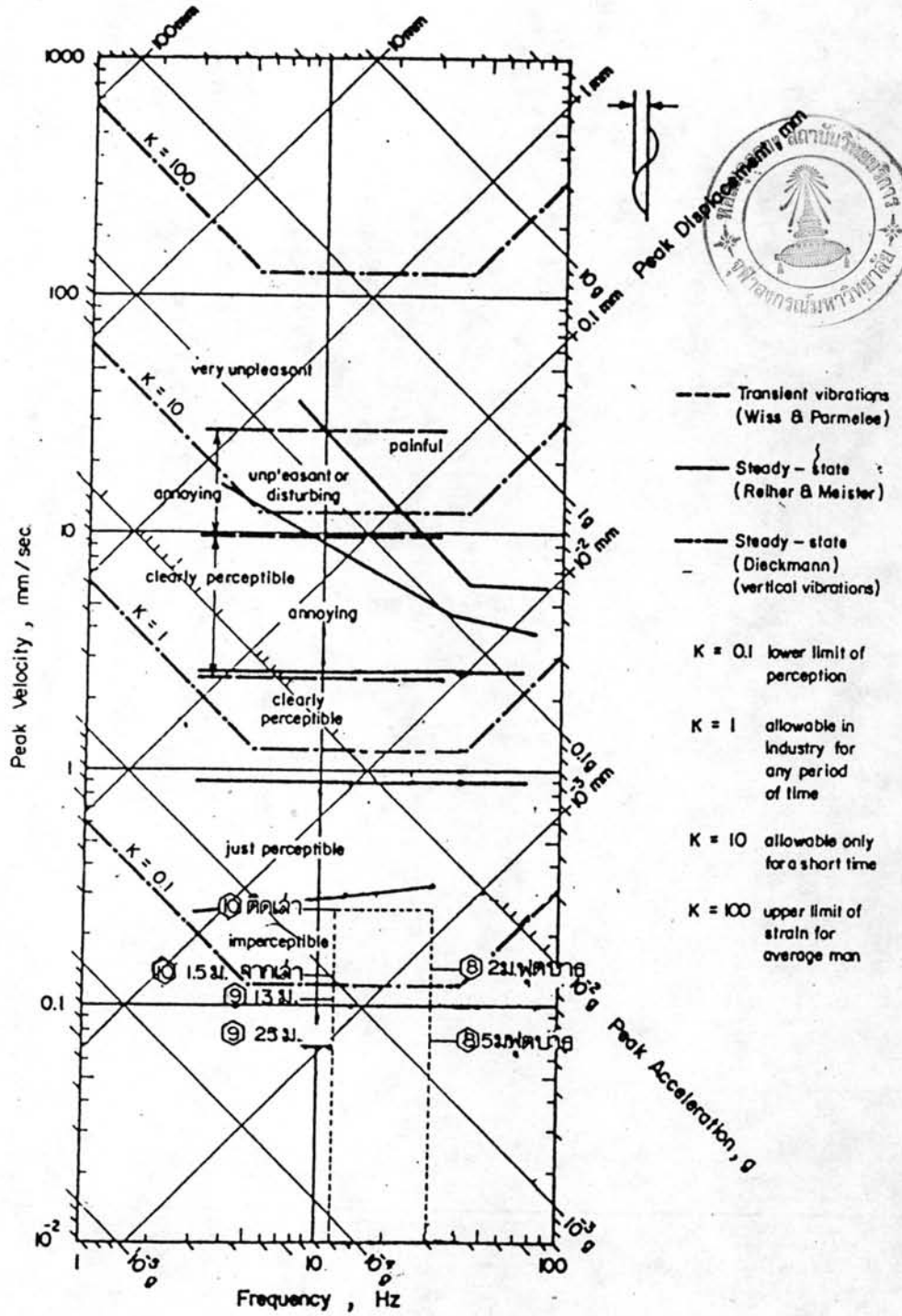
รูป 5.24 และรูป 5.25 แสดงการเปรียบเทียบผลกระทบของความสั่นสะเทือนต่อคนและอาคารสิ่งปลูกสร้างที่วัดได้จากการจราจรของรถไฟที่วิ่งขนานกับทางด่วนตามลำดับ เส้นประในรูปแทนย่วงความถี่และ peak particle velocity ที่วัดได้ ส่วนเลข (1) แทนจุดทดลองบริเวณมักกะสัน (2) แทน จุดทดลองบริเวณถนนพระรามสี่



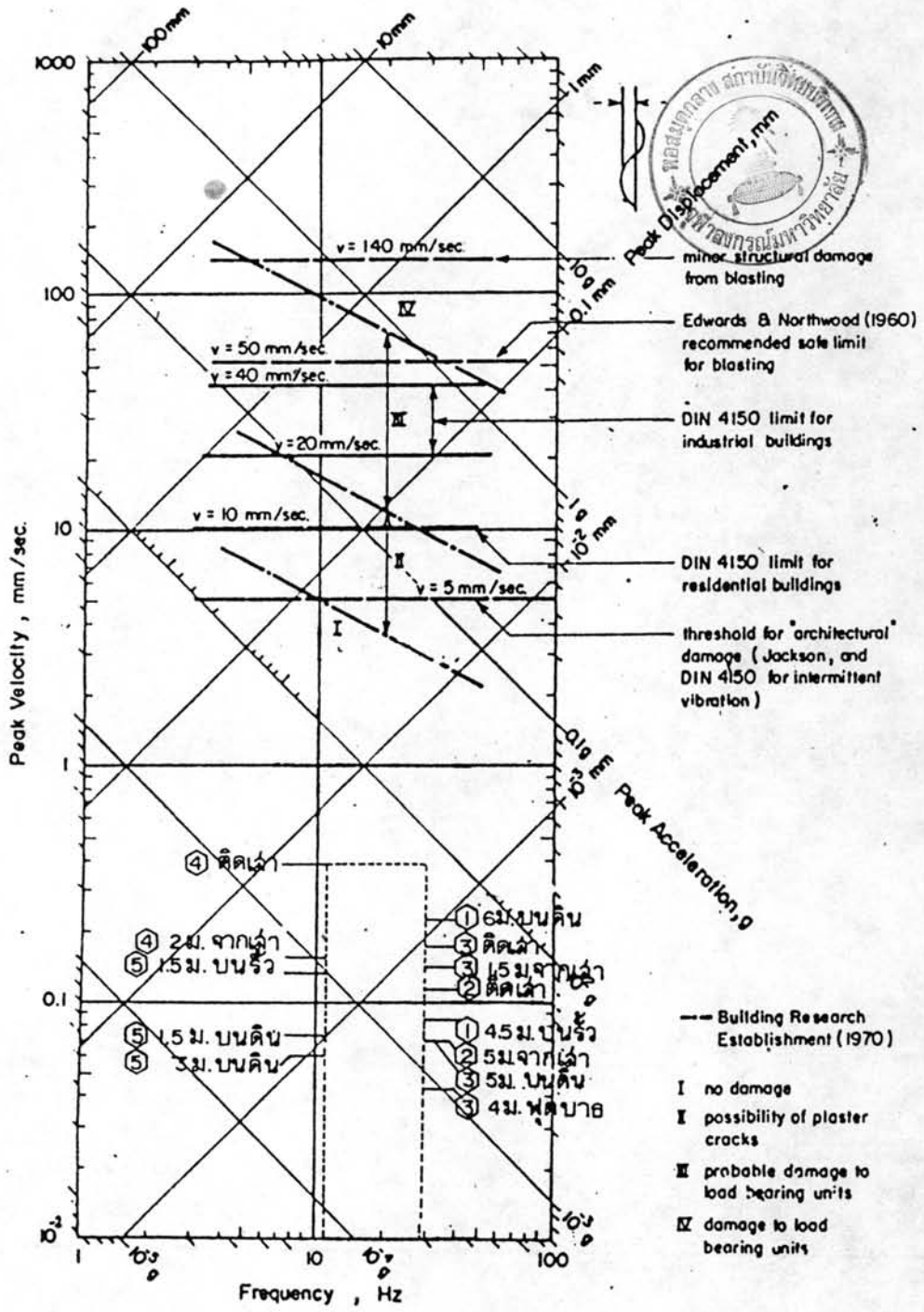
รูป 5.20 แสดงการเปรียบเทียบผลกระทบของระดับความสั่นสะเทือนที่มีต่อคนซึ่งวัดได้ที่ทางด่วนตอนดินแดง - ท่าเรือ


Peak Velocity , mm/sec.
Frequency , Hz
Peak Displacement , mm
Peak Acceleration , g
K = 100
K = 10
K = 1
K = 0.1
very unpleasant
painful
unpleasant or disturbing
annoying
clearly perceptible
annoying
clearly perceptible
just perceptible
imperceptible.
④ 2ม. จากเสา
⑤ 1.5ม. บนราง
⑤ 1.5ม. บนดิน
⑤ 3ม. บนดิน
⑦ 1.5ม.
⑦ ชอบกล
⑥ 3ม บนดิน
⑥ 5ม.บนดิน
Transient vibrations (Wiss & Parmelee)
Steady – state (Reiher & Meister)
Steady – state (Dieckmann) (vertical vibrations)
K = 0.1 lower limit of perception
K = 1 allowable in industry for any period of time
K = 10 allowable only for a short time
K = 100 upper limit of strain for average man

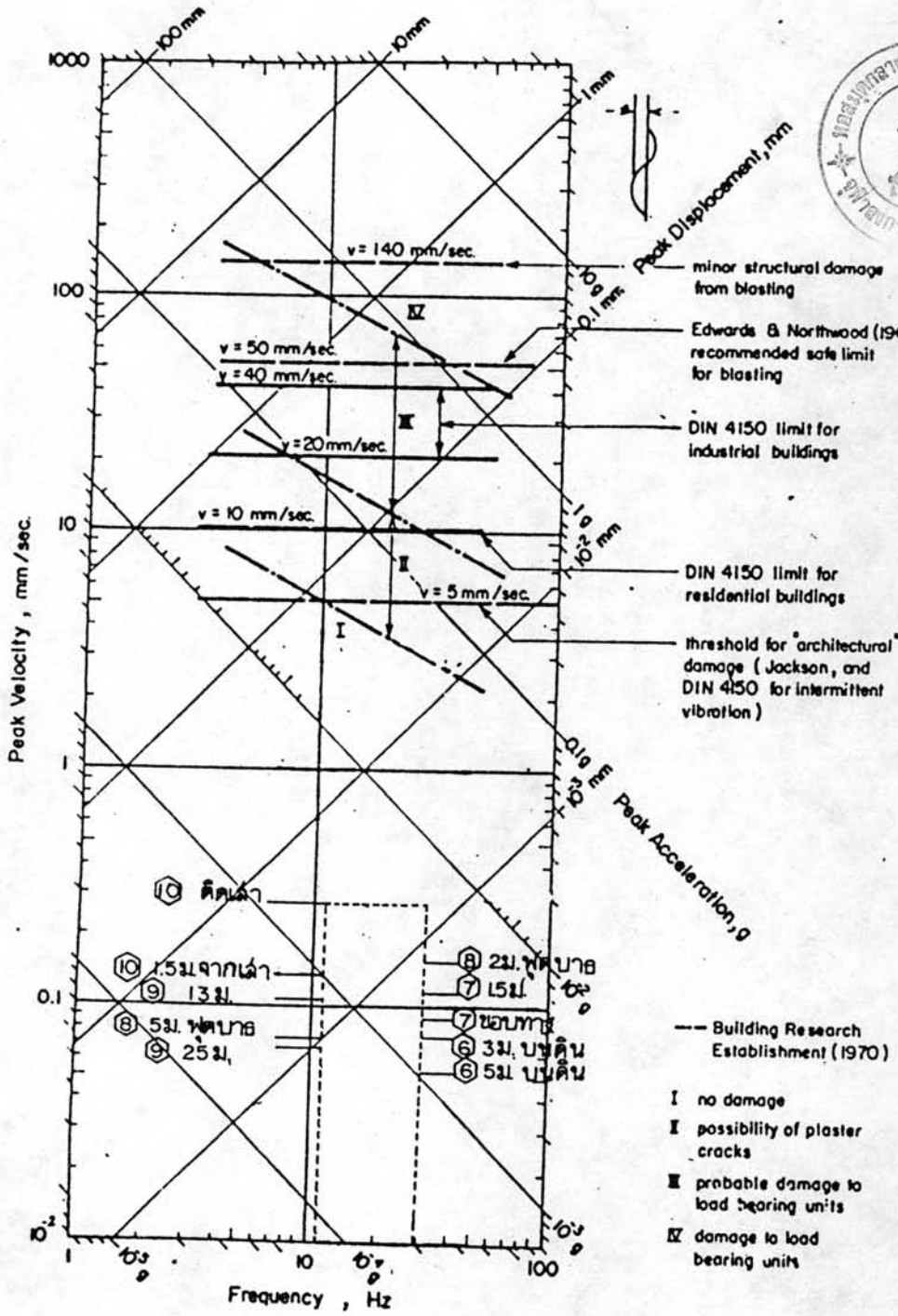
รูป 5.20 (ต่อ)


Peak Velocity , mm / sec.
Frequency , Hz
Peak Displacement, mm
Peak Acceleration, g
K = 100
K = 10
K = 1
K = 0.1
very unpleasant
painful
unp'easant or disturbing
annoying
clearly perceptible
annoying
clearly perceptible
just perceptible
imperceptible
Transient vibrations (Wiss & Parmelee)
Steady – state (Reiher & Meister)
Steady – state (Dieckmann) (vertical vibrations)
K = 0.1 lower limit of perception
K = 1 allowable in industry for any period of time
K = 10 allowable only for a short time
K = 100 upper limit of strain for average man

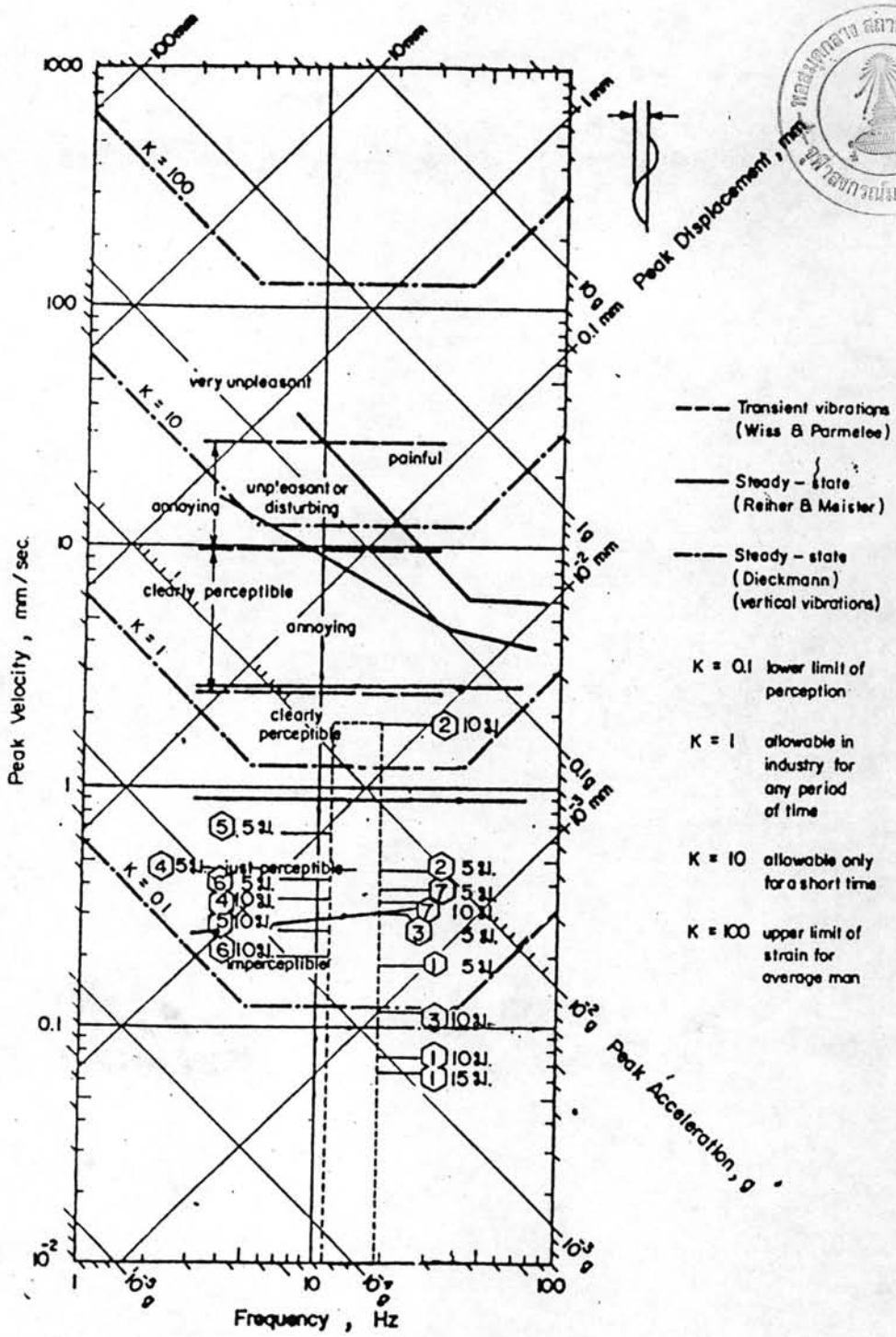
รูป 5.20 (ต่อ)



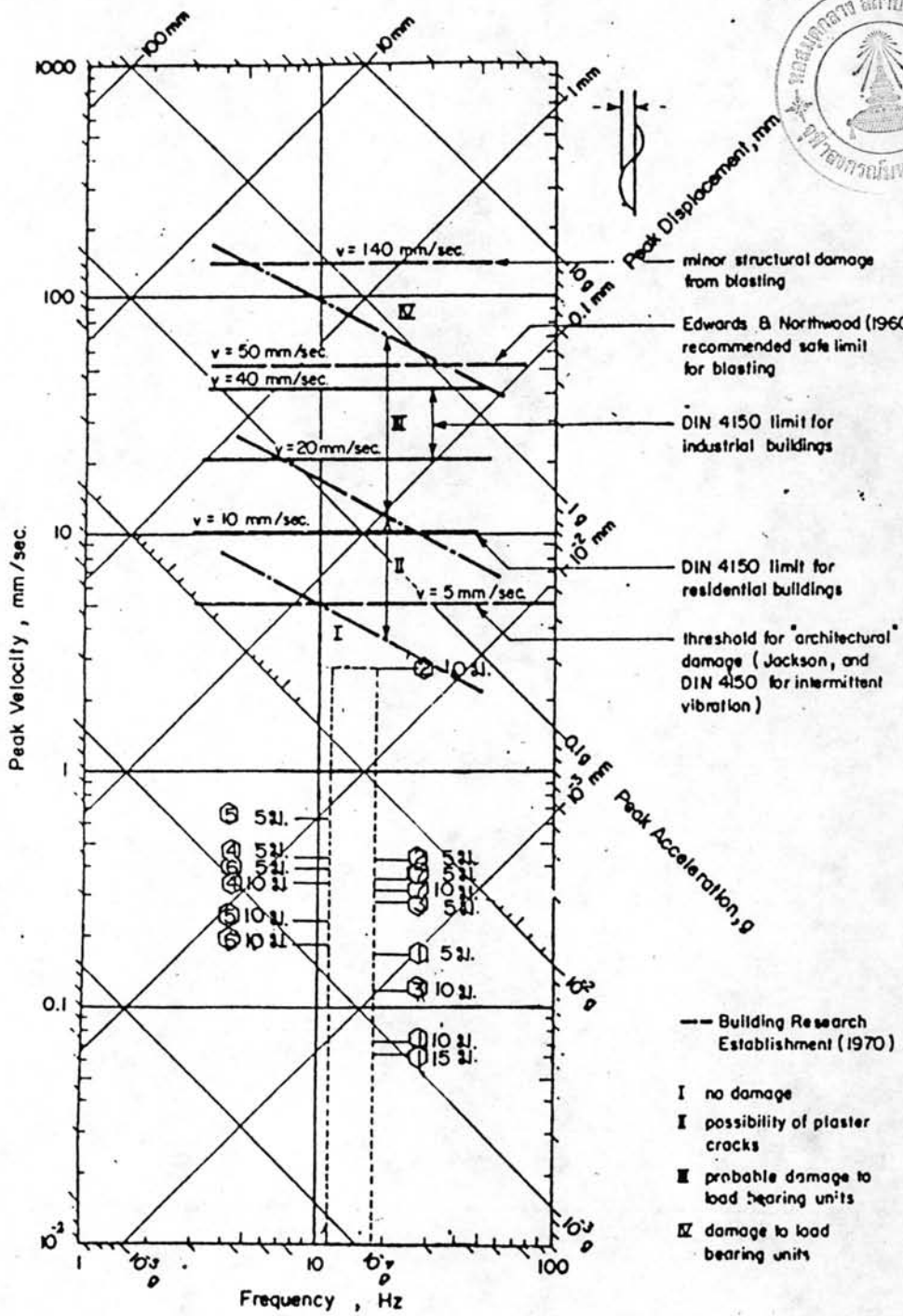
รูป 5.21 แสดงการเปรียบเทียบผลกระทบของระดับความสั่นสะเทือนที่มีต่ออาคารและสิ่งปลูกสร้างซึ่งวัดได้ที่ทางด่วนตอนดินแดง-ท่าเรือ


Peak Velocity , mm/sec.
Frequency , Hz
Peak Displacement, mm
Peak Acceleration, g
v = 140 mm/sec.
v = 50 mm/sec.
v = 40 mm/sec.
v = 20 mm/sec.
v = 10 mm/sec.
v = 5 mm/sec.
minor structural damage from blasting
Edwards & Northwood (1960) recommended safe limit for blasting
DIN 4150 limit for industrial buildings
DIN 4150 limit for residential buildings
threshold for "architectural" damage (Jackson, and DIN 4150 for intermittent vibration)
Building Research Establishment (1970)
I no damage
II possibility of plaster cracks
III probable damage to load bearing units
IV damage to load bearing units

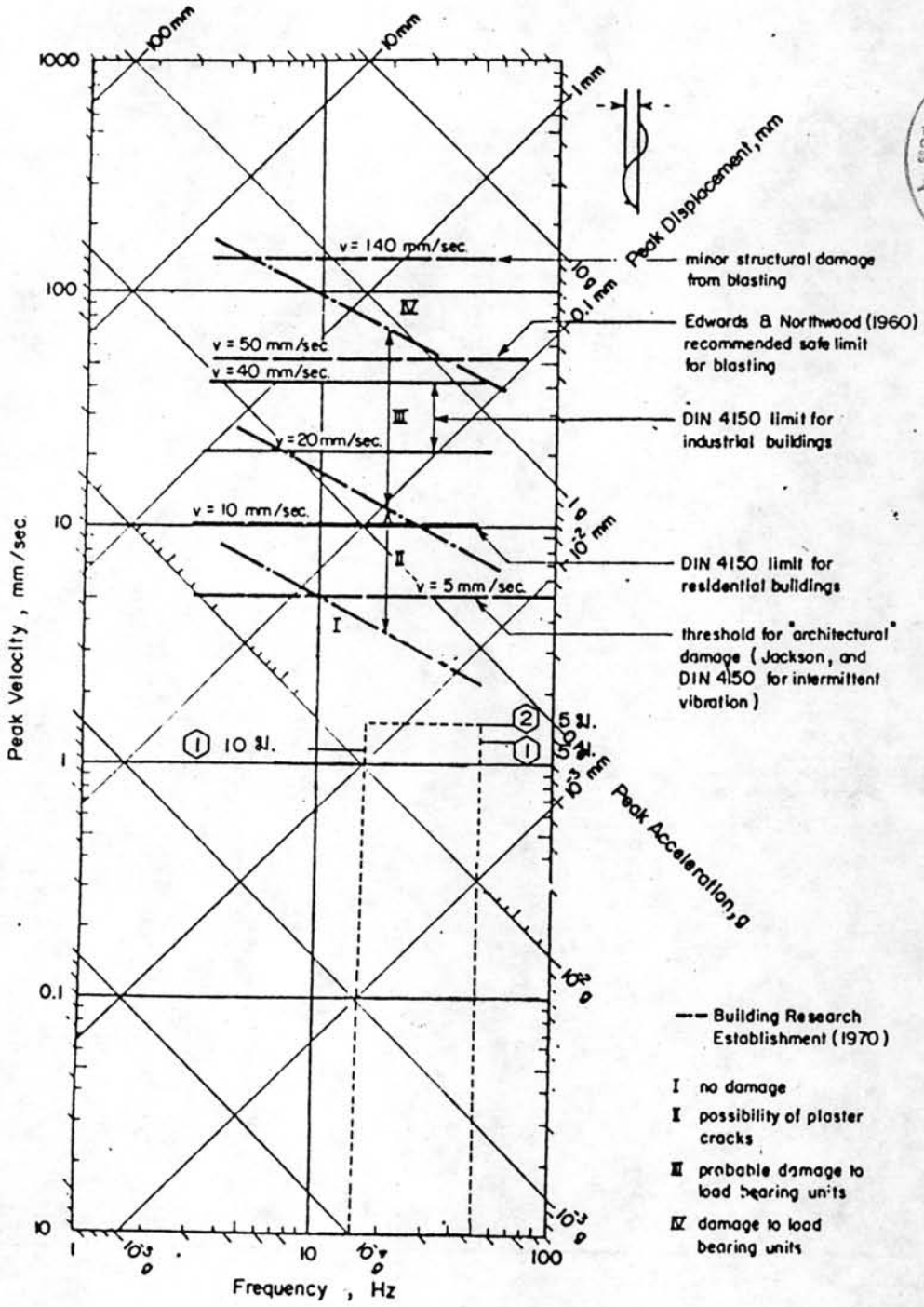
รูป 5.21 (ต่อ)



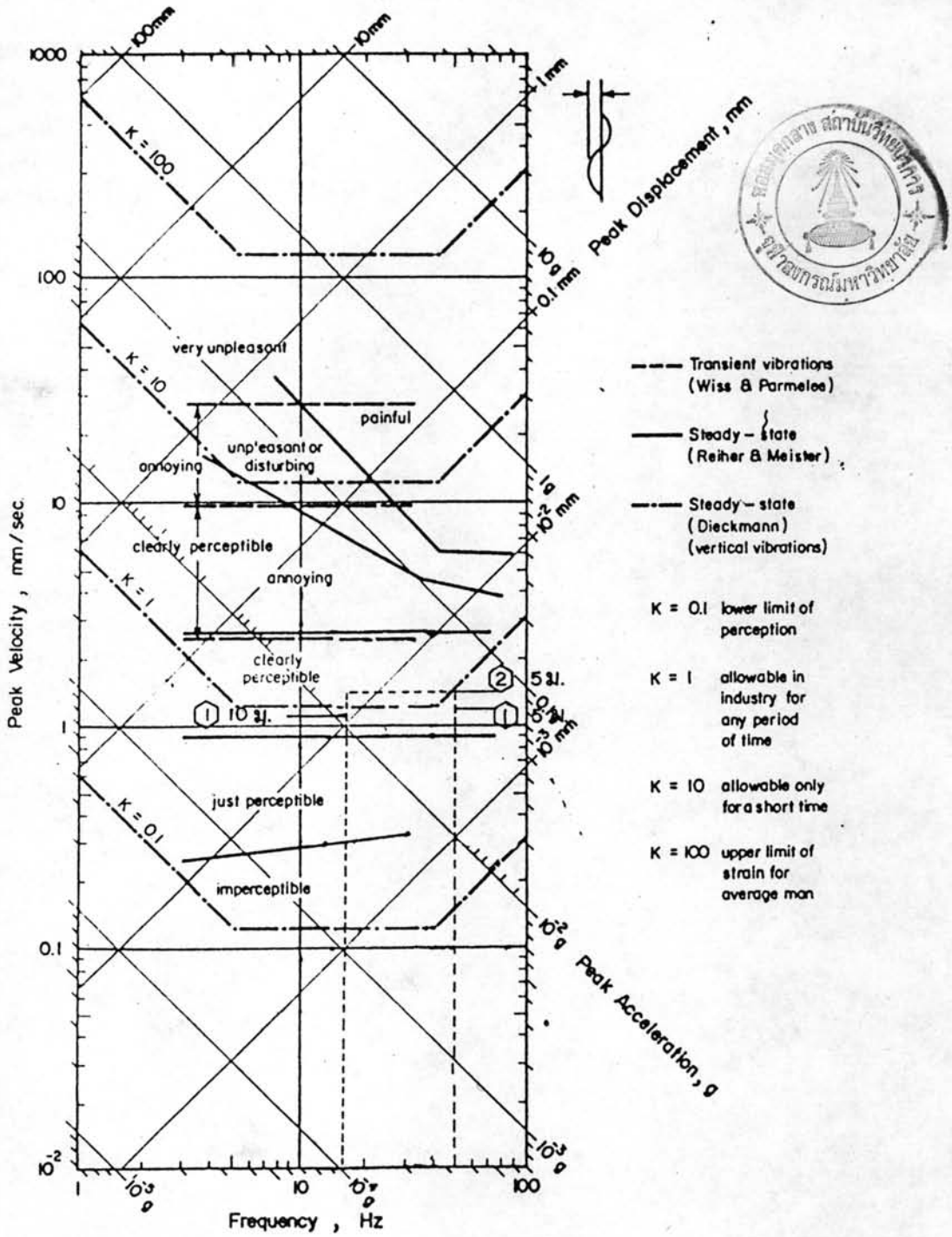
รูป 5.22 แสดงการเปรียบเทียบผลกระทบของระดับความสั่นสะเทือนที่มีต่อคนซึ่งวัดได้ที่ทางสายวิภาวดี-รังสิต



รูป 5.23 แสดงการเปรียบเทียบผลกระทบของระดับความสั่นสะเทือนที่มีต่ออาคารและสิ่งปลูกสร้าง ซึ่งวัดได้ที่ทางสายวิภาวดี-รังสิต



รูป 5.24 แสดงการเปรียบเทียบผลกระทบของระดับความสั่นสะเทือนที่มีต่ออาคาร และสิ่งปลูกสร้างซึ่งวัดได้จากการจราจรของรถไฟข้างทางด่วน



รูป 5.25 แสดงการเปรียบเทียบผลกระทบของระดับความสั่นสะเทือนที่มีต่อคน ซึ่งวัดได้จากการจราจรของรถไฟที่วิ่งบนทางด่วน

5.2 การอภิปรายผล

เมื่อรถยนต์วิ่งด้วยความเร็วสม่ำเสมอบนถนนที่เรียบ ตรง และอยู่ในแนวราบ ในทางทฤษฎีแล้วจะถ่ายน้ำหนักบรรทุกสถิต (static load) ลงสู่ถนนอย่างคงที่ (เมื่อไม่คิด out of balance forces ที่เกิดขึ้นเนื่องจากตัวรถยนต์เอง)[40] แต่ในสภาพและสภาวะการณ์จริง ๆ แล้ว ถนนไม่ได้สมบูรณ์เช่นที่กล่าวข้างต้นย่อมมีที่ไม่เรียบและขรุขระ (irregularity) เมื่อรถยนต์วิ่งผ่านจะทำให้เกิดน้ำหนักบรรทุกจลน์ (dynamic load) (ซึ่งเปลี่ยนแปลงไปตามขนาดของน้ำหนักบรรทุกสถิต) ถ่ายลงสู่ถนนและแผ่ไปยังบริเวณรอบ ๆ ในรูปของความสั่นสะเทือน การทำผิวหน้าของถนนเรียบที่สุดเท่าที่จะทำได้เป็นการลดน้ำหนักบรรทุกจลน์ (dynamic load) ซึ่งจะเป็นผลทำให้เกิดความสั่นสะเทือนของพื้นดิน (ground vibrations) น้อยลงอันจะทำให้ลดการรบกวนคนและลดความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นได้ต่ออาคารบ้านเรือนและสิ่งปลูกสร้างตลอดจนเครื่องมือทดลองต่าง ๆ ที่อยู่บริเวณใกล้เคียนถนน [3]

จากข้อมูลความสั่นสะเทือนที่วัดได้บนทางด่วนตอนดินแดง - ท่าเรือ และถนนวิภาวดี - รังสิต พบว่าความถี่อยู่ในช่วง 11.1 - 28.6 Hz. และ 12.5 - 16.7 Hz. ตามลำดับ ซึ่งความถี่ที่วัดได้นี้สอดคล้องกับการทดลองของนักวิจัยหลายท่าน เช่น SUTHERLAND (1950)[2], RICHARD HALL and WOODS (1970)[10], WHIFFIN and LEONARD (1971)[3], NELSON and VIRANUVUT (1973)[6], BRENNER and VIRANUVUT (1976)[1] ส่วนค่า peak particle velocity ที่วัดได้ยังอยู่ในระดับต่ำไม่รบกวนคนหรือทำความเสียหายแก่อาคารและสิ่งปลูกสร้างที่อยู่ทั้งสองฟากของทางด่วนแต่อย่างใด เหตุที่ระดับความสั่นสะเทือนที่วัดได้บนถนนสายนี้อยู่ในระดับต่ำอาจจะเป็นด้วยสาเหตุหลายประการกล่าวคือ ทางด่วนในปัจจุบันเพิ่งจะสร้างเสร็จใหม่ ๆ ผิวจราจรจึงเรียบ ไม่ขรุขระ profile สม่ำเสมอในส่วนของทางด่วนที่อยู่ติดกับพื้นดิน ระดับผิวหน้า (surface) ของทางด่วนถูกยกให้สูงกว่าระดับดินเดิมมาก ทำให้ความสั่น

ล่ะเทือนต้องเสียพลังงานในชั้นของผิวหน้า ชั้นพื้นทาง และชั้นรองพื้นทางเสียก่อนจึงถ่ายมายังชั้นดินเดิมและแผ่มายังบริเวณที่อยู่ข้าง ๆ จึงทำให้ความสั่นล่ะเทือนที่วัดได้อยู่ในระดับต่ำ และในส่วนของทางด่วนที่ยกระดับ ความสั่นล่ะเทือนก็สูญเสียพลังงานส่วนหนึ่งในเสาคอนกรีต พลังงานที่เหลือก็ถ่ายลงสู่ฐานรากเพื่อถ่ายสู่ดินต่อไป ส่วนความสั่นล่ะเทือนจากการจราจรของรถไฟที่วิ่งข้างทางด่วนพบว่า ระดับความสั่นล่ะเทือนที่วัดได้สูงกว่าระดับความสั่นล่ะเทือนจากการจราจรของรถยนต์บนทางด่วน ทั้งนี้เพราะว่าระบบการส่งถ่ายและระบบรองรับความสั่นล่ะเทือนของรถไฟต่างกับรถยนต์ กล่าวคือ รถไฟซึ่งมีล้อและรางเป็นเหล็กสามารถส่งถ่ายพลังงานสู่ไม้หมอนและดินข้างล่างได้มาก ขณะที่รถยนต์มีล้อยาง ซึ่งสามารถดูดซึมความสั่นล่ะเทือนได้เป็นอย่างดี พลังงานที่ส่งถ่ายให้แก่ถนนและดินข้างล่างจึงน้อยและอีกประการหนึ่งก็คือ รถยนต์วิ่งบนถนนที่เรียบและสม่ำเสมอ ขณะที่รถไฟวิ่งบนรางที่มีรอยต่อระหว่างราง ทำให้เกิดการกระแทกกันระหว่างล้อรถไฟและรอยต่อ จึงเกิดความสั่นล่ะเทือนขึ้นในระดับสูง อย่างไรก็ตามแม้ว่าระดับความสั่นล่ะเทือนนี้จะสูงกว่าที่วัดได้จากการจราจรของรถยนต์ก็ตาม แต่ก็ยังอยู่ในช่วงที่คนยอมรับได้ และไม่เป็นอันตรายต่ออาคารสิ่งปลูกสร้าง

สำหรับปัญหาที่หวั่นเกรงกันว่าถ้าเกิดมีกรณีที่รถบรรทุกหนักหลาย ๆ คันวิ่งพร้อม ๆ กันเต็มถนน อาจจะเกิดการเสริมกันของระดับความสั่นล่ะเทือนที่เกิดจากรถแต่ละคันทำให้ระดับความสั่นล่ะเทือนสูงจนถึงระดับเป็นอันตรายต่อคนและสิ่งปลูกสร้างได้นั้น ปัญหาในกรณีนี้จะเกิดขึ้นได้ต้องประกอบด้วยองค์ประกอบหลาย ๆ อย่างเกิดขึ้นพร้อม ๆ กัน เป็นต้นว่าความถี่ของความสั่นล่ะเทือนแต่ละอันต้องเท่ากันและต้องมีเฟส (phase) เดียวกัน จึงจะทำให้เกิดอัมปลิจูดสูงสุด แต่ในสภาพจริง ๆ แล้ว ความถี่ของความสั่นล่ะเทือนจะเปลี่ยนแปลงไปตามความยาวคลื่น (wavelength) ซึ่งความยาวคลื่นนี้จะเปลี่ยนแปลงตามความเร็วของคลื่น (wave velocity) ที่วิ่งไปด้วยความเร็วแตกต่างกันในชั้นต่าง ๆ ของถนน ซึ่งเป็น non elastic material[41] นอกจากนี้ขนาดและลักษณะการขับขี่ (driving characteristics) ตำแหน่งของรถยนต์บนถนนถึงจุดทดลอง ตลอดจนความเร็ว และน้ำหนักบรรทุกของรถยนต์แต่ละคันบนถนนย่อมแตกต่างกันไปทำให้โอกาสที่จะเกิดความถี่ในเฟส (phase) เดียวกันพร้อม ๆ กันจึงมีน้อยมาก ดังนั้นการที่ความสั่นล่ะเทือนที่เกิดจาก

รถแต่ละคันบนถนนจะเกิดมาพ้องกันพอดีทุกคันจึงเกิดขึ้นได้ยาก อย่างไรก็ดีสำหรับสภาพของทางด่วนในปัจจุบันถึงแม้สมมติว่าให้ความถี่และอัมปลิจูดของรถทุก ๆ คันที่วิ่งบนถนนทั้ง 6 ช่องจราจรเสริมกันทั้งหมดค่า peak particle velocity จะประมาณ 2.22 mm/s ซึ่งก็ยังอยู่ในระดับที่ไม่รบกวน (annoy) และไม่เป็นอันตรายต่ออาคารที่อยู่ลองฟากถนนแต่อย่างใด อนึ่ง จากการสังเกตระหว่างการทดลองพบว่า เมื่อรถยนต์วิ่งในถนนอีกฟากหนึ่งซึ่งอยู่ตรงข้ามกับจุดทดลอง ระดับความสั่นสะเทือนที่วัดได้อยู่ในระดับต่ำมากจนเกือบจะวัดไม่ได้ ฉะนั้นจะเห็นว่ายิ่งต้นกำเนิดของความสั่นสะเทือนอยู่ไกลจากจุดวัดมากเพียงใด ระดับความสั่นสะเทือนก็ยิ่งจะลดลงมากขึ้นเท่านั้น

สำหรับระดับความสั่นสะเทือนที่วัดได้บนถนนวิภาวดี - รังสิตในระยะตั้งแต่ 5-10 เมตร ก็ยังอยู่ในระดับที่คนยังรับความสั่นสะเทือนไม่ได้ (imperceptible) และเพิ่งจะเริ่มรู้สึกว่าสั่นสะเทือน (just perceptible) เมื่อคิดถึงผลกระทบต่ออาคารและสิ่งปลูกสร้างก็ยังไม่เป็นอันตรายหรือเป็นสาเหตุของความเสียหาย เป็นที่สังเกตว่าในบริเวณที่ผิวถนนขรุขระ (ที่บริษัทโยคยัยอินเตอร์เนชั่นแนล ระยะ 10 เมตร) จะให้ความสั่นสะเทือนในระดับที่สูงกว่าบริเวณถนนที่มีผิวปรกติมาก ทั้งนี้ก็เนื่องมาจากความไม่สม่ำเสมอ (irregularity) ของผิวถนนนั่นเอง

เมื่อเปรียบเทียบระดับความสั่นสะเทือนที่วัดได้ระหว่างทางด่วนกับถนนวิภาวดี-รังสิต ในระยะ 5 เมตร ห่างจากขอบถนนพบว่า ระดับความสั่นสะเทือนบนถนนวิภาวดี-รังสิตสูงกว่าระดับความสั่นสะเทือนซึ่งวัดได้บนทางด่วนที่ระยะ 5 เมตร และระยะอื่น ๆ ที่ใกล้กับขอบทางด่วนเข้ามาอีก ส่วนในระยะวัดที่ไกลออกไปอีกเช่นที่ระยะ 10 เมตร และ 15 เมตร ห่างจากขอบถนน บนถนนวิภาวดี - รังสิต ความสั่นสะเทือนอยู่ในระดับที่คนเพิ่งจะรับรู้ได้ (just perceptible) และระดับที่คนยังรับรู้ไม่ได้ (imperceptible) แต่บนทางด่วนไม่ได้สำรวจ ทั้งนี้เนื่องจากว่าระดับความสั่นสะเทือนบนทางด่วนที่ระยะวัด 5 เมตร จากขอบทางด่วนก็ต่ำมากอยู่ในระดับที่คนยังรับรู้ไม่ได้ (imperceptible) อยู่แล้ว ในระยะที่ไกลออกมาระดับความสั่นสะเทือนต้องต่ำกว่านี้อย่างแน่นอน เหตุที่ความสั่นสะเทือนบนถนนวิภาวดี - รังสิตสูงกว่าที่วัดได้บนทางด่วน อาจจะเป็นเพราะ

ว่าถนนวิภาวดี-รังสิต ขณะทำการสำรวจกำลังอยู่ในระหว่างการก่อสร้าง จึงทำให้ผิวหน้าไม่เรียบหรือไม่สม่ำเสมอเท่าทางด่วน อีกทั้งจุดวัดบนถนนวิภาวดี-รังสิต อยู่ในแนวราบเดียวกันกับถนน (ซึ่งในทางด่วนถนนได้ยกยื้นสูงทำให้จุดวัดอยู่ต่ำกว่าถนนมาก) ความสั่นสะเทือนจึงไม่ต้องเสียพลังงานมากในยื้นถนนเช่นที่ทางด่วน ดังนั้นความสั่นสะเทือนที่วัดได้บนถนนวิภาวดี-รังสิตจึงสูงกว่าที่วัดได้บนทางด่วน

สำหรับองค์ประกอบที่มีผลต่อระดับความสั่นสะเทือนของทางด่วนและถนนวิภาวดี-รังสิตที่น่านำมาพิจารณาอีกคือปริมาณการจราจรและความกว้างของถนน (จำนวนช่องจราจรที่รถสามารถวิ่งได้) แม้ว่าถนนวิภาวดี-รังสิต จะมีปริมาณการจราจรและจำนวนช่องจราจรที่ให้รถวิ่งได้มากกว่าทางด่วนก็ตาม แต่องค์ประกอบเหล่านี้เมื่อเปรียบเทียบกับองค์ประกอบอย่างอื่นแล้วมิใช่เป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดความสั่นสะเทือนได้สูง ทั้งนี้เพราะว่าโอกาสที่รถยนต์จะสามารถใช้พื้นที่ของถนนทุก ๆ ช่องจราจรพร้อม ๆ กันนั้นก็ยากอยู่แล้วและโอกาสที่จะให้ความสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นจากรถทุก ๆ คันมาเสริมกันทั้งหมดนั้น ก็ยากดังเช่นที่เคยกล่าวมาแล้ว จากการสำรวจพบว่ารถยนต์ที่วิ่งในช่องจราจรที่ใกล้กับจุดวัดที่สุดเป็นตัวที่มีอิทธิพลต่อระดับความสั่นสะเทือนมากที่สุด ยิ่งรถยนต์วิ่งไกลออกไปก็ยิ่งจะมีอิทธิพลน้อยลงตามลำดับ อย่างไรก็ดีบนถนนวิภาวดี-รังสิต ตอนที่มี 10 ช่องจราจรและมีปริมาณการจราจรสูงย่อมมีโอกาสที่ความสั่นสะเทือนจะเกิดเสริมกัน (บ้างในบางส่วน) ได้มากกว่าบนทางด่วน

จากการวิจัยครั้งนี้พบว่า เมื่อผิวถนนเรียบความเร็วของรถยนต์เป็นองค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อระดับความสั่นสะเทือนมากกว่าน้ำหนักบรรทุก เพราะจากการสังเกตและข้อมูลที่ได้พบว่ารถยนต์บรรทุกหนักแต่วิ่งช้า (30-40 กม./ชม.) จะให้ค่า peak particle velocity ไม่แตกต่างกับรถเปล่ามากนัก แต่ถ้ารถเปล่าวิ่งด้วยความเร็วที่สูง (60-70 กม./ชม.) จะให้ค่า peak particle velocity มากกว่ารถบรรทุกหนักที่วิ่งช้าอย่างเห็นได้ชัด Brenner and Viranuvut [1] ก็อนุมานว่าความเร็วของรถยนต์น่าจะมีอิทธิพลมากกว่าน้ำหนักบรรทุกเช่นกัน โดยให้ข้อสังเกตว่ารถบัสที่วิ่งด้วยความเร็วสูง ๆ (> 80 กม./ชม.) และรถบรรทุก (เปล่า) ที่วิ่งด้วยความเร็วสูง (> 70 กม./ชม.) ดูเหมือนว่าจะให้ค่า peak particle velocity เหมือนกัน Sutherland (1950) [2] ทดลองโดยใช้

รถบรรทุกที่มีน้ำหนักบรรทุกต่างกันวิ่งบนถนนปกติในความเร็วเท่ากันพบว่า ทั้งสองกรณีให้ระดับความสั่นสะเทือนไม่แตกต่างกัน (โดยประมาณ) แต่รถบรรทุกที่หนักกว่าให้อัมปลิจูดสูงกว่าเมื่อวิ่งผ่าน ramp และพบว่าเมื่อความเร็วของรถยนต์เพิ่มขึ้น ระดับความสั่นสะเทือนก็เพิ่มขึ้นด้วย Leonard, Grainger and Eyre (1973)[7] วิจัยพบว่า เมื่อลดความเร็วของรถยนต์ลง จะเป็นการลดระดับของความสั่นสะเทือนด้วย ไม่ว่ารถยนต์จะวิ่งบนถนนที่มีลักษณะของ bump และ irregularity แบบใด ๆ ก็ตาม

ปัจจุบันขณะที่ทางด่วนเพิ่งสร้างเสร็จ ถนนจึงอยู่ในสภาพที่สมบูรณ์ไม่ปรากฏมี irregularity อย่างเด่นชัด รถยนต์จึงวิ่งได้เรียบระดับความสั่นสะเทือนจึงมีค่าน้อย แต่ในอนาคตเมื่อถนนถูกใช้งานมากขึ้น ถนนอาจจะเกิดการชำรุดเสียหายด้วยสาเหตุต่าง ๆ เช่น ผิวหน้าของถนนอาจจะขรุขระเนื่องจากการหลุดออกของหินหรืออาจเกิดการทรุดตัวที่ไม่เท่ากันระหว่างรอยต่อของถนนกับสะพาน ทำให้เกิดความไม่ต่อเนื่องของถนน ตลอดจนความเสียหายชนิดอื่น ๆ อีกซึ่งเป็นการเพิ่ม irregularity ของถนน อันจะเป็นสาเหตุทำให้ระดับความสั่นสะเทือนเพิ่มขึ้น ดังนั้นเมื่อถนนเกิดความเสียหายขึ้นต้องพยายามบำรุงรักษาถนนให้อยู่ในสภาพที่ใกล้เคียงกับสภาพเดิมมากที่สุด อันจะเป็นการลดระดับความสั่นสะเทือนที่อาจจะทำให้เกิดการรบกวน (annoy) คนหรือเป็นอันตรายต่ออาคารและสิ่งปลูกสร้างได้ Whiffin and Leonard (1971)[3] พบว่าค่า peak particle velocity ซึ่งวัดติดกับข้าง ๆ ถนนจะถึง 5 mm/sec. ซึ่งเป็นระดับที่ทำให้เกิดความรำคาญ (annoying) และเป็นจุดเริ่มต้นที่เสี่ยงต่อการเกิด architectural damage เมื่อผิวหน้าถนนมีขนาดของ irregularity สูงประมาณ 20 มม.

5.3 การสรุปผล

จากการสำรวจระดับความสั่นสะเทือนของพื้นดินเนื่องจากการจราจร สรุปผลได้ดังนี้

1. บนทางด่วนตอนดินแดง-ท่าเรือ พบว่าระดับความสั่นสะเทือนซึ่งวัดตั้งแต่

ขอบถนนจนกระทั่งถึง 5 เมตร ห่างจากขอบถนนมีความถี่ของความสั่นสะเทือนอยู่ในช่วง 11.1-28.6 Hz. และค่า peak particle velocity อยู่ในช่วง 0.01-0.37 mm/s เมื่อเปรียบเทียบกับความสั่นสะเทือนมาตรฐานแล้ว ระดับความสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นอยู่ในช่วงที่คนยังรับความสั่นสะเทือนไม่ได้ (imperceptible) เป็นส่วนมาก มีเพียงบางครั้งเท่านั้นที่ระดับความสั่นสะเทือนอยู่ในระดับที่คนเพิ่งจะรับรู้ได้ (just perceptible) ส่วนผลกระทบของความสั่นสะเทือนต่ออาคารและสิ่งปลูกสร้างระดับความสั่นสะเทือนยังอยู่ในระดับต่ำมาก ไม่เพียงพอที่จะทำความเสียหายหรือเป็นสาเหตุของความเสียหายต่ออาคารและสิ่งปลูกสร้างข้างทางด่วนได้

2. การวัดความสั่นสะเทือนเนื่องจากการจราจรของรถไฟข้างทางด่วนพบว่าความถี่อยู่ในช่วง 14.3-50,0 Hz. และค่า peak particle velocity อยู่ในช่วง 0.303-1.457 mm/s ที่ระยะวัด 5 เมตร ถึง 10 เมตร ซึ่งความสั่นสะเทือนระดับนี้อยู่ในช่วงที่คนเพิ่งรับรู้ได้ (just perceptible) จนถึงรับรู้ได้อย่างชัดเจน (clearly perceptible) แต่ระดับความสั่นสะเทือนยังไม่สูงพอที่จะทำความเสียหายต่ออาคารและสิ่งปลูกสร้างได้

3. บนทางสายวิภาวดี - รังสิต พบว่าระดับความสั่นสะเทือนซึ่งวัดตั้งแต่ระยะ 5-15 เมตร ห่างจากขอบถนนมีความถี่ของความสั่นสะเทือนอยู่ในช่วง 12.5-16.7 Hz. และค่า peak particle velocity อยู่ในช่วง 0.022-0.420 mm/s เมื่อเปรียบเทียบกับระดับความสั่นสะเทือนมาตรฐานแล้วระดับความสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นอยู่ในช่วงที่คนยังรับความสั่นสะเทือนไม่ได้ (imperceptible) และระดับที่คนเพิ่งจะรับรู้ได้ (just perceptible) ยกเว้นบริเวณที่ผิวจราจรไม่สม่ำเสมอ (irregularity) ระดับความสั่นสะเทือนบางค่าถึงจุดที่คนรับรู้ได้อย่างชัดเจน (clearly perceptible) อย่างไรก็ตามระดับความสั่นสะเทือนที่วัดได้ทั้งหมดยังอยู่ในระดับที่ไม่เป็นอันตราย หรือก่อให้เกิดความเสียหายต่ออาคารและสิ่งปลูกสร้างได้

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4. ระดับความสั่นสะเทือนบนถนนวิภาวดี-รังสิต ที่วัดได้ในระยะ 5 เมตร ห่างจากขอบถนนเปรียบเทียบกับที่วัดได้จากทางด่วนที่ระดับพื้นดินในระยะวัดเท่ากันพบว่า ระดับความสั่นสะเทือนที่วัดได้จากถนนวิภาวดี-รังสิต สูงกว่าที่วัดได้จากทางด่วน ทั้งนี้อาจจะเป็นเพราะว่าผิวหน้าของถนนวิภาวดี-รังสิต ไม่เรียบหรือไม่สม่ำเสมอเท่าทางด่วนและจุดวัดอยู่ในแนวราบเดียวกันกับผิวถนน ทำให้ความสั่นสะเทือนไม่ต้องเสียพลังงานมากก่อนที่จะแผ่มาถึงจุดวัด ขณะที่ทางด่วนมีผิวถนนเรียบและอยู่สูงกว่าจุดวัดมาก ทำให้ความสั่นสะเทือนเสียพลังงานในชั้นถนนคือชั้นผิวหน้า ชั้นพื้นทาง และชั้นรองพื้นทางเสียก่อน จึงถ่ายมายังชั้นดินเดิมแล้วจึงแผ่มายังจุดวัด ดังนั้นระดับความสั่นสะเทือนที่วัดได้จึงต่ำ

5. มีองค์ประกอบหลายอย่างที่มีผลต่อระดับความสั่นสะเทือน แต่ที่มีอิทธิพลสูง ได้แก่ความไม่สม่ำเสมอ (irregularity) หรือความไม่เรียบของผิวถนนรวมทั้งรู ร่องและรอยต่อต่าง ๆ บนถนนด้วยซึ่งองค์ประกอบเหล่านี้เป็นสาเหตุทำให้ระดับความสั่นสะเทือนเพิ่มมากขึ้นกว่าเมื่อรถยนต์วิ่งบนถนนปกติหลายเท่า

เกี่ยวกับอิทธิพลของความเร็วและน้ำหนักบรรทุกต่อระดับความสั่นสะเทือนนั้น ในการวิจัยครั้งนี้พอจะสรุปได้ว่า เมื่อผิวถนนเรียบ ความเร็วมีอิทธิพลเหนือกว่าน้ำหนักบรรทุก การลดความเร็วของรถเป็นการลดความสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นด้วย ส่วนชนิดของรถที่ทำให้เกิดระดับความสั่นสะเทือนสูงสุดคือรถลิบล้อและรถปูน รองลงมาได้แก่รถหกล้อ ส่วนรถบรรทุกเล็กหรือรถเก๋งให้ระดับความสั่นสะเทือนต่ำสุด