หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4

วิธีดำเนินงานการทดลอง

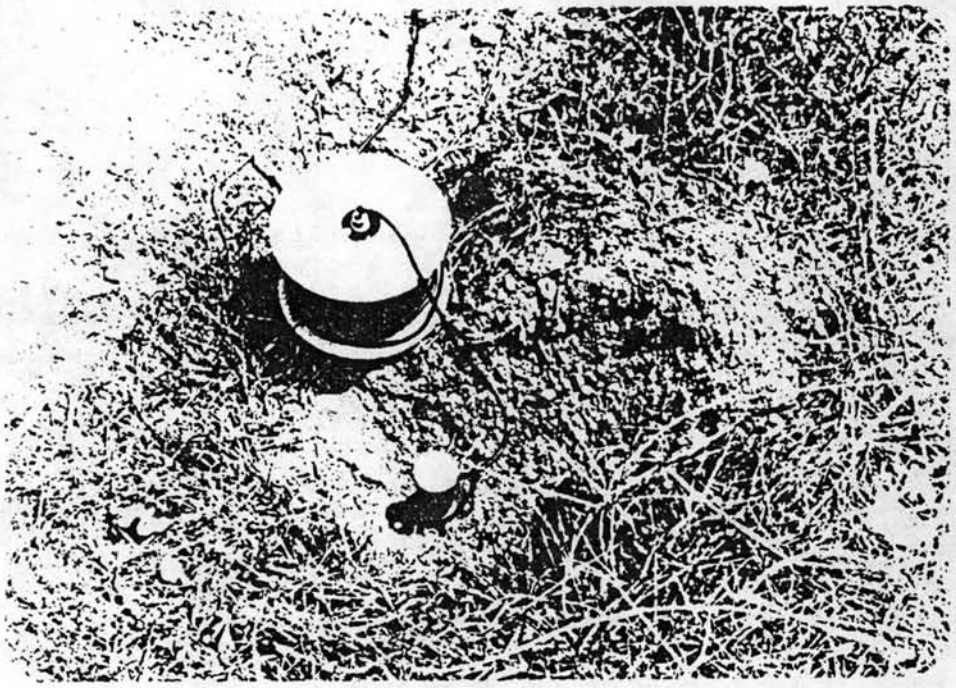
การวิจัยเรื่องนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อสำรวจระดับความสั่นสะเทือนของพื้นดินเนื่องจากการจราจร ว่ามีผลกระทบต่อคนและสิ่งปลูกสร้างอย่างไร โดยการหาความสัมพันธ์ระหว่างความถี่ และ peak particle velocity มาเปรียบเทียบกับข้อกำหนดมาตรฐานของความสั่นสะเทือน

ในการรวบรวมข้อมูลนี้ ได้ใช้เครื่องมือ วิธีการ ขั้นตอน และหลักเกณฑ์ ในการเลือกเก็บตัวอย่าง ดังนี้

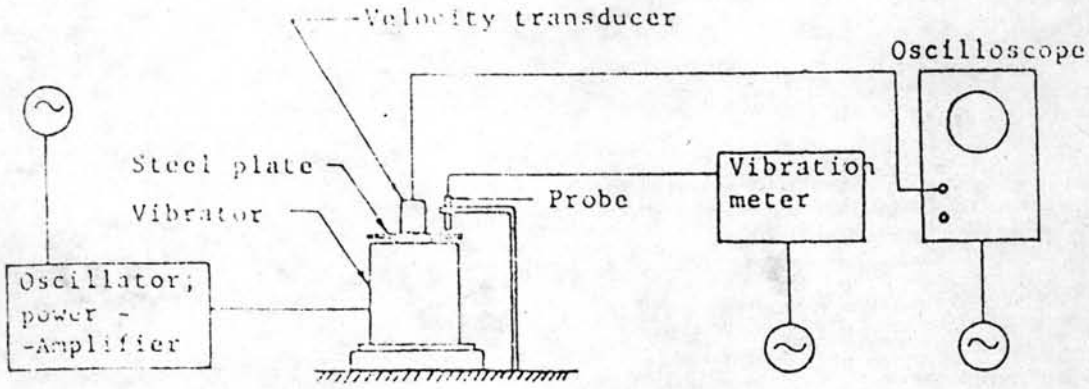
4.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

1. Velocity transducer (ดูรูป 4.1) ยี่ห้อ MENDEL รุ่น EVS - 3A ใช้สำหรับวัดขนาดของการเปลี่ยนตำแหน่งในแนวดิ่ง (vertical displacement) ของการเคลื่อนที่ของผิวหน้าดิน (soil surface motion) สัญญาณความสั่นสะเทือนจะเข้าสู่ velocity transducer แล้วผ่าน R.C. Filter เพื่อลดการรบกวนเนื่องจากความถี่ของสัญญาณภายนอกอื่น ๆ ก่อนจึงไปปรากฏบนจอของ oscilloscope

รูป 4.2 แสดงการติดตั้งเครื่องมือสำหรับ calibration velocity transducer โดยทำ velocity transducer ให้ติดแน่นอยู่บนแผ่นเหล็กของ vibration exciter ซึ่งใช้สำหรับเป็นต้นกำเนิด (source) ของความสั่นสะเทือน vibration meter ใช้เป็นเครื่องมือวัดอัมปลิจูดของ vibration exciter โดย probe ซึ่งวางอยู่บนผิวหน้าของแผ่นเหล็กพอดี จะต่อมายัง vibration meter เมื่อเปลี่ยนค่าอัมปลิจูด และความถี่ของ vibration exciter จะสามารถอ่านอัมปลิจูดของ vibration exciter (ในรูปของ peak to peak) ได้ที่ vibration meter และอ่าน



รูป 4.1 แสดงรูปถ่ายของ Velocity transducer



Setup for Calibrating Transducer

รูป 4.2 แสดงการติดตั้งเครื่องมือสำหรับ Calibration velocity transducer (ยุยาติ บุนนาค)[39]

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ

output ของ velocity transducer ที่ปรากฏบนจอของ oscilloscope ได้ ดังนั้น sensitivity (volts/cm/sec.) ของ velocity transducer ณ ตำแหน่งความถี่ต่าง ๆ กัน ก็สามารถหาค่าได้ calibration curve และการคำนวณหา sensitivity ของ velocity transducer แสดงในรูป 4.3

2. Oscilloscope ยี่ห้อ TEKTRONIX รุ่น 7613 พร้อมทั้ง DIFFERENTIAL AMPLIFIER รุ่น 7422 (ดูรูป 4.4) เป็นเครื่องมือรับสัญญาณการสั่นสะเทือนของพื้นดินจาก velocity transducer ให้ปรากฏเป็นภาพบนจอ โดยอยู่ในรูปของความสัมพันธ์ระหว่างคาบเวลาและ voltages

อนึ่ง เพื่อความสะดวกในการอ่านค่าแอมปลิจูด และหาค่าความถี่ของการสั่นสะเทือน Oscilloscope ที่ใช้ควรเป็นชนิดที่สามารถรับสัญญาณต่ำ ๆ ได้ (กล่าวคือสามารถที่จะรับสัญญาณ input voltage ละเอียดถึง 1 มิลลิโวลท์) เพราะสัญญาณที่เกิดจากการจราจรของรถยนต์ขนาดเล็กหรืออยู่ระยะไกลจะให้สัญญาณที่ต่ำมาก ถ้าใช้ oscilloscope ชนิดที่อ่านค่าไม่ละเอียดแล้ว จะไม่สามารถรับสัญญาณได้เลย และเพื่อให้กล้องถ่ายรูปธรรมดาสามารถบันทึกสัญญาณที่ปรากฏบนจอได้ oscilloscope ที่ใช้ต้องสามารถ storage สัญญาณได้ด้วย

3. R.C. Filter (Low pass) ใช้สำหรับตัดความถี่สูงของสัญญาณจากแหล่งกำเนิดอื่น ๆ ทั่งไป ให้เลือเฉพาะสัญญาณที่เกิดจากความสั่นสะเทือนเนื่องจากการจราจรเท่านั้น (Traffics induced vibrations อยู่ในช่วง 1-45 Hz.)[3]

4. กล้องถ่ายรูป ยี่ห้อ PENTAX รุ่น MX ใช้สำหรับบันทึกภาพจากจอ oscilloscope เพื่อความสะดวกในการถ่ายภาพ การใช้ close up len หรือ zoom ประกอบกับกล้องถ่ายรูปสามารถถ่ายรูปสัญญาณได้ในระยะใกล้ จะได้ภาพเต็มจอซึ่งทำให้อ่านค่า amplitude และ period ได้ง่าย

5. แท่งทองแดงยาวประมาณ 1 เมตรปักลงไปในดิน เพื่อใช้เป็น ground ของ oscilloscope จะช่วยลดการรบกวนของสัญญาณความถี่อื่น ๆ จากภายนอกที่จะเข้า oscilloscope

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองทั้งชุด แสดงรวมกันในรูป 4.5

4.2 การติดตั้งเครื่องมือเพื่อวัดความสั่นสะเทือน

รูป 4.6 แสดงการติดตั้งเครื่องมือซึ่งคล้ายกับการใช้ของ NELSON และ VIRANUVUT[6] และ BRENNER และ VIRANUVUT[1]

ก่อนเริ่มทำการวัด เพื่อให้สัญญาณความสั่นสะเทือนถ่ายเข้าสู่ velocity transducer อย่างเต็มที่ ต้องติดตั้ง velocity transducer บนฐานที่สามารถติดแน่นกับดิน โดยอาจจะใช้ฐานปลายแหลมยาวประมาณ 4 ซม. ที่ทำมาสำหรับติดตั้งกับ velocity transducer โดยเฉพาะปักลงไปบนดินอ่อน ๆ ได้ หรือสำหรับดินแข็งอาจใช้การหล่อแท่งคอนกรีตไว้ในจุดที่ทำการทดลอง แล้วจึงทำ velocity transducer ให้ติดแน่นบนแท่งคอนกรีต แล้วต่อ oscilloscope ลง ground ด้วยแท่งทองแดงยาวประมาณ 1 เมตร

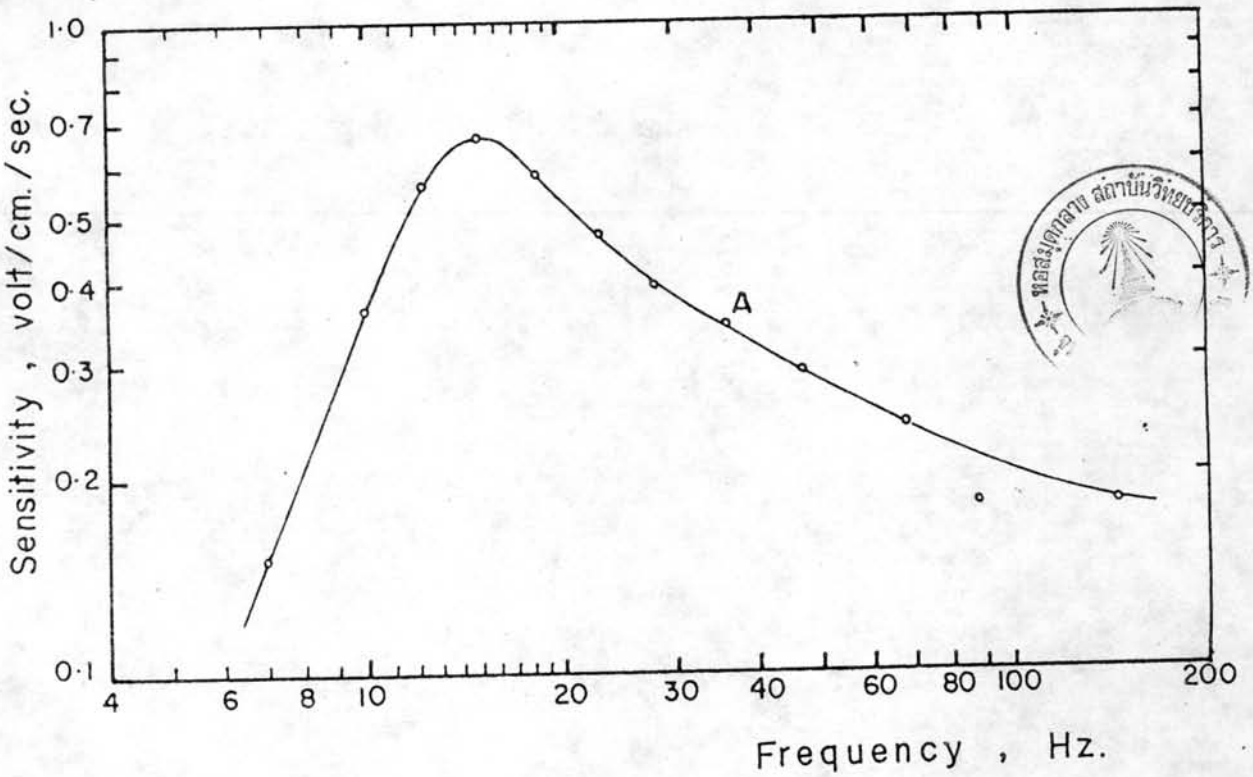
4.3 ขั้นตอนในการทดลอง

การเก็บข้อมูลเพื่อหาระดับความสั่นสะเทือน กระทำเป็นขั้นตอนได้ดังนี้ คือ

1. จัดเครื่องมือต่าง ๆ ให้อยู่ในสภาพที่พร้อมทดลองได้ดังรูป 4.6

2. ปรับ voltage/division ของ oscilloscope ให้เหมาะสมกับสัญญาณ เนื่องจากการจราจรของรถชนิดต่าง ๆ เช่น ถ้าเป็นรถบรรทุก 10 ล้อ หรือรถโดยสารขนาดใหญ่ ต้องปรับที่ 5 mV. หรือ 10 mV. แต่ถ้าเป็นรถขนาดเล็ก ก็ปรับที่ 1 mV. หรือ 2 mV. เพราะถ้าปรับตำแหน่ง Voltage/division ไม่เหมาะสมแล้ว

รูป 4.3 Calibration curve ของ velocity transducer



หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ

ตัวอย่างการคำนวณหาค่า sensitivity

ที่จุด A

(1) ความถี่ f = 34.5 Hz. (จาก vibration exciter)

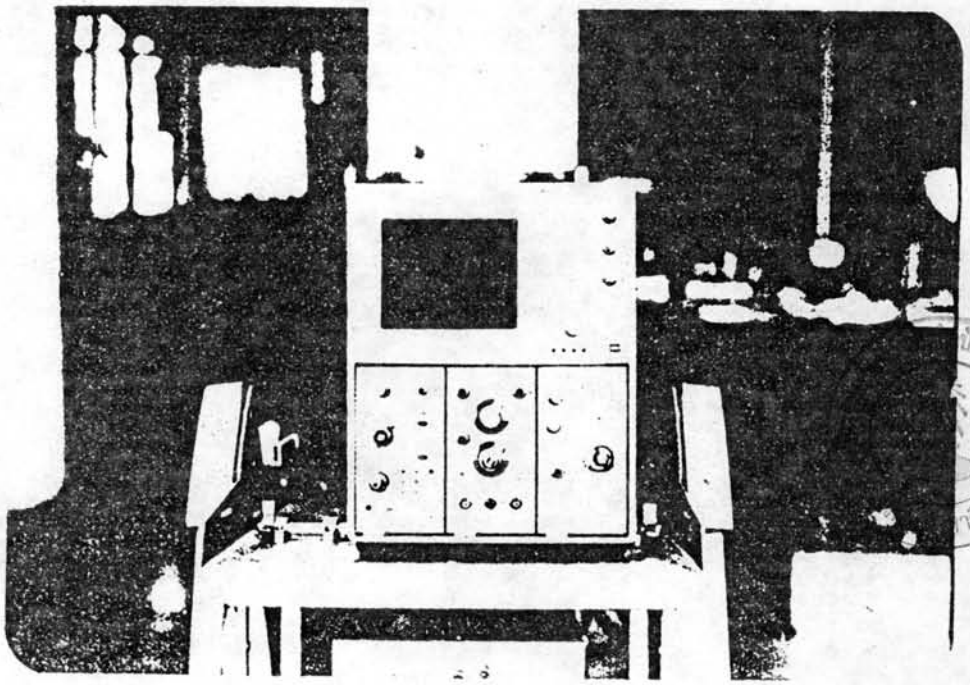
(2) ความถี่เชิงมุม $\omega = 2\pi f = 217$ เรเดียน/วินาที

(3) Pk-Pk amplitude A = 0.0428 cm. (จาก vibration meter)

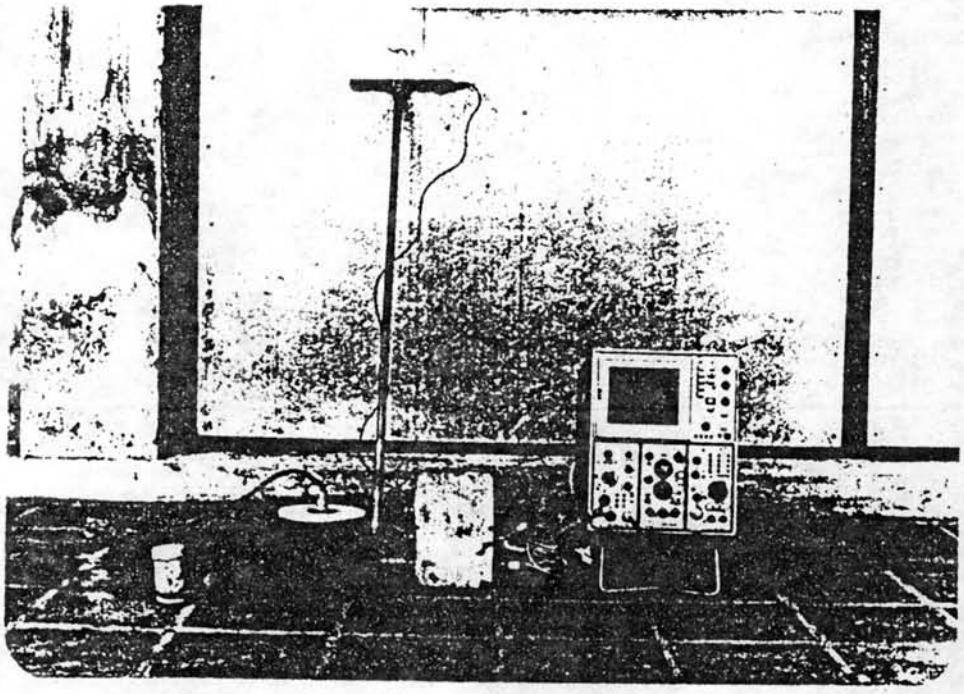
(4) output ของ velocity transducer = 3.25 volts. (จาก Oscilloscope)

(5) peak particle velocity = $A\omega$ = 9.30 cm/sec

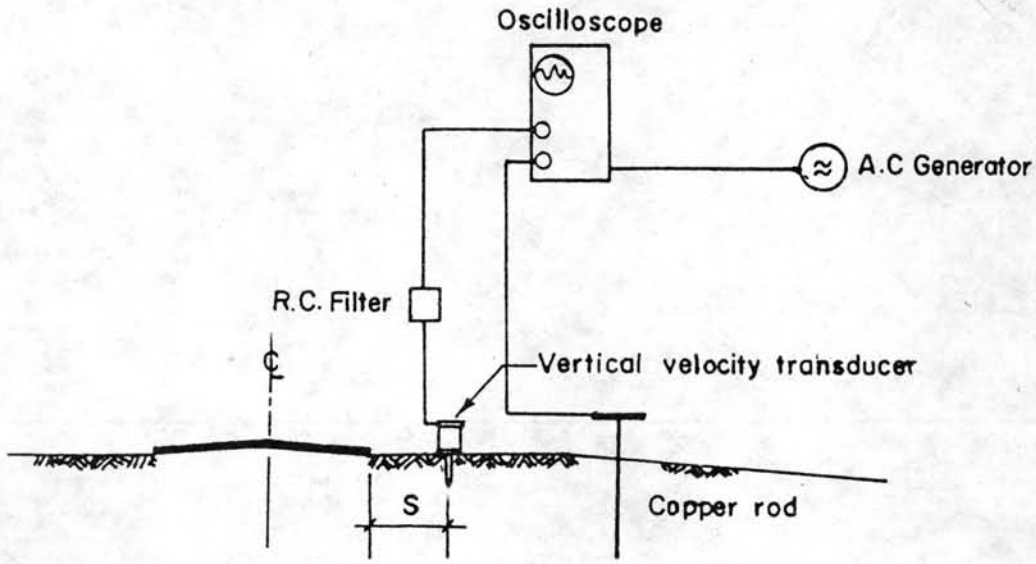
(6) semsitivity = (4)/(5) = 0.35 volt/cm/sec.



รูป 4.4 รูปถ่าย Oscilloscope



รูป 4.5 แสดงรูปถ่ายอุปกรณ์การทดลองทั้งชุด



รูป 4.6 รูปวาดการติดตั้งเครื่องมือวัดความสั่นสะเทือนของพื้นดินในสนาม

เมื่อสัญญาณความสั่นสะเทือนมีมากก็จะสั่นจอของ oscilloscope แต่ถ้าน้อยก็จะอ่านค่าต่าง ๆ ไม่ได้เลย

3. ขณะที่รถยนต์วิ่งผ่านจุดที่ทดลอง ทำการบันทึกความเร็วและสภาพการบรรทุกของรถยนต์เหล่านั้น

4. บันทึกสัญญาณความสั่นสะเทือนของรถยนต์ในข้อ 3 ที่ปรากฏบนจอของ oscilloscope ด้วยกล้องถ่ายรูป

5. ลบสัญญาณเก่าทิ้งไป และเริ่มทำซ้ำอย่างเดิมอีกโดยเริ่มตั้งแต่ข้อ 2

4.4 หลักเกณฑ์ในการเก็บข้อมูล

ในการเก็บตัวอย่างได้คำนึงถึงประเภท สภาพการบรรทุก ความเร็วของรถยนต์ ระยะทางของจุดที่ปัก velocity transducer จากขอบถนน และจำนวนตัวอย่างที่เก็บ โดยได้พิจารณาและดำเนินการดังนี้

ประเภทและสภาพการบรรทุกของรถยนต์

รถยนต์ที่สัญจรไปมาบนถนนมีหลายประเภท ในการเลือกเก็บข้อมูลครั้งนี้ จะพิจารณาถึงประเภทของรถยนต์ที่มีปริมาณการจราจรมากบนถนน ซึ่งพอจะแบ่งออกไปเป็น 4 ประเภทใหญ่ ๆ ดังนี้

1. รถบรรทุกสิบล้อ (3 เพลา 10 ล้อ)
2. รถบรรทุกหกล้อ (2 เพลา 6 ล้อ)
3. รถโดยสารขนาดใหญ่ (รถบัส) (2 เพลา 6 ล้อ)
4. รถบรรทุกเล็ก (pick up) และรถนั่ง (รถเก๋ง) (2 เพลา 4 ล้อ)

ในสภาพปัจจุบัน เนื่องจากไม่สามารถควบคุมเรื่องการบรรทุกน้ำหนักของรถบรรทุกได้อย่างแท้จริง การพิจารณาน้ำหนักของรถยนต์และสิ่งของที่บรรทุก จะใช้ตามประกาศของผู้อำนวยการทางหลวง กรมทางหลวง โดยกำหนดประเภทของยานพาหนะ

และน้ำหนักบรรทุก สรุปได้ตามตาราง 4.1

ความเร็วของรถยนต์

การวัดความเร็วของรถยนต์โดยประมาณ หาได้ดังนี้คือ ปักหลัก 2 อัน ให้มองเห็นได้ชัดห่างกัน 60 เมตร แล้วจับเวลาโดยใช้นาฬิกาจับเวลา 2 อัน หาค่าเวลาเฉลี่ยตั้งแต่รถยนต์เริ่มเข้าสู่หลักอันแรก และออกจากหลักอันที่สอง นำมาคำนวณหาความเร็วของรถยนต์ดังนี้

$$\text{ความเร็วของรถยนต์} = \frac{\text{ระยะทางระหว่างหลัก 2 อัน (60 เมตร)}}{\text{เวลาที่รถยนต์วิ่งระหว่างหลักทั้งสอง}}$$

ระยะทางที่ปัก velocity transducer จากขอบถนน

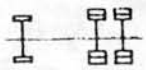
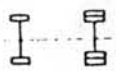
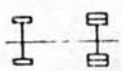
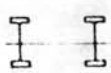
จะปัก velocity transducer ที่ระยะประมาณ 2 เมตร 5 เมตร และ 10 เมตร ห่างจากขอบถนน เพราะว่า คนและสิ่งปลูกสร้างที่จะได้รับผลกระทบเนื่องจากความสั่นสะเทือนจะอยู่ในระยะนี้ และสามารถจะทำการปักที่ระยะอื่น ๆ ได้อีกหากเห็นว่ามีความจำเป็น

จำนวนข้อมูลที่เก็บ

ตัวอย่างข้อมูลที่เลือกเก็บในการวิจัยครั้งนี้ จะเป็นตัวอย่างจากรถบรรทุกสิบล้อหกล้อ และรถโดยสารขนาดใหญ่เสียเป็นส่วนมาก เพราะประเภทของรถที่กล่าวถึงเหล่านี้จะเป็นตัวที่ทำให้เกิด maximum peak particle velocity ส่วนรถยนต์ขนาดเล็ก เช่น รถบรรทุกเล็กหรือรถเก๋ง จะเก็บข้อมูลมาน้อยกว่า เพราะมีผลกระทบต่อคนและสิ่งปลูกสร้างน้อยมากเมื่อเทียบกับรถบรรทุกหรือรถโดยสารขนาดใหญ่ดังกล่าวมาแล้วข้างต้น

4.5 รายละเอียดของสถานที่ทำการวัดระดับความสั่นสะเทือน

ในการวิจัยครั้งนี้ได้แบ่งสถานที่ทำการทดลองเป็น 2 ช่วงได้แก่ ช่วงทางด่วนพิเศษตอน ดินแดง-ท่าเรือ และช่วงก่อนถึงทางด่วนคือ ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 31

Vehicle Type	Symbol	Designation	Load (Mg)	
			Empty	Full
Truck , 3-axle , 10-wheel		2/4/4-T	6.5 - 8.0	21.0
Bus , 2-axle , 6-wheel		2/4-B	6.5 - 7.5	12.0
Truck , 2-axle , 6-wheel		2/4-T	5.5 - 6.0	12.0
Passenger Car and Pick-up 2-axle , 4-wheel		2/2-C/T	1.0 - 2.0	3.0

ตาราง 4.1 การแบ่งชนิดของรถยนต์

(ถนนวิภาวดี-รังสิต)

4.5.1 ทางด่วนพิเศษตอนดินแดง-ท่าเรือ เป็นทางด่วนตอนแรกที่เปิดใช้ก่อน ลักษณะถนนโดยทั่วไป ในส่วนที่ตัดกับถนนเดิมทำการยกระดับให้สูงจากพื้นดิน และมีบางส่วนที่อยู่ติดกับพื้นดินได้แก่ ช่วงตั้งแต่ถนนสุขุมวิทจนกระทั่งถึงถนนพระรามสี่

จุดที่ทำการวัดความสั่นสะเทือนของทางด่วน แบ่งออกเป็น 10 จุด (ดูรูป 4.7) ดังนี้คือ

จุดที่ 1 บริเวณแฟลตดินแดง

จุดที่ 2 บริเวณสถานีรถไฟมักกะสัน

จุดที่ 3 บริเวณทางแยกถนนเพชรบุรี

จุดที่ 4 บริเวณทางแยกถนนสุขุมวิท

จุดที่ 5 ซอยร่วมฤดี 1

จุดที่ 6 บริเวณแฟลตตำรวจ

จุดที่ 7 บริเวณแฟลตบ่อนไก่

จุดที่ 8 บริเวณทางแยกถนนพระรามสี่

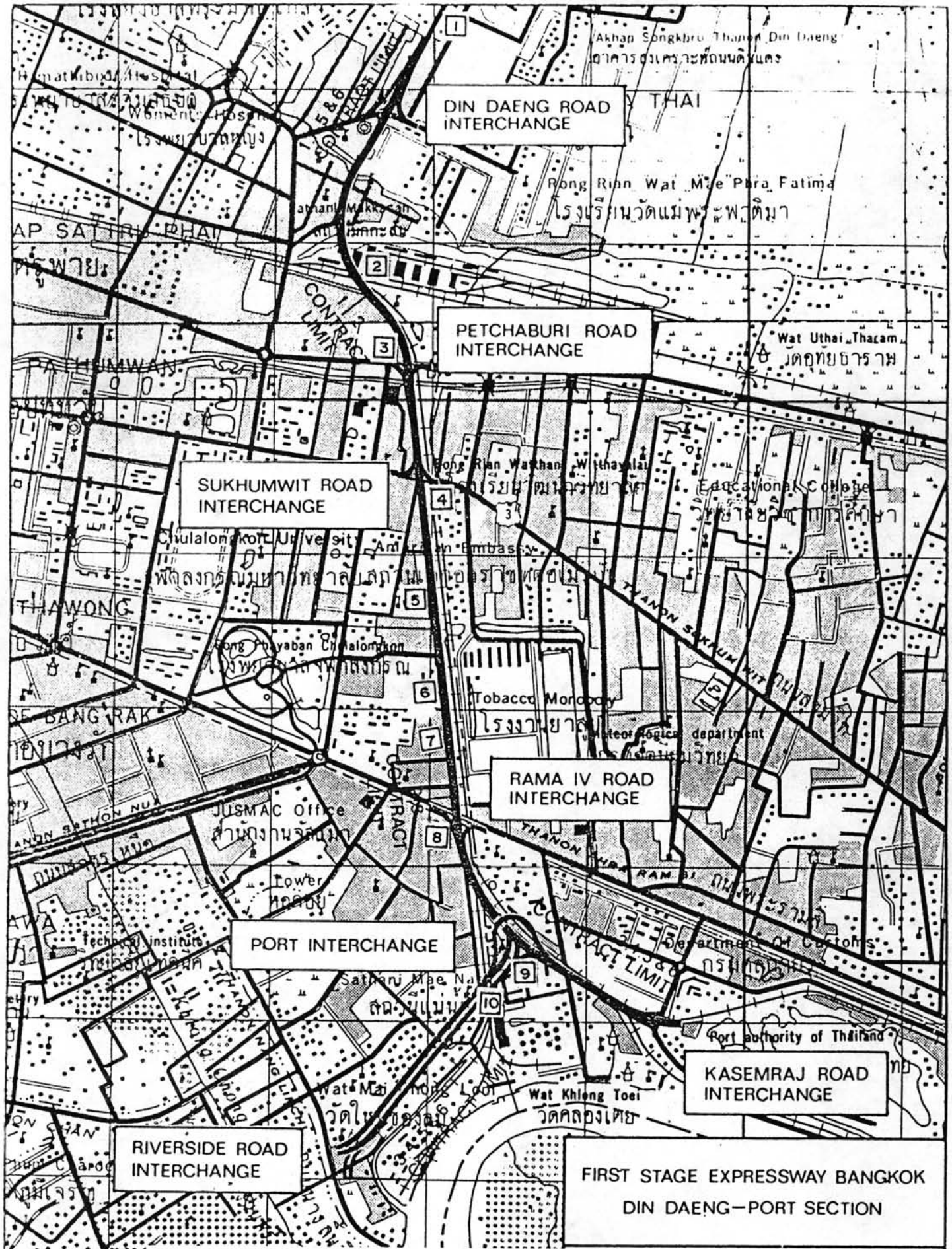
จุดที่ 9 บริเวณคลองเตยที่ตลาดปีนังใหม่

จุดที่ 10 บริเวณสะพานลอยคลองเตย

จุดทดลองที่ 1, 5, 6, 7, 8, 9 เป็นจุดที่ทดลองวัดความสั่นสะเทือนบนผิวดินของถนนส่วนที่ติดกับพื้นดิน ส่วนในจุดอื่น ๆ ที่เหลือเป็นการทดลองบนส่วนของถนนที่ทำการยกระดับ

รายละเอียดเกี่ยวกับสภาพของสถานที่ทำการทดลอง กล่าวได้พอสังเขปดังนี้คือ

จุดที่ 1 บริเวณแฟลตดินแดง ถนนที่ใช้ทดลองวัดความสั่นสะเทือนอยู่ติดพื้นดินขนานกับแฟลตดินแดง (ดูรูป 4.8) เป็นถนนคอนกรีตผิวเรียบห่างจากแฟลตดินแดง



รูป 4.7 แสดงจุดทดลองวัดความสั่นสะเทือนของพื้นดินบนทางด่วนตอนดินแดง-ท่าเรือ

ประมาณ 10 เมตร

จุดที่ 2, 4, 10 เป็นส่วนของของทางด่วนที่ยกระดับสูงกว่าพื้นดิน ผิวถนนเรียบทำด้วย asphaltic concrete ถนนฝั่งหนึ่งตัดผ่านที่พักอาศัยและศูนย์การค้า ส่วนอีกฟากหนึ่งขนานกับรางรถไฟและคลอง ถัดต่อจากนั้นไปอีกจึงเป็นบ้านพักอาศัย

จุดที่ 3 บริเวณทางแยกถนนเพชรบุรี ทำการวัดความสั่นสะเทือนทั้งในส่วนของทางด่วนที่ยกระดับและติดพื้นดิน (ทางลงของทางด่วนบริเวณบริษัทเอ้อวิทยาเอ็นจิเนียริ่ง) ผิวถนนเรียบทำด้วย asphaltic concrete

จุด 5, 6, 7 เป็นส่วนของทางด่วนที่อยู่ติดกับพื้นดิน ผิวถนนเรียบทำด้วย asphaltic concrete ถนนในช่วงการทดลองนี้ฟากหนึ่งตัดผ่านที่พักอาศัยซึ่งห่างจากขอบถนนประมาณ 1.5 เมตร (ดูรูป 4.9)

จุด 8 บริเวณทางแยกถนนพระรามสี่ เป็นส่วนทางลงของทางด่วน ผิวถนนเรียบทำด้วย asphaltic concrete จุดวัดติดตั้งบนพื้นคอนกรีต (ฟุตบาธ)

จุด 9 บริเวณตลาดปีนังใหม่ ถนนที่ใช้ทดลองวัดความสั่นสะเทือนคือถนนรัชดาภิเษกที่ลอดใต้ทางด่วน ถนนเป็นแบบราดยาง ผิวถนนไม่เรียบนัก แต่ก็ไม่ถึงกับขรุขระมาก มีอาคารค้าขายและที่พักอาศัยตั้งอยู่ห่างจากขอบถนนประมาณ 30 เมตร

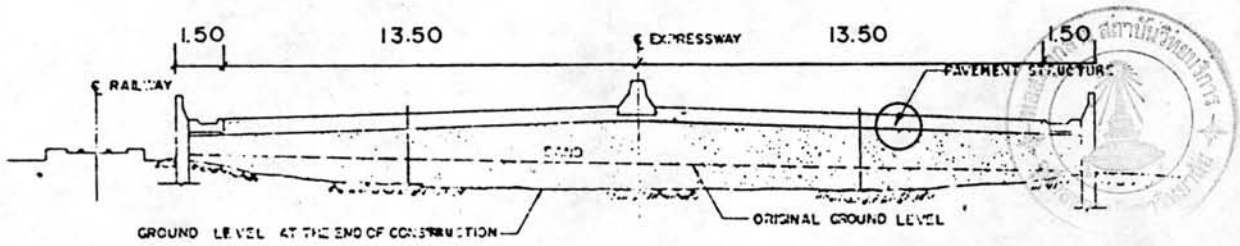
รูปตัดของทางด่วนในส่วนที่อยู่ติดกับพื้นดินดูได้ที่รูป 4.10 ส่วนรูป 4.11 นั้นเป็นรูปตัดของทางด่วนในส่วนที่ยกระดับสูงจากพื้นดิน โดยเฉลี่ยสูงประมาณ 5 เมตร

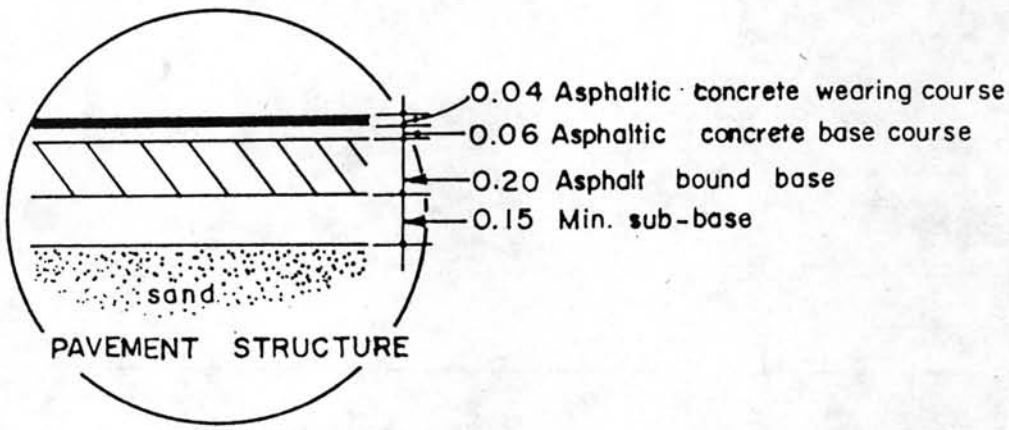
รายละเอียดตำแหน่งที่ติดตั้ง velocity transducer บนทางด่วนตอน ดินแดง-ท่าเรือ แสดงในตาราง 4.2

นอกจากได้วัดความสั่นสะเทือนของพื้นดินเนื่องจากการจราจรบนทางด่วนเมื่อเปิดใช้แล้วยังได้ทำการวัดความสั่นสะเทือนของพื้นดินในช่วงก่อนที่ทางด่วนจะเปิด

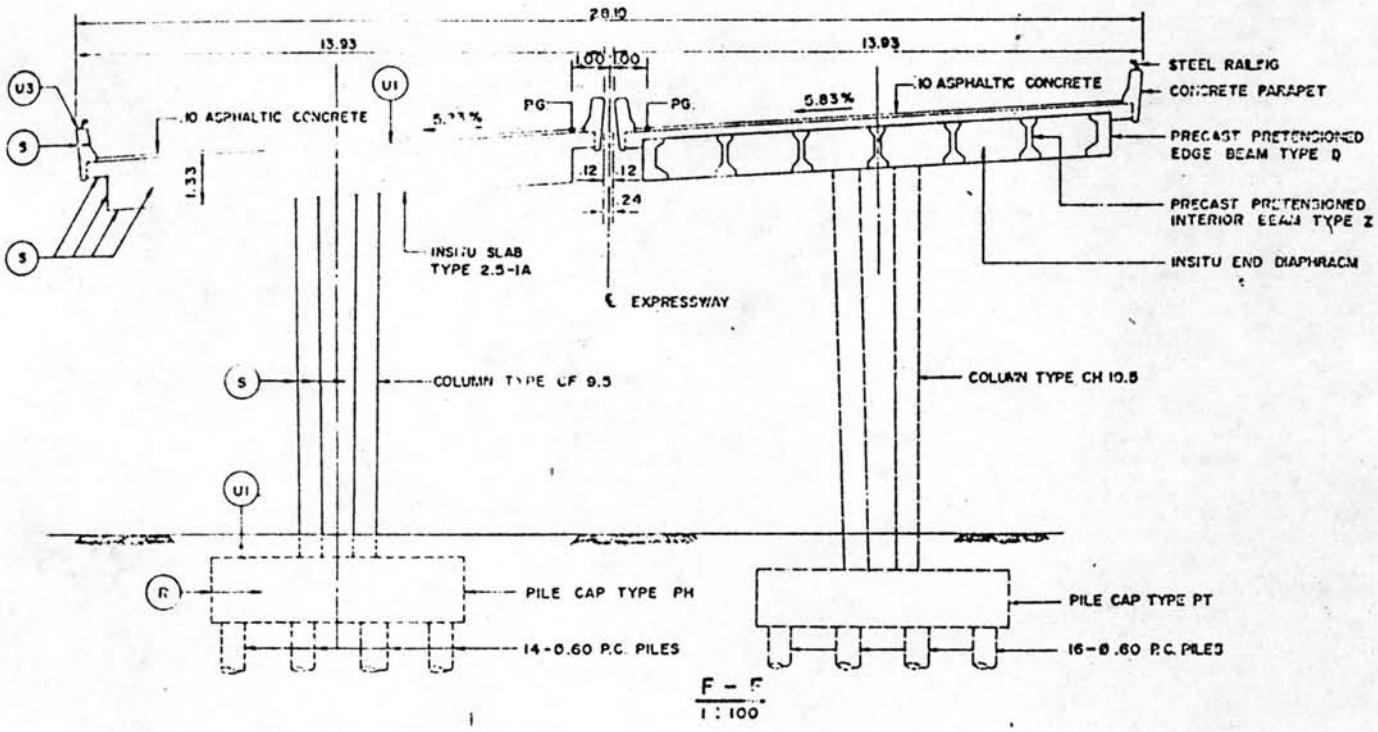
รูป 4.8 แสดงรูปถ่ายของถนนที่ยกขนานกับแฟลตดินแดง

รูป 4.9 แสดงรูปถ่ายของทางด่วนในส่วนที่อยู่ติดชุมชนบริเวณใกล้เคียงกับ





รูป 4.10 แสดงรูปตัดของทางด่วนในส่วนที่ติดกับพื้นดิน



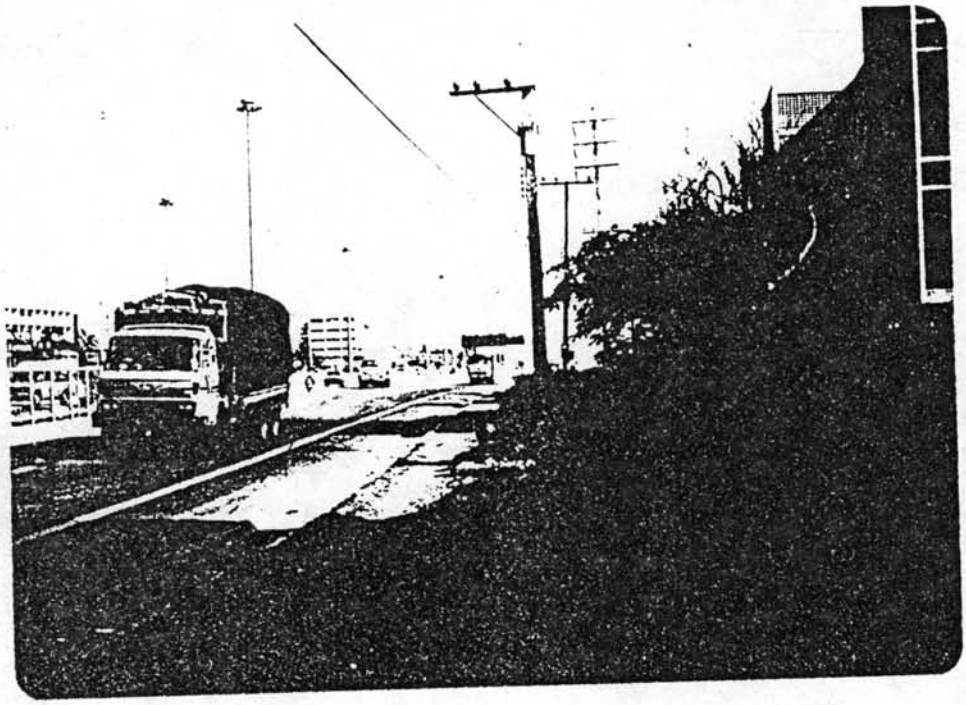
รูป 4.11 แสดงรูปตัดทั่วไปของทางด่วนในส่วนที่ยกระดับ

ตาราง 4.2 แสดงรายละเอียดสถานที่และตำแหน่งที่ติดตั้ง Velocity transducer บนทางด่วนตอน ดินแดง-ท่าเรือ

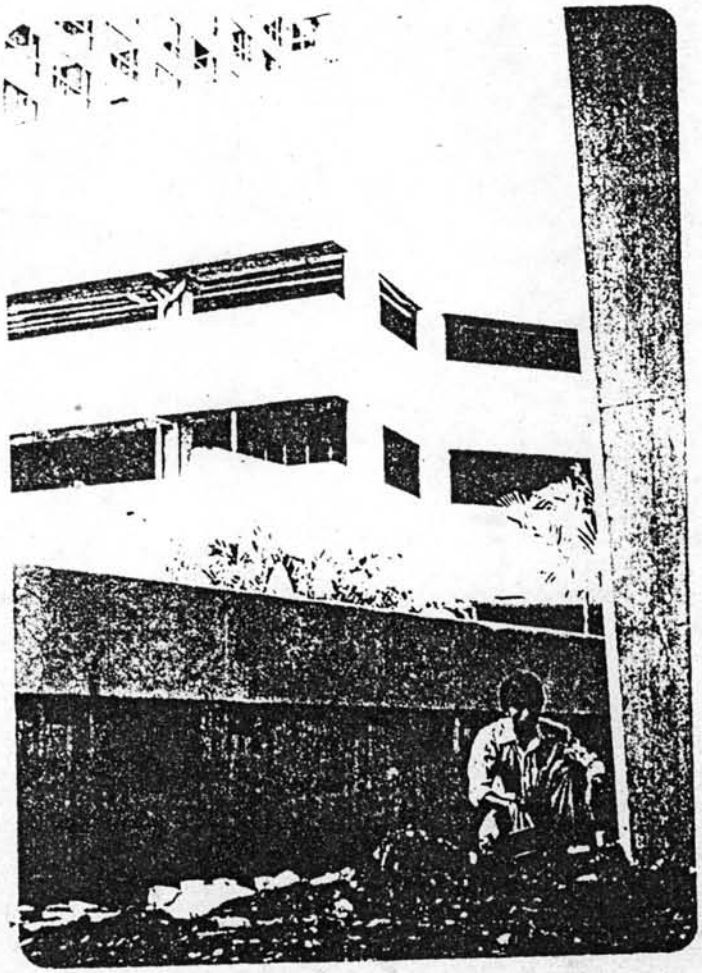
จุดทดลองที่	ลักษณะถนนที่ใช้ทดลอง	ตำแหน่งที่ติดตั้ง Velocity transducer
1. แฟลตดินแดง	อยู่ติดกับพื้นดิน	- บนรั้วห่างจากขอบถนน 4.5 เมตร (ดูรูป 4.12)
	อยู่ติดกับพื้นดิน	- บนพื้นดินห่างจากขอบถนน 6 เมตร
2. สถานีรถไฟ	ยกระดับ	- บนพื้นดินติดเสา (ดูรูป 4.13)
มักกะสัน	ยกระดับ	- บนพื้นดินห่างจากเสา 5 เมตร
3. ทางแยกถนน	ยกระดับ	- บนพื้นดินติดเสา (ดูรูป 4.14)
เพชรบุรี	ยกระดับ	- บนพื้นดินห่างจากเสา 1.5 เมตร (ดูรูป 4.15)
	ยกระดับ	- บนพื้นดินห่างจากเสา 5 เมตร
	อยู่ติดกับพื้นดิน	- บนพื้นคอนกรีต (ฟุตบาธ) ห่างจากขอบถนน 4 เมตร
4. ทางแยกถนน	ยกระดับ	- บนพื้นดินติดเสา
สุขุมวิท	ยกระดับ	- บนพื้นดินห่างจากเสา 2 เมตร
5. ซอยร่วมฤดี 1	อยู่ติดกับพื้นดิน	- บนรั้วห่างจากขอบถนน 1.5 เมตร (ดูรูป 4.16)
	อยู่ติดกับพื้นดิน	- บนพื้นดินห่างจากขอบถนน 1.5 เมตร
	อยู่ติดกับพื้นดิน	- บนพื้นดินห่างจากขอบถนน 3 เมตร
6. แฟลตตำรวจ	อยู่ติดกับพื้นดิน	- บนพื้นดินห่างจากขอบถนน 3 เมตร
	อยู่ติดกับพื้นดิน	- บนพื้นดินห่างจากขอบถนน 5 เมตร
7. แฟลตบ่อนไก่	อยู่ติดกับพื้นดิน	- บนคอนกรีตที่ขอบถนน (ดูรูป 4.17)
	อยู่ติดกับพื้นดิน	- บนพื้นดินห่างจากขอบถนน 1.5 เมตร
8. ทางแยกถนน	อยู่ติดกับพื้นดิน	- บนพื้นคอนกรีต (ฟุตบาธ) ห่างจากขอบทางลงของทางด่วน 2 เมตร
พระรามสี่		

ตาราง 4.2 (ต่อ)

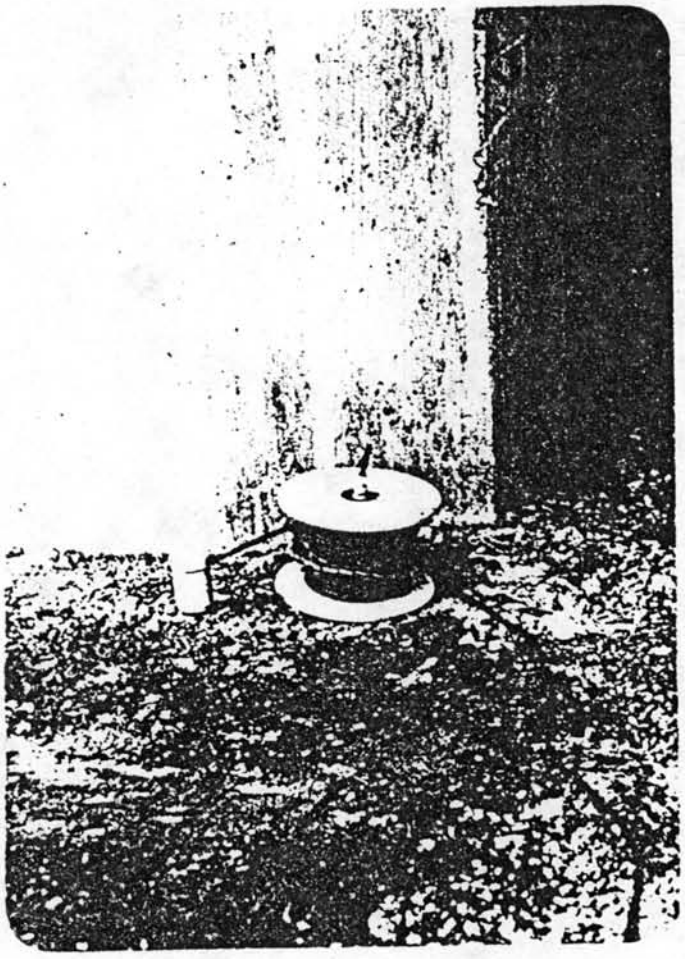
จุดทดลองที่	ลักษณะถนนที่ใช้ทดลอง	ตำแหน่งที่ติดตั้ง Velocity transducer
	อยู่ติดกับพื้นดิน	- บนพื้นคอนกรีต (ฟุตบาธ) ห่างจากขอบทางลงของทางด่วน 5 เมตร
9. ตลาดบึงใหม่	อยู่ติดกับพื้นดิน	- บนพื้นคอนกรีตห่างจากขอบถนน 13 เมตร
	อยู่ติดกับพื้นดิน	- บนพื้นคอนกรีตห่างจากขอบถนน 25 เมตร
10. คลองเตย	ยกระดับ	- บนพื้นคอนกรีตติดเสา
	ยกระดับ	- บนพื้นดินห่างจากเสา 1.5 เมตร



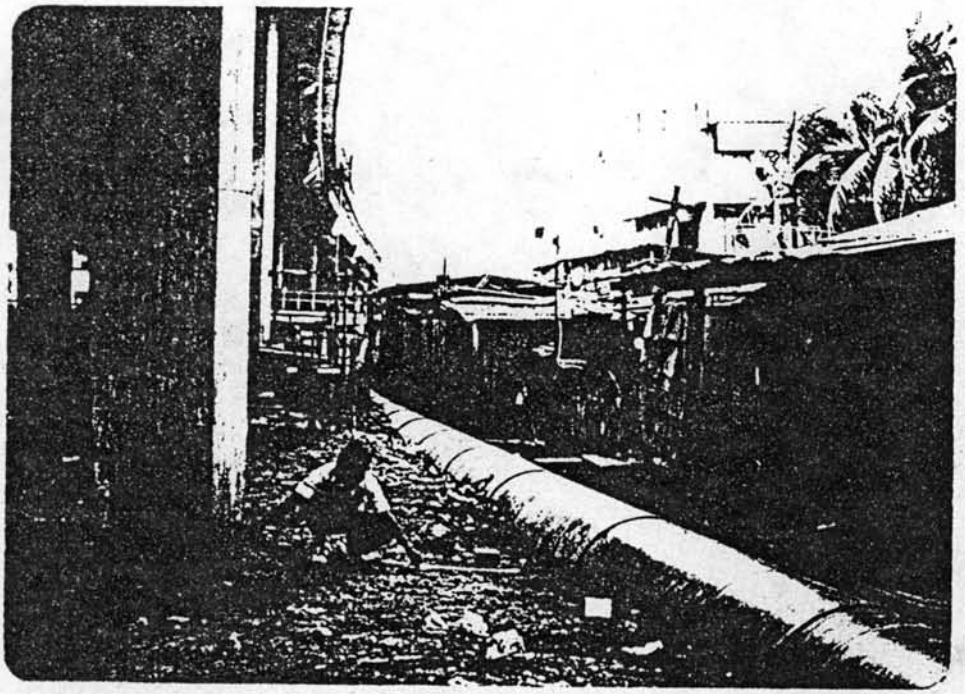
รูป 4.12 แสดงรูปถ่ายการวัดความสั่นสะเทือนบนรั้วบริเวณแฟลตดินแดง



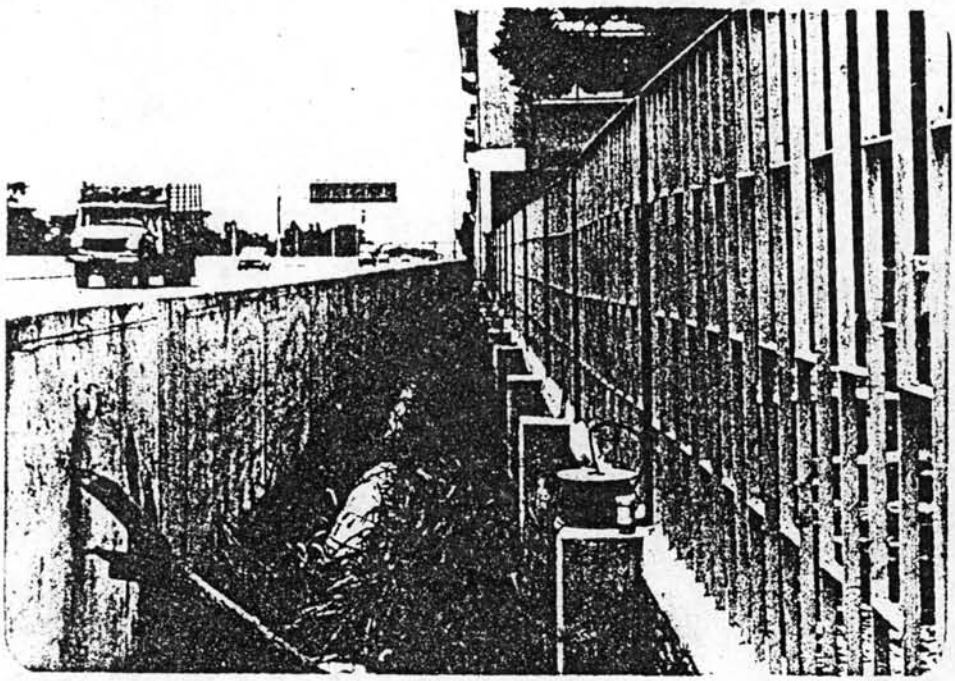
รูป 4.13 แสดงการวัดความสั่นสะเทือนเมื่อ velocity transducer อยู่ติดเสาบริเวณสถานีรถไฟมักกะสัน



รูป 4.14 แสดงการวัดความสั่นสะเทือนบริเวณทางแยกถนนเพชรบุรี



รูป 4.15 แสดงการติดตั้ง velocity transducer บริเวณถนนเพชรบุรีที่ระยะ 1.5 ม. จากเสา



รูป 4.16 แสดงการวัดความสั่นสะเทือนโดยการติดตั้ง velocity transducer บนรั้ว บริเวณซอยร่วมฤดี 1

รูป 4.17 แสดงการวัดความสั่นสะเทือนโดยการติดตั้ง velocity transducer บนคอนกรีตที่ยอบทางบริเวณแฟลตบ่อนไก่

ใช้ โดยวัดความสั่นสะเทือนอันเกิดจากรถไฟที่มีทางวิ่งขนานกับทางด่วน ซึ่งส่วนมากจะเป็นรถบรรทุกน้ำมันออกจากท่าเรือไปยังภูมิภาคต่าง ๆ และเพื่อการเปรียบเทียบ ได้วัดความสั่นสะเทือนเนื่องจากรถไฟชนิดต่าง ๆ นอกเหนือจากรถบรรทุกน้ำมันที่บริเวณถนนราชวิถี ผลการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้ทั้งหมดแสดงในรูป 5.10 และ 5.11 และตาราง 5.2

4.5.2 ถนนวิภาวดี-รังสิต เป็นช่วงก่อนที่จะถึงทางด่วน การเก็บข้อมูลความสั่นสะเทือนของผิวดินจากการจราจรบนถนนสายนี้ เพื่อเป็นข้อมูลตามสภาพทางด่วนที่คล้ายคลึง แบ่งการทดลองออกเป็น 4 ช่วง นับตั้งแต่รังสิตจนกระทั่งถึงสะพานลอยดินแดงตามลำดับดังนี้คือ

1. <u>ช่วงรังสิต-ดอนเมือง</u>

- 4 ช่องจราจร (ไป 2 กลับ 2) รถวิ่งได้ด้วยความเร็วเต็มที่
- จุดวัด 1. ร้านโกเหลียงก๋วยเตี๋ยวเรือ
2. บริษัทโยคชัยอินเตอร์เนชั่นแนล

2. <u>ช่วงดอนเมือง-หลักสี่</u>

- 6 ช่องจราจร มี Frontage 2 ข้าง ๆ ละ 2 ช่องจราจร รถวิ่งได้ด้วยความเร็วเต็มที่
- จุดวัด 3. เยตการทางกรุงเทพฯ

3. <u>ช่วงหลักสี่-ลาดพร้าว</u>

6 ช่องจราจร มี Frontage 2 ข้าง ๆ ละ 2 ช่องจราจร รวม 10 ช่องจราจร รถวิ่งได้ด้วยความเร็วเต็มที่

- จุดวัด 4. บริษัทยิบอินซอยจำกัด
5. กองบัญชาการตำรวจภูธร 1

4. ช่วงลาดพร้าว-ดินแดง

6 ช่องจราจร มี Frontage 2 ข้าง ๆ ละ 2 ช่องจราจร รวม 10 ช่องจราจร รถวิ่งด้วยความเร็วไม่เท่า 3 ช่องแรก เพราะอยู่ในเขตตัวเมือง

- จุดวัด 6. โรงเรียนการบินไทย

7. นสพ. ไทยรัฐ

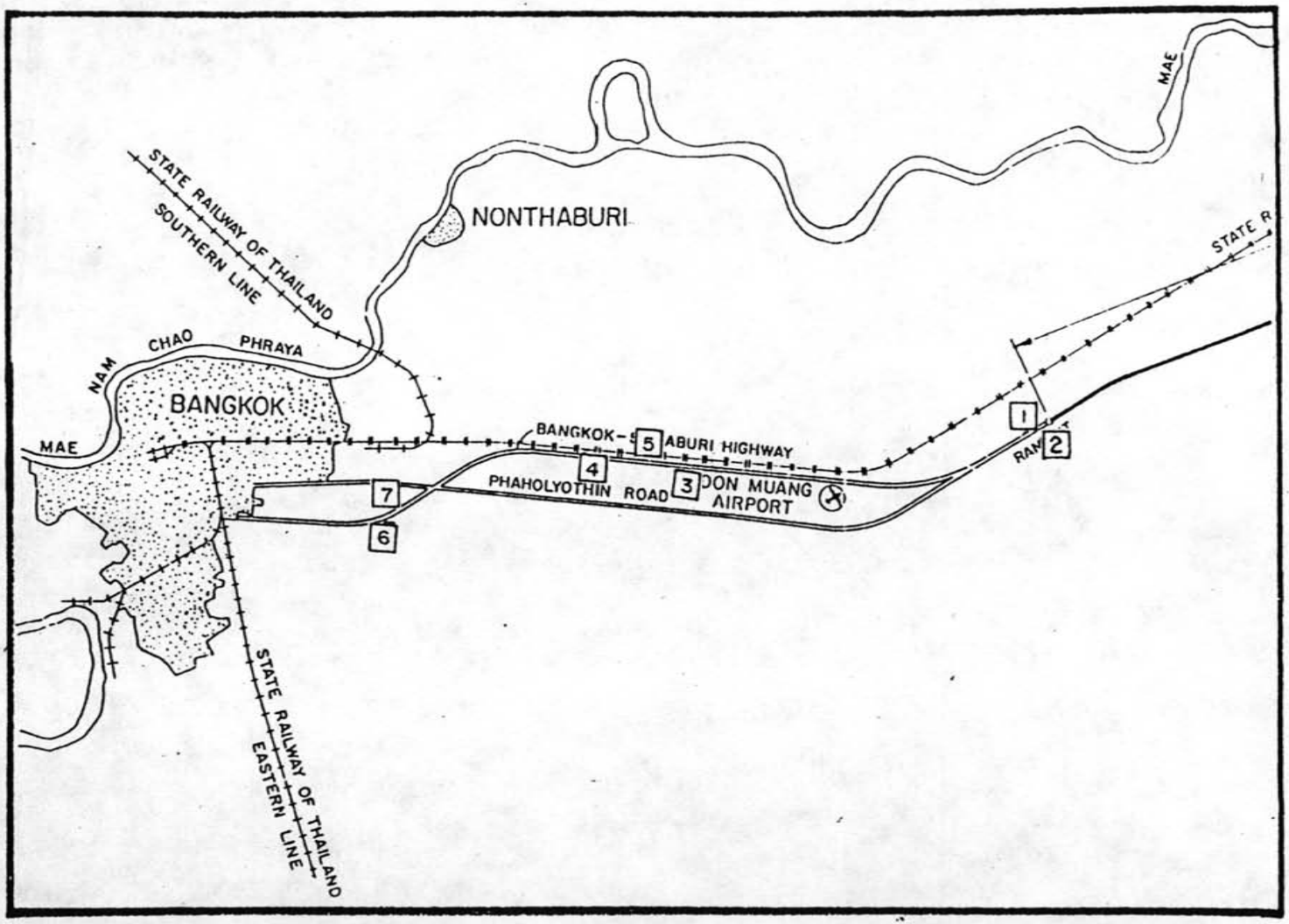
รูปแปลนของถนนสายวิภาวดี-รังสิต และตำแหน่งสถานที่ทดลองแสดงในรูป 4.18 ส่วนรูปตัดของถนนช่วง รังสิต-ดอนเมือง ดอนเมือง-หลักสี่ และหลักสี่-ลาดพร้าว ลาดพร้าว-ดินแดง แสดงที่รูป 4.19 รูป 4.20 รูป 4.21 ตามลำดับ

รายละเอียดเกี่ยวกับสภาพของสถานที่ทำการทดลอง กล่าวพอสังเขป คือ ถนนของสถานที่ทดลองที่เป็นผิวจราจรแบบราดยาง (flexible pavement) คือ ช่วง รังสิต-ดอนเมือง ที่ร้านโกเหลียงก๋วยเตี๋ยวเรือ และที่บริษัทโซคยัยอินเตอร์เนชั่นแนล นอกนั้นเป็นผิวจราจรแบบคอนกรีต (rigid pavement) ระดับถนนโดยทั่วไปของสถานที่ทดลองทั้งหมดอยู่ในแนวราบมีผิวจราจรเรียบไม่ขรุขระ ยกเว้นจุดทดลองบริเวณบริษัทโซคยัยอินเตอร์เนชั่นแนล ในการวัดที่ระยะ 10 เมตร จากขอบถนน ซึ่งมีการซ่อมผิวถนนเดิมโดยใช้ยางมะตอยผสมหินคลุกฉาบที่ผิวถนนเดิม (ดูรูป 4.22) ทำให้ระดับผิวถนนต่างระดับกันเล็กน้อย อันมีผลทำให้ระดับความสั่นสะเทือนที่วัดได้ที่จุดนี้สูงกว่าที่วัดได้จากผิวถนนปกติ

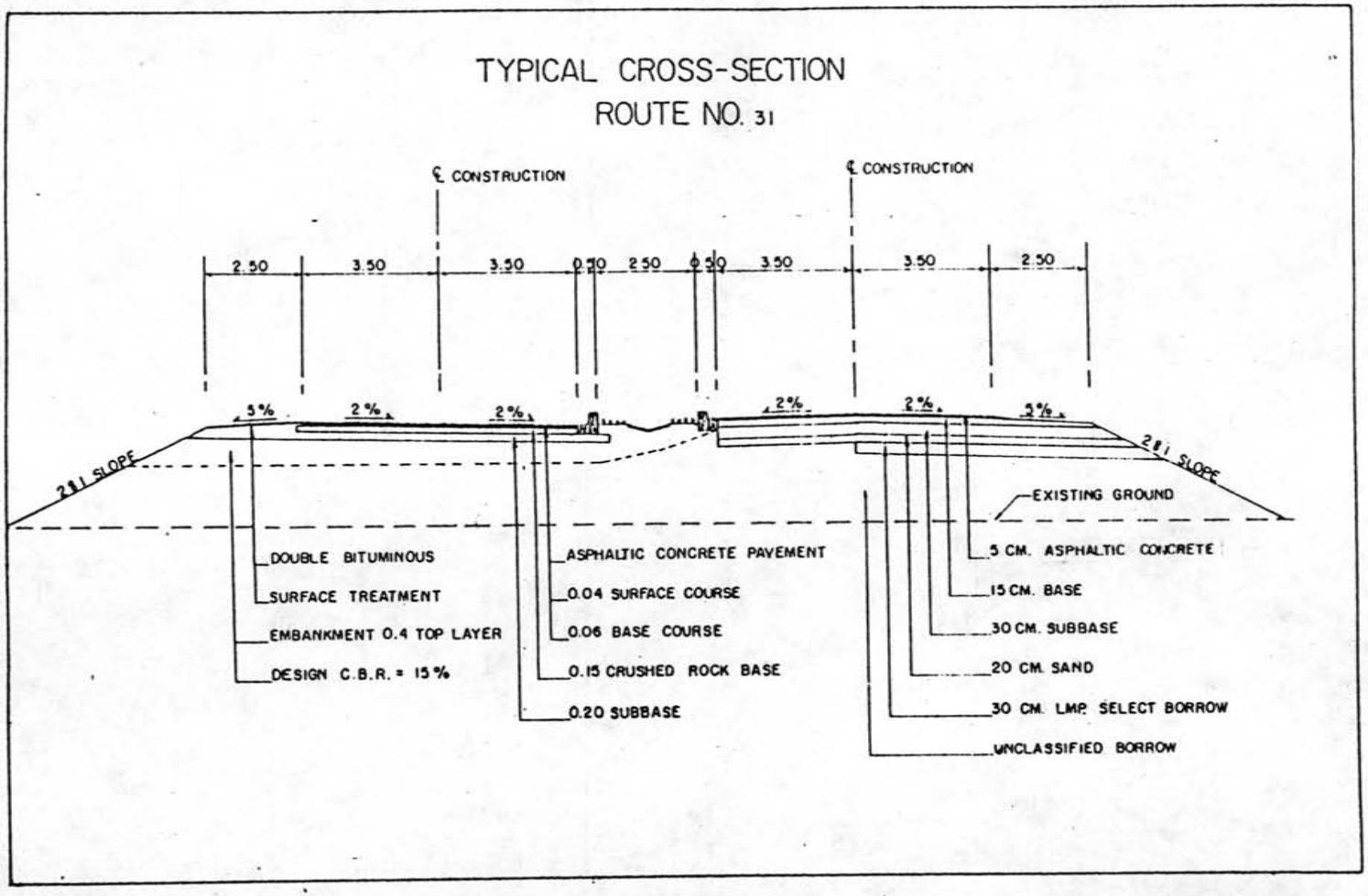
รูป 4.23 แสดงรูปถ่ายของสถานที่ทดลองบริเวณร้านโกเหลียง-ก๋วยเตี๋ยวเรือ

รายละเอียดสถานที่และตำแหน่งที่ติดตั้ง Velocity transducer แสดงในตาราง 4.3

ตาราง 4.4 แสดงสัญญลักษณ์ที่ใช้แทนรถยนต์ชนิดต่าง ๆ ในการทดลองบนทางสาย วิภาวดี-รังสิต

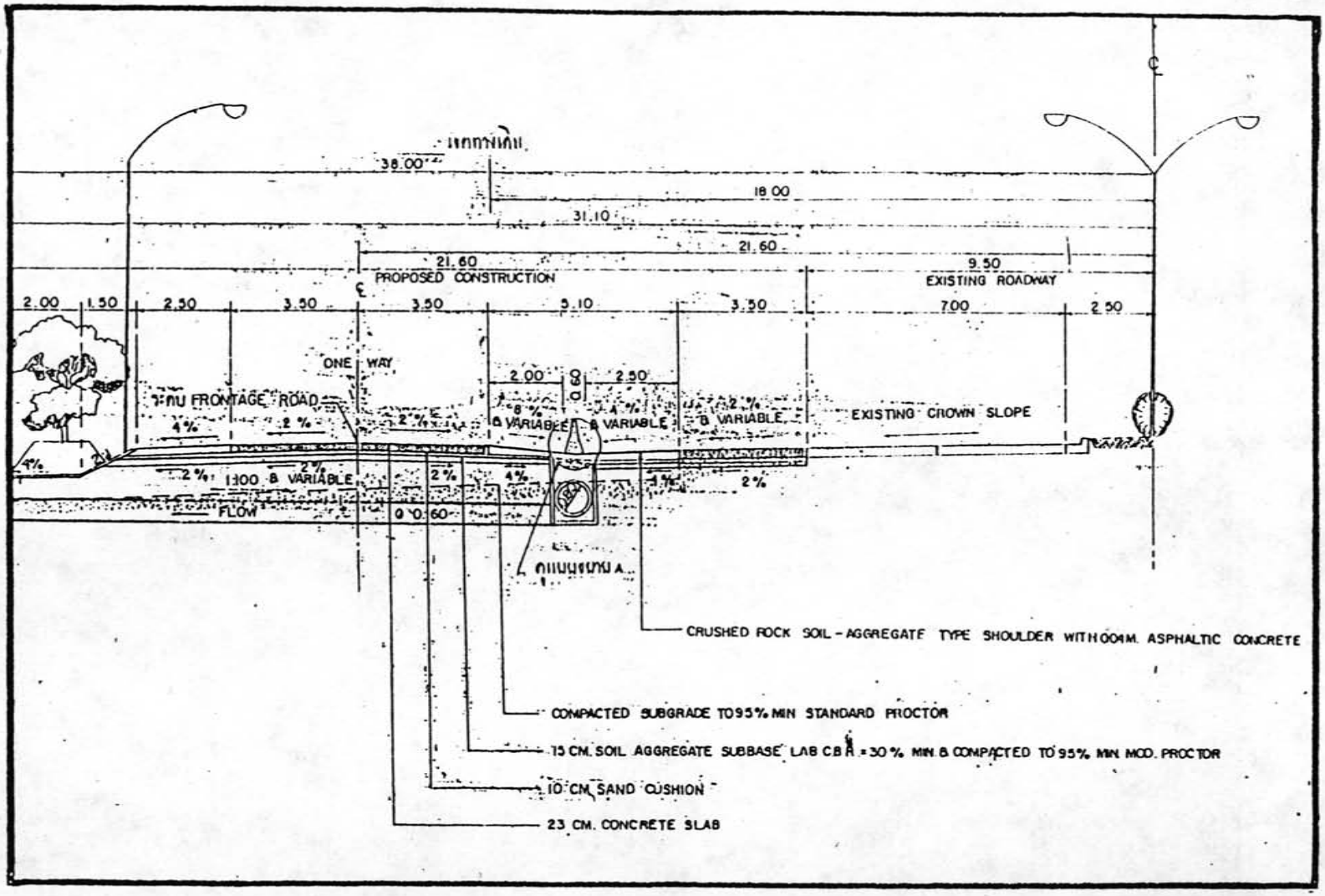


รูป 4.18 แสดงรูปแปลนถนนสายวิภาวดี-รังสิต และจุดที่ติดตั้งเครื่องมือทดลอง

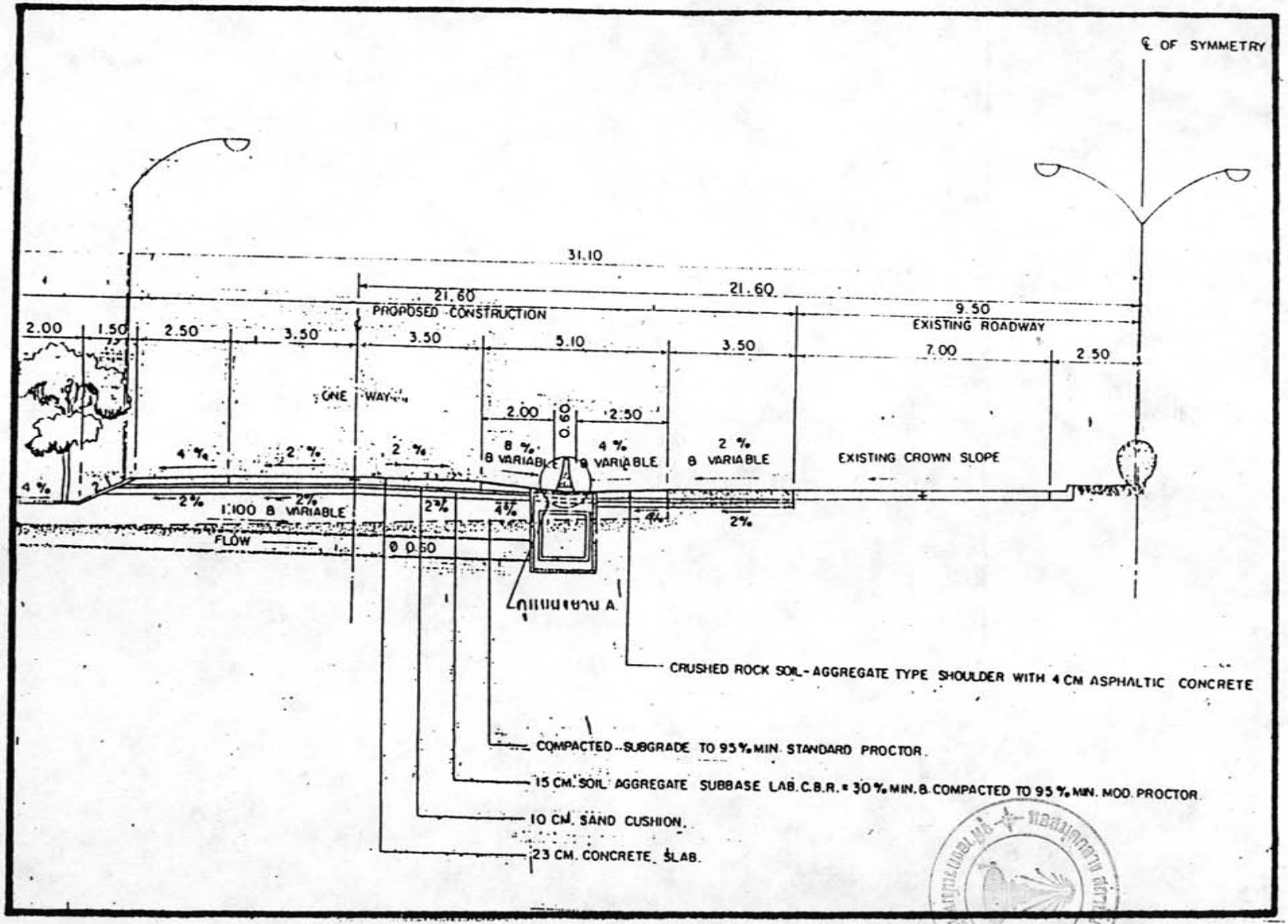


รูป 4.19 แสดงรูปตัดของถนนสายวิภาวดี-รังสิต ช่วง รังสิต-ดอนเมือง

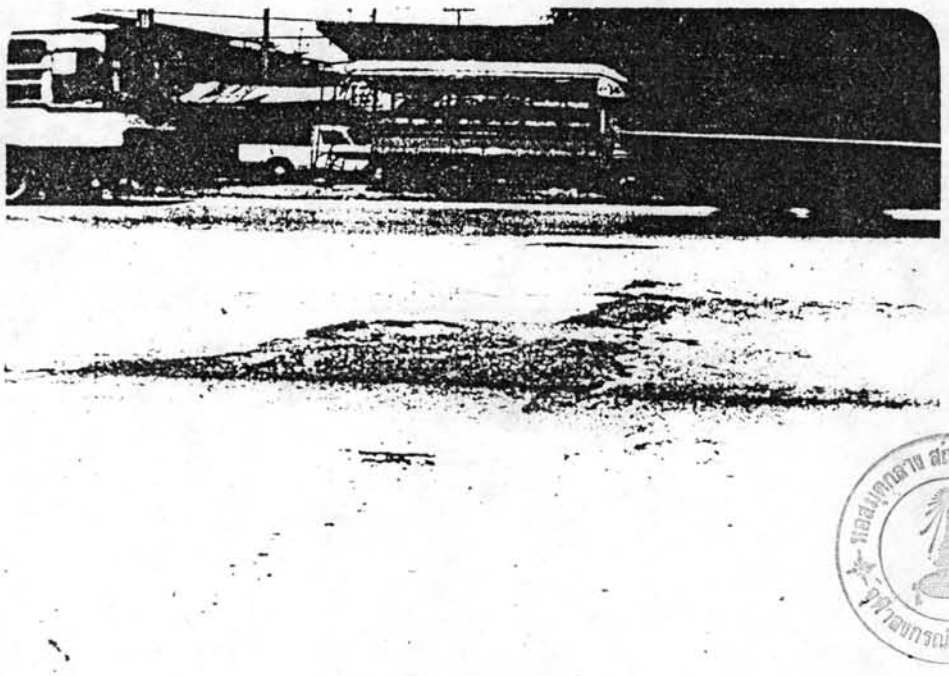
หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูป 4.20 แสดงรูปตัดของถนนสายวิภาวดี-รังสิต ช่วง ดอนเมือง-ลาดพร้าว

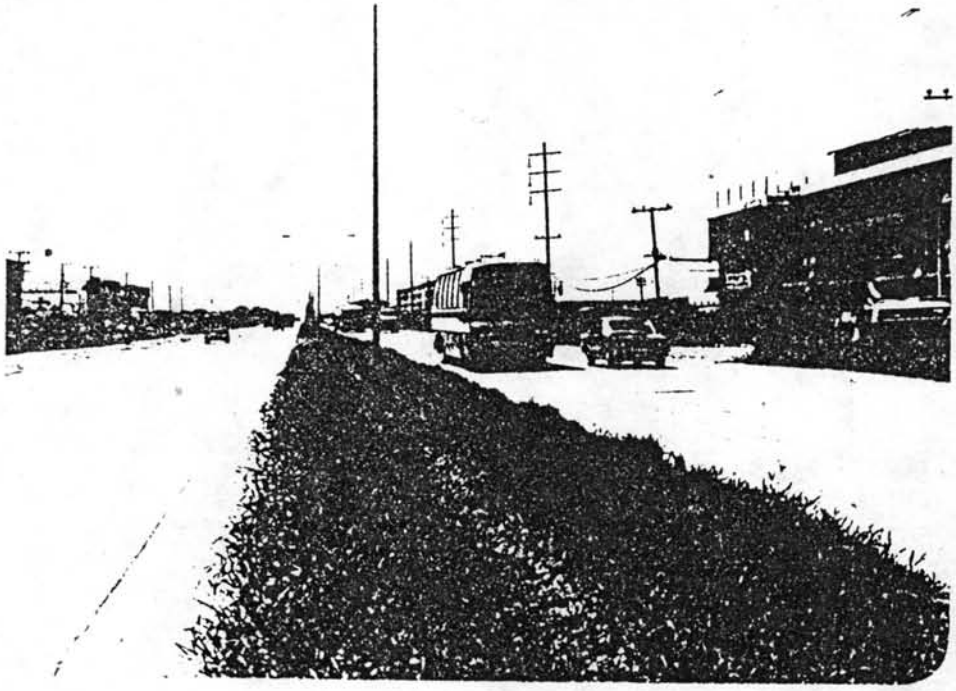


รูป 4.21 แสดงรูปตัดของถนนสายวิภาวดี-รังสิต ช่วง ลาดพร้าว-ดินแดง



สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูป 4.22 รูปถ่ายบริเวณผิวถนนยุบระที่หน้าบริษัทโชคชัยอินเตอร์เนชั่นแนล



รูป 4.23 รูปถ่ายของสถานที่ทดลองที่ร้านโกเหลียงก๋วยเตี๋ยวเรือ

ตาราง 4.3 แสดงรายละเอียดสถานที่ทดลองและตำแหน่งที่ติดตั้ง Velocity transducer บนถนนวิภาวดี-รังสิต

จุดทดลองที่	ประเภทของถนน	จุดวัด	ระยะห่างจากขอบถนน (ม.)
1. ร้านโกเหลียงก๋วยเตี๋ยวเรือ	ราดยาง	บนพื้นดิน	5, 10, 15
2. บริษัทโฆษัยอินเตอร์เนชั่นแนล	ราดยาง	บนพื้นดิน	5, 10
3. เขตการทางกรุงเทพฯ	คอนกรีต	บนพื้นดิน	5, 10
4. บริษัทยิบอินซ่อย	คอนกรีต	บนพื้นดิน	5, 10
5. กองบัญชาการตำรวจภูธร 1	คอนกรีต	บนพื้นดิน	5, 10
6. โรงเรียนการบินไทย	คอนกรีต	บนพื้นดิน	5, 10
7. นสพ. ไทยรัฐ	คอนกรีต	บนพื้นดิน	5, 10

ตาราง 4.4 สัญญลักษณ์ที่ใช้แทนชนิดของรถยนต์ที่แล่นในผลการทดลองบนทางสายวิภาวดี-รังสิต

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สัญญลักษณ์	ชนิดของรถยนต์	หมายเหตุ
▲	รถลิบล้อ	วิ่งในช่องจราจรใกล้จุดวัด (S* น้อย)
△	รถลิบล้อ	วิ่งในช่องจราจรไกลจุดวัด (S มาก)
■	รถหกล้อ	วิ่งในช่องจราจรใกล้จุดวัด (S น้อย)
□	รถหกล้อ	วิ่งในช่องจราจรไกลจุดวัด (S มาก)
●	รถบัส	วิ่งในช่องจราจรใกล้จุดวัด (S น้อย)
○	รถบัส	วิ่งในช่องจราจรไกลจุดวัด (S มาก)
●	รถนั่ง	วิ่งในช่องจราจรใกล้จุดวัด (S น้อย)
○	รถนั่ง	วิ่งในช่องจราจรไกลจุดวัด (S มาก)

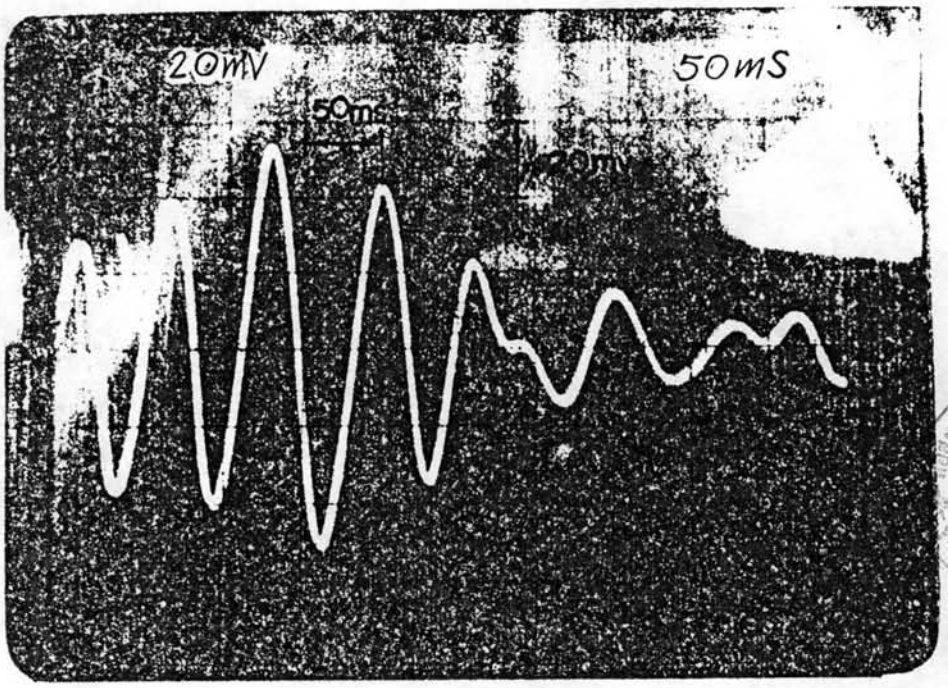
S^* คือ ระยะจากขอบถนนจนถึงจุดวัด

4.6 การเก็บข้อมูล การตีความหมาย และการวิเคราะห์ข้อมูล

4.6.1 การเก็บข้อมูล

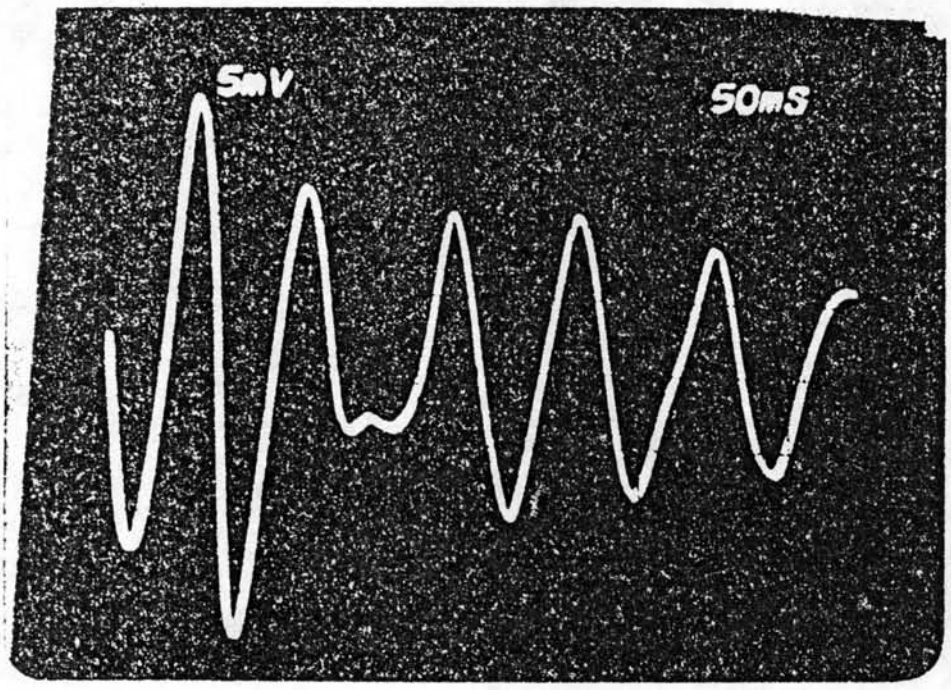
ตัวอย่างข้อมูลที่รวบรวมได้โดยการพิจารณาถึงประเภท ลักษณะการบรรทุก ความเร็วของรถยนต์ และระยะทางที่วัดจากขอบถนน ดังกล่าวมาแล้วว่าลักษณะข้อมูล (รูปร่างของภาพ (waveform) บน oscilloscope) ที่ได้มา จะมีลักษณะต่างกัน องค์ประกอบสำคัญที่ทำให้ลักษณะข้อมูลต่างกันน่าจะได้แก่ ประเภทของรถยนต์ และระยะทางที่วัดจากขอบถนน ทั้งนี้สังเกตได้จากภาพที่บันทึกได้จากจอ oscilloscope ถ้าเกิดจากความสั่นสะเทือนของรถบรรทุกหรือรถโดยสารขนาดใหญ่จะเห็นจุดสูงสุด (peak) ในรูปชัดเจนมี amplitude สูง (ดูรูป 4.24, 4.25, 4.26) อ่านค่าได้ง่าย แต่ถ้าภาพที่บันทึกได้จากความสั่นสะเทือนของรถขนาดเล็ก เช่น รถบรรทุกเล็ก (pick up) หรือรถเก๋ง จะเห็นจุดสูงสุด (peak) ไม่ชัดเจน (ดูรูป 4.27) และ amplitude จะต่ำกว่ารถบรรทุกหรือรถโดยสารขนาดใหญ่ และถ้าสัญญาณที่เข้าสู่ velocity transducer อ่อนมาก จะมีการรบกวนเนื่องจากความถี่ต่ำ ๆ อย่างอื่นจากภายนอก ทำให้อ่านค่าและตีความหมายจากรูปอย่างลำบาก

สำหรับระยะทางที่ปัก velocity transducer ห่างจากขอบถนนมีผลต่อลักษณะข้อมูลกล่าวคือ ถ้าระยะทางที่ปักอยู่ใกล้ถนน (ใกล้ source) สัญญาณเข้าสู่ velocity transducer จะมีมาก ทำให้เห็นรูปร่างและลักษณะภาพได้ชัดเจน แต่ถ้าปักห่างจากถนนมากขึ้น สัญญาณที่เข้าสู่ velocity transducer จะน้อยลง ทั้งนี้เพราะเกิดการเสื่อมลง (attenuate) เนื่องจากการสูญเสียพลังงาน (damping) ในชั้นของถนนและในดิน ซึ่งเป็นเหตุให้สัญญาณอื่น ๆ จากภายนอกที่มิใช่เกิดจากการจราจรเข้าไปลอดแทรกและรบกวนได้ การอ่านค่าและการตีความหมายก็ทำได้ลำบากและขาดความละเอียด

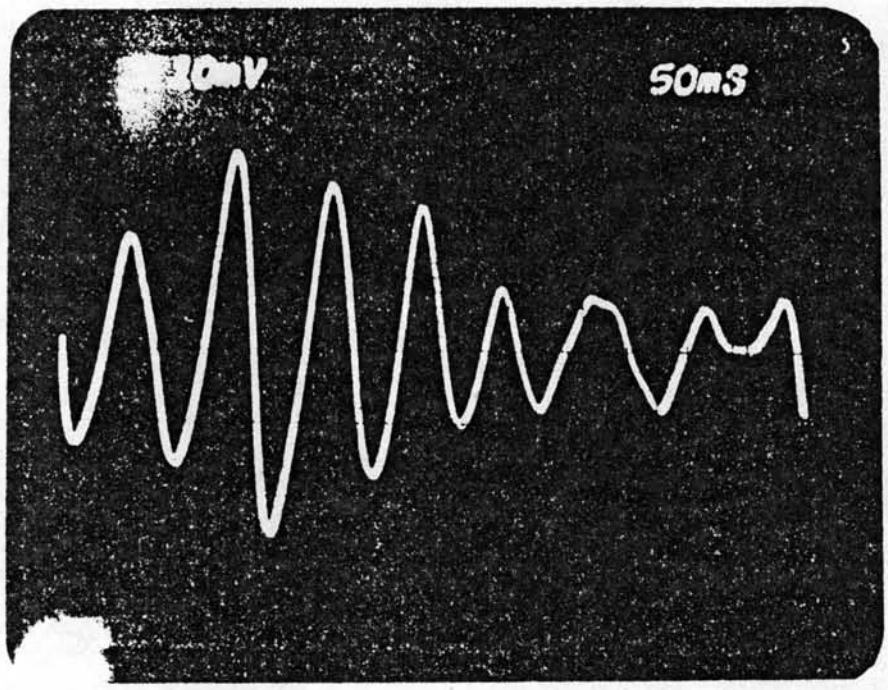


สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

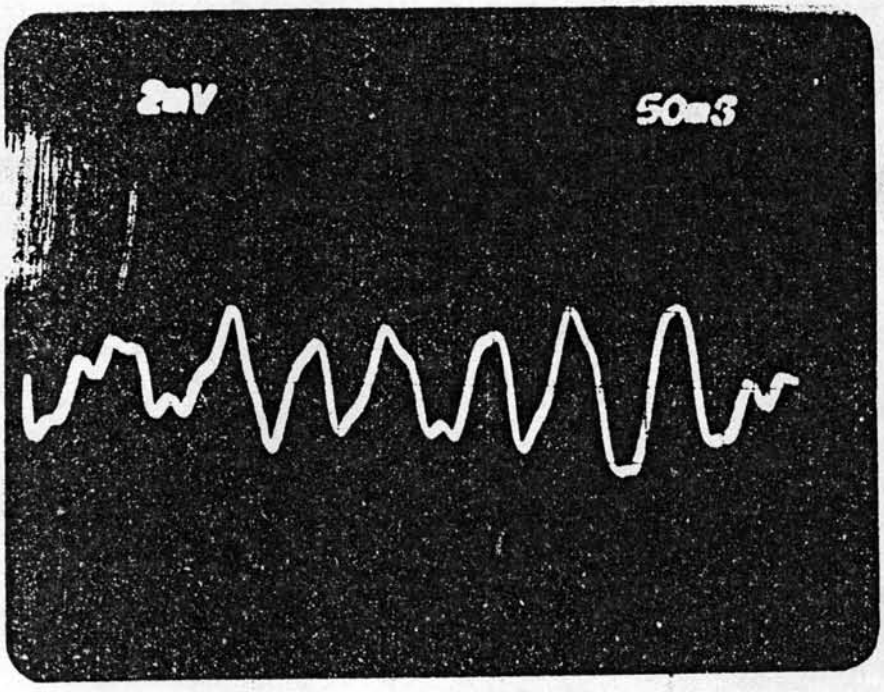
รูป 4.24 แสดงรูปถ่ายคลื่นความสั่นสะเทือนเนื่องจากรถสิบล้อ



รูป 4.25 แสดงรูปถ่ายคลื่นความสั่นสะเทือนเนื่องจากรถบัส



รูป 4.26 แสดงรูปถ่ายคลื่นความสั่นสะเทือนเนื่องจากรถบัส



รูป 4.27 แสดงรูปถ่ายคลื่นความสั่นสะเทือนเนื่องจากรถบัง

4.6.2 การตีความหมายจากรูปถ่าย

ดังกล่าวมาแล้วว่ามีองค์ประกอบหลายอย่างที่มีผลต่อรูปร่าง (waveform) ของความสั่นสะเทือน ขณะที่รถยนต์วิ่งไปบนถนนจะส่ง dynamic forces ไปยังบริเวณรอบ ๆ และจะเปลี่ยนตำแหน่งไปเรื่อย ๆ ดังนั้น waveform ของแต่ละจุดสำรวจจะมีรูปร่างลักษณะไม่เหมือนกัน อีกทั้ง waveform เหล่านี้ไม่ได้เป็น purely sinusoildal แต่อย่างไรก็ดี ในการวิจัยครั้งนี้สนใจตรงจุดที่ให้ maximum amplitude เท่านั้น ดังนั้นในการคำนวณความสัมพันธ์ของปริมาณต่าง ๆ จากรูปถ่ายจึงพออนุมานใช้ความสัมพันธ์ของการเคลื่อนที่แบบฮาร์โมนิค (harmonic motion) ได้

การอ่านค่าความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและ output voltages เพื่อนำมาคำนวณหา peak particle velocity และความถี่กระทำได้ดังนี้คือ

พิจารณารูป 4.24 จะเห็นว่ามีแกน 2 แกน ตัดตั้งฉากกัน ความหมายของทั้งสองแกนอธิบายได้คือ แกนในแนวนอนแทนเวลา ส่วนแกนในแนวตั้งแทน output voltages และมีตัวเลขที่ตอนบนทั้งมุมซ้ายและมุมขวา ทางด้านบนมุมซ้ายมีตัวเลข 20 mV. หมายความว่าในหนึ่งช่องใหญ่ (5 ยีดเล็ก) ของแกนในแนวตั้งมีค่า output voltages เท่ากับ 20 มิลลิโวลท์ ตัวเลข 50 mS. ทางด้านมุมขวา หมายความว่าในหนึ่งช่องใหญ่ (5 ยีดเล็ก) ของแกนในแนวนอนมีค่าเท่ากับ 50 มิลลิเซคกัน (50×10^{-3} วินาที) เมื่อทราบค่า output voltage และค่าเวลาแล้ว ก็นำมาคำนวณหาความถี่ และ peak particle velocity ได้ ดังที่จะได้กล่าวในหัวข้อต่อไป

4.6.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

รูปที่ถ่ายได้จากจอ oscilloscope สามารถคำนวณหาค่าคาบเวลา (period), T และ output voltages , A ได้โดยตรงและนำมาคำนวณหาความถี่ (frequency), f peak particle velocity, v และความเร่ง (acceleration), a ได้ดังนี้

$$f = \frac{1}{T}$$

$$\omega = 2\pi f$$

$$v = \omega.A = 2\pi f.A \text{ (A ในที่นี้ใช้ single amplitude)}$$

$$a = \omega.v = 2\pi f.v$$

กองบรรณสาร สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

f = ความถี่ (frequency), Hz.

T = คาบเวลา (period), วินาที

ω = ความถี่เชิงมุม (angular frequency), เรเดียน/วินาที

v = peak particle velocity (peak velocity), มิลลิเมตร/วินาที

A = การเปลี่ยนตำแหน่ง (displacement amplitude), มิลลิเมตร

a = ความเร่ง (particle acceleration)

ตัวอย่างการคำนวณ

รูป 4.21 ที่ตำแหน่งให้ maximum amplitude

$$T = 73 \text{ ms.} = 0.073 \text{ sec.}$$

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0.073} = 13.7 \text{ Hz.}$$

$$\omega = 2\pi f = 2\pi.13.7 = 86.1 \text{ เรเดียน/วินาที}$$

A (pk-pk)= 104 mV. = 0.104 volt

= 0.104/2 = 0.052 volt (single amplitude)

จากรูป 4.3

ที่ f = 13.7 อ่านค่า sensitivity = 0.64 volt/cm./sec.

$\therefore$ peak particle velocity $= \frac{0.052}{0.064} = 0.08125$ cm./sec.

$= 0.8125$ mm/sec.

particle acceleration, $a = \omega.v = 86.1 \times 0.8125 = 70.0$ mm/sec^2

การเปลี่ยนตำแหน่งในรูปความสูง $A = \frac{v}{2\pi f} = \frac{0.8125}{68.1} = 9.44 \times 10^{-3}$ mm.

ตัวอย่างการคำนวณหาค่าปริมาณต่าง ๆ (f, ω, v, A, a) ของความสั่นสะเทือน ของสถานที่ทดลองบางจุดแสดงในตาราง 4.5

ตาราง 4.5 แสดงตัวอย่างการหาค่าความสัมพันธ์ของปริมาณต่าง ๆ (f, ω, v, A, a) (สถานที่ทดลอง : บริเวณแฟลตดินแดง)

ลำดับที่ทดลอง	ชนิดของรถยนต์	T วินาที $\times 10^{-3}$	f $\frac{\text{รอบ}}{\text{วินาที}}$	ω $\frac{\text{เรเดียน}}{\text{วินาที}}$	Output pk-pk mV.	v $\frac{\text{มม.}}{\text{วินาที}}$	A มม. $\times 10^{-3}$	a $\frac{\text{มม.}}{\text{วินาที}^2}$
1	สิบล้อ	40	25.0	157.1	12	0.1412	0.8988	22.1825
2	หกล้อ	35	28.6	179.7	13	0.1667	0.9277	29.9560
3	หกล้อ	60	16.7	104.9	11	0.0873	0.8322	9.1578
4	สิบล้อ	40	25.0	157.1	19.5	0.2294	1.4602	36.0387
5	หกล้อ	50	20.0	125.7	16	0.1481	1.1782	18.6162
6	รถบัส	45	22.2	139.5	14	0.1458	1.0452	20.3391
7	สิบล้อ	40	25.0	157.1	19	0.2235	1.4227	35.1119
8	สิบล้อ	48	20.8	130.7	17	0.1667	1.2754	21.7877
9	รถบัส	55	18.2	114.4	10	0.0862	0.7535	9.8613
10	หกล้อ	40	25.0	157.1	9.5	0.1118	0.7116	17.5638
11	หกล้อ	35	28.6	179.7	12	0.1538	0.8559	27.6379
12	รถนั่ง	55	18.2	114.4	8	0.0690	0.6031	7.8936
13	รถนั่ง	60	16.7	104.9	11	0.0873	0.8322	9.1578
14	รถบัส	40	25.0	157.1	12	0.1412	0.8988	22.1825
15	หกล้อ	40	25.0	157.1	10	0.1176	0.7486	18.4750
16	รถบัส	35	28.6	179.7	11	0.1410	0.7846	25.3377
17	รถบัส	38	26.3	165.2	12	0.1500	0.9080	24.7800