

รายการอ้างอิง

1. กองบำรุง กรมทางหลวง. ประกาศผู้อำนวยการทางหลวงแผ่นดิน เรื่อง ห้ามใช้ยานพาหนะโดยที่ยานพาหนะนั้นมีน้ำหนัก น้ำหนักบรรทุก หรือน้ำหนักลงเพลา เกินกว่าที่ได้กำหนดเดินบนทางหลวงแผ่นดิน และลักษณะยานพาหนะ และน้ำหนักตามประกาศ. กรมทางหลวง 2519.
2. กุมุท บุญวรรณ. การประเมินอายุการใช้งานเนื่องจากความล้าของสะพานเหล็กข้ามทางแยก. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบัณฑิตศึกษาวิศวกรรมโยธา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2541.
3. Anzai, H. and Endo, T. On-site Indication of Fatigue Damage under Complex Loading. *International Journal of Fatigue* (1979) : 40-57.
4. Barsom, J.M., and Stanley, T.R. *Fracture and Fatigue Control in Structure*. New Jersey: Prentice-Hall Inc, 1977.
5. Chou, C.J., and Ching, C. Truck Load Distribution and Its Impact on Vehicle Weight Regulations in Taiwan. *Transportation Research Record* 1501. (1995) : 87-94.
6. Chou, C.J. Effect of Overload Heavy Vehicles on Pavement and Bridge Design. *Transportation Research Record* 1539. (1996) : 58-65.
7. Cicci, F., and Csagoly, P. Assessment of The Fatigue Life of a Steel Girder Bridge. *Transportation Research Record* 507. (1974) : 1-30.
8. Dicleli, M., and Bruneau, M. Fatigue-Based Methodology for Managing Impact of Heavy-Permit Truck on Steel Highway Bridges. *Journal of Structural Engineering* Vol.121 No.11 (1995) : 1651-1659.
9. Downing, S.D. and Socie, D.F. Simple Rainflow Counting Algorithms. *International Journal of Fatigue* (1982) : 31-40
10. Dvorak, I.J., and Zimmer, D.C. Fatigue Evaluation of Existing Steel Highway Bridges. *IABSE*. (1982) : 503-509.
11. Fisher, J.W., Mertz, D.R., and Zhong, A. Steel Bridge Member Under Variable Amplitude Long Life Fatigue Loading. *NCHRP. Report* 267. (1983) : 1-25.
12. Fisher, J.W. *Fatigue and Fracture in Steel Bridge*. New York: John Wiley & Sons, 1984.
13. Fisher, J.W., et al. Resistance of Welded Details Under Variable Amplitude Long-Life Fatigue Loading. *NCHRP. Report* 354. (1993) : 1-31.
14. Frank, K.H. Using Measured Stress Histories to Evaluate the Remaining Fatigue Life of Bridges. *3rd International Workshop on Bridge Rehabilitation Darmstadt*. (1992) : 529-539.
15. JSSC. *Fatigue Design Recommendations for Steel Structure [English Version]*. Japanese Society of Steel Construction. Japan: Japanese Society of Steel Construction, 1995.

16. Laman, J.A., and Nowak, A.S. Fatigue-Load Model for Girder Bridges. *Journal of Structural Engineering* Vol.122 No.7 (1996) : 726-733.
17. Marek, P. Prediction of Fatigue Life in Steel Bridge. *IABSE*.(1982) : 511-515.
18. Moses, F., Schilling, C.G., and Raju, K.S. Fatigue Evaluation Procedures for Steel Bridges. NCHRP. Report 299. (1987) : 1-94.
19. Nowak, A.S. Nassif, H., and Defrain, L. Effect of Truck Loads on Bridges. *Journal of Structural Engineering* Vol.119 No.6 (1993) : 853-867.
20. Page, J., and Tilly, G.P. Some Analysis of Traffic Data for Three Steel Bridges. *Transport and Road Research Laboratory. Supplementary Report 598* (1980)
21. Ross, S.M. *Introduction to Probability and Statistics for Engineers and Scientists*. Singapore: John Wiley & Sons, 1987.
22. Smith, J.W. *Vibration of Structures : Applications in civil engineering design*. Singapore: Chapman and Hall, 1988.
23. *Standard Specifications for Highway Bridge*. American Association of State Highway and Transportation Officials. (1996)
24. Tallin, A.G., and Petreshock, T. Modeling Fatigue Loads for Steel Bridges. *Transportation Research Record* 1275. (1993) : 23-26.
25. Wolchuk, R. Lessons from Weld Crack in Orthotropic Deck on Three European Bridges. *Journal of Structural Engineering* Vol.116 No.1 (1990) : 75-84.
26. Zuraski, P.D., *Service Performance of Steel Bridges Compared to Fatigue-Life Predictions*. *Journal of Structural Engineering* Vol.119 No.10 (1993) : 3056-3068.
27. Zwememan, F.J., and Frank, K.H. Fatigue Damage under Variable Amplitude Loads. *Journal of Structural Engineering* Vol.114 No.1 (1988) : 67-83.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก
ค่าที่ใช้ในการปรับแก้โมดูลส์หน้าตัด

ก-1 โมดูลส์หน้าตัดจากแบบการก่อสร้าง

การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์จำเป็นที่จะต้องแปลงค่าความเค้นที่ทำการตรวจวัดได้จากรถที่แล่นผ่านมาเป็นค่าน้ำหนักของรถ หรือในการหาค่าความเค้นจากตัวถนนน้ำหนักเพื่อที่จะนำไปใช้ในการประเมินอายุการใช้งานของสะพานนั้น จำเป็นที่จะต้องทราบค่าโมดูลส์ของหน้าตัด และในโครงสร้างของสะพานจริง การรับแรงของชิ้นส่วนของสะพานมีความซับซ้อน และเพื่อเป็นการสะดวกในการพิจารณาจากแบบก่อสร้าง จะทำการพิจารณาเพียงชิ้นส่วนที่มีความสำคัญต่อการรับแรงดัด ทั้ง 5 ชิ้นดังแสดงในรูปที่ ก-1 และในชิ้นส่วนที่พิจารณาจะไม่คำนึงถึงผลของผิวทางของคอนกรีต และขอบกันของสะพาน

การคำนวณหาค่าโมดูลส์หน้าตัดของสะพานจากแบบการก่อสร้างทั้ง 5 สะพานสามารถแสดงได้ดังตารางที่ ก-1 โดยมีขั้นตอนการคำนวณดังนี้

- ช่องที่ 1 ลำดับของชิ้นส่วน
- ช่องที่ 2 จำนวนของชิ้นส่วน
- ช่องที่ 3 ความกว้าง
- ช่องที่ 4 ความหนา
- ช่องที่ 5 ระยะจากจุดกึ่งกลางของชิ้นส่วนถึงเส้นข้างอิง
- ช่องที่ 6 พื้นที่ต่อชิ้นส่วน
- ช่องที่ 7 พื้นที่ทั้งหมด (ช่องที่ 2 คูณกับช่องที่ 6)
- ช่องที่ 8 พื้นที่คูณกับระยะจากเส้นข้างอิง (ช่องที่ 5 คูณกับช่องที่ 8)
- ช่องที่ 9 ระยะกึ่งกลางของหน้าตัดทั้งหมดถึงเส้นข้างอิง (ผลรวมของช่องที่ 8 หารด้วยผลรวมของช่องที่ 7)
- ช่องที่ 10 ค่าโมเมนต์ความเฉื่อย ($b \times t^3 / 12$)
- ช่องที่ 11 ผลรวมของโมเมนต์ความเฉื่อย
- ช่องที่ 12 ระยะจากกึ่งกลางของชิ้นส่วนถึงจุดกึ่งกลางของชิ้นส่วนทั้งหมด
- ช่องที่ 13 ช่องที่ 7 คูณด้วยช่องที่ 12 ยกกำลังสอง
- ช่องที่ 14 โมเมนต์ความเฉื่อยรอบแกนกึ่งกลางของหน้าตัด
- ช่องที่ 15 ระยะห่างจากแกนสะเทินถึงผิวล่างของหน้าตัด
- ช่องที่ 16 โมดูลส์หน้าตัดที่ได้จากแบบก่อสร้าง

ก-2 โมดูลีสหน้าตัดที่ได้จากการตรวจวัด

ค่าโมดูลีสหน้าตัดที่คำนวณได้จากแบบก่อสร้างจะมีความคลาดเคลื่อนกับค่าโมดูลีสหน้าตัดที่เกิดขึ้นเนื่องจากโครงสร้างจริง ดังนั้นจึงต้องมีการปรับแก้ค่าโมดูลีสหน้าตัดที่ได้จากแบบก่อสร้างให้มีค่าใกล้เคียงกับพฤติกรรมที่เกิดขึ้นจริงให้มากที่สุด

ก-2.1 การทดสอบพลศาสตร์ (Dynamic test)

การทดสอบพลศาสตร์เป็นการทดสอบเพื่อดูพฤติกรรมการกระจายแรงของสะพาน B2 และดูความสัมพันธ์ของความเค้นที่เกิดขึ้นกับน้ำหนักรถที่ใช้ในการทดสอบ โดยมีขั้นตอนการทดสอบดังนี้คือ นำรถบรรทุกสิบล้อที่ทราบน้ำหนักวิ่งผ่านบนสะพานด้วยความเร็วที่แตกต่างกันคือ ที่ความเร็ว 5 15 30 60 และ 100 กม./ชม. และรถบรรทุกทดสอบมีน้ำหนักรวม 21 ตัน โดยมีการกระจายน้ำหนักลงเพลาน้ำเป็น 5.5 ตันและเพลาคู่หลังเพลาลง 7.75 ตัน ซึ่งน้ำหนักที่ลงเพลาดังกล่าวสามารถคำนวณหาค่าตัวประกอบโมเมนต์ดัดสูงสุดที่เกิดขึ้นที่กึ่งกลางสะพานได้เป็น

$$m_{\text{test truck}} = 25 \cdot L - 78.333 \quad \text{หน่วยน้ำหนัก-ชม.} \quad (\text{ก-1})$$

โดยมีตำแหน่งของเพลาน้ำเหมือนกับรถบรรทุก 10 ล้อ และเมื่อสะพาน B2 มีความยาวช่วงสะพานเป็น 35 เมตรดังนั้นจะได้

$$m_{\text{test truck}} = 796.667 \quad \text{หน่วยน้ำหนัก-ชม.}$$

ก-2.2 การกระจายด้านข้าง

การกระจายด้านข้างที่เกิดขึ้นจริงที่คานตัวนอก(L_e) สามารถหาได้จากความเครียดที่เกิดขึ้นจากการทดสอบพลศาสตร์ซึ่งได้ทำการวัดความเครียดที่คานทุกตัว เมื่อรถแล่นผ่านก็สามารถทราบการกระจายดังรูปที่ ก-2 ซึ่งเป็นสัญญาณความเครียดที่เกิดขึ้นกับคานแต่ละตัว และจากความเร็วต่าง ๆ ที่ใช้ในการทดสอบสามารถนำมาคำนวณค่าความเค้นเทียบเท่าสถิตศาสตร์ได้ดังรูปที่ ก-3 และเมื่อทำการกรองกรองสัญญาณทุก ๆ ความเร็วจะได้ความเค้นเสมือนสถิตศาสตร์ดังตารางที่ ก-2 และเนื่องจากการกระจายแรงด้านข้างลงคานแต่ละตัวในแต่ละความเร็วนั้นมีลักษณะเป็นเส้นตรง ดังนั้นจึงทำการปรับภาพซึ่งจะได้ความเค้นสถิตศาสตร์เฉลี่ยในคานแต่ละตัวและอัตราส่วนการกระจายลงคานแต่ละตัวดังรูปที่ ก-4

ก-2.3 โมดูลสหน้าตัดที่เกิดขึ้นจริง

จากสมการที่ (3-7) สามารถเปลี่ยนได้เป็น

$$Z = \frac{W_{\text{test truck}} \cdot m_{\text{test truck}} \cdot Le}{S_{\text{test truck}}} \quad (n-2)$$

แทนค่าตัวแปรต่าง ๆ ดังนี้คือ

W	=	21000	กก.
$m_{\text{test truck}}$	=	796.667	หน่วยน้ำหนัก-ชม.
Le	=	0.476	
S	=	410.795	กก./ตร.ชม.

จะได้ค่าโมดูลสหน้าตัดที่เกิดขึ้นจริงเป็น

$$Z = 19385.541 \text{ ชม.}^3$$

ก-3 ค่าปรับแก้โมดูลสหน้าตัด

จากการทดสอบพลศาสตร์สามารถคำนวณค่าโมดูลสหน้าตัดได้เป็น 19385.541 ชม.³ แต่จากแบบที่ใช้ในการก่อสร้างได้ค่าโมดูลสหน้าตัด 21668.482 ชม.³ ดังนั้นจะต้องใช้ค่าปรับแก้เป็น 0.895 เพื่อปรับแก้ค่าโมดูลสหน้าตัดที่ได้จากแบบก่อสร้างให้เป็นค่าโมดูลสหน้าตัดตามพฤติกรรมที่เกิดขึ้นจริงกับโครงสร้างสะพาน และจะใช้ค่านี้ในการปรับแก้ค่าโมดูลสหน้าตัดกับสะพานอื่น ๆ ซึ่งจะได้ค่าโมดูลสหน้าตัดที่ปรับแก้แล้วดังตารางที่ ก-3

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2-1 ค่า K สำหรับแต่ละรูปแบบของรอยเชื่อม

Detail Category	Intercept on Nominal S-N Curve A	Detail Constant, K	Limiting Stress Range (ksi)
A	2.500×10^{10}	68	8.8
B	1.191×10^{10}	33	5.9
B'	6.109×10^{10}	17	4.4
C	4.446×10^{10}	12	3.7
D	2.183×10^{10}	6.0	2.6
E	1.072×10^{10}	2.9	1.6
E'	3.908×10^{10}	1.1	0.9

ตารางที่ 2-2 ค่าสัมประสิทธิ์ D

Span Length		D
(feet)	(metres)	
30 or less	9.14 or less	17
40	12.19	19
60	18.29	20
90	27.43	22
120 or more	36.57 or more	23

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3-1 รายงานสรุปการสำรวจเบื้องต้นของสะพานทั้ง 5 สะพานที่ทำการศึกษา

ชื่อสะพาน	B 1	B 2	B 3	B 4	B 5
-----------	-----	-----	-----	-----	-----

1.) ลักษณะของสะพาน

Main span	M(1)-P(8)-50	M-P(8)-35	M(1)-P(4)-35 M(2)-P(8)-30	M-P(8)-35	M(1)-P(8)-45 M(2)-P(8)-50 M(3,4,5)-P(8)-45
Approach Span	A-P(8)-25	A-P(8)-25	A-P(8)-25	A(1)-P(3)-25 A(2)-P(6)-25	A-P(8)-25

2.) ปริมาณการจราจร

จำนวนช่องทาง	ไป 2 กลับ 2	ไป 2 กลับ 2	ไป 2 กลับ 2	ไป 2 กลับ 2	ไป 1+-1 กลับ 1+-1
ปริมาณรถ	B	B+	C+	B+	A

3.) การติดตั้ง strain gage เรียงลำดับจาก ง่ายไปหายาก A → E ตามลำดับ

การเดินสายไฟ	B+	C+	B+	B+	B+
การทำงานของคอนกรีต	B+	C+	B+	B+	B+
รอยร้าวซึม ของน้ำ	B+	B+	B+	B+	B+

4.) การวางตู้เคบิน เรียงลำดับจาก ดี ไป ไม่ดี A → E ตามลำดับ

พื้นที่สำหรับวาง	A	A	A	A (ถ้าเอาต้นไม้ออก)	A
ความปลอดภัย จาก					
# โจร, ผู้ร้าย	B	B	B	B	B
# การโดนรถชน	A	A	A	A	A

5.) การติดตั้งกล่อง VDO เรียงลำดับจาก ดี ไป ไม่ดี A → E ตามลำดับ

สถานที่ติดตั้งกล่อง	อาคารก่อสร้าง 12 ชั้น ของ บ. แสงทวี	ตึกข้าง ชั้นที่ 7, 22	ร.พ. เกษมราษฎร์	สถานีตำรวจดับ เพลิงบางซื่อ ชั้น ที่ 7	ตึกข้าง 4 ชั้น บริเวณ สามแยกเกษตร
รูปกล่อง	M-P(N.A.)	ALL (B+)	ALL (B+)	ALL (A)	M-P2 (A)
ความปลอดภัย	D	A	B+	C+	อันตรายมาก

ตารางที่ 3-2 แสดงคุณสมบัติของสเตรนเกจ (strain gage) ที่ใช้ในการศึกษา

Type	Cu-Ni Foil Gage with Epoxy Backing
Gage Pattern	Single Element
Gage Resistant	120 Ohm.
Gage Factor	2.13
Gage Length	5 mm.
Gage Width	1.5 mm.
Self-temperature Compensated for Mild Steel (10 – 80 °C)	



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3-3 แสดงความเค้นประสิทธิผล ตัวประกอบการขยายพลวัต และน้ำหนักของรถแต่ละประเภท

ประเภทรถ	สะพาน B1			สะพาน B2			สะพาน B3		
	Se_k กก. / ซม. ²	DAF_k	We_k กก.	Se_k กก. / ซม. ²	DAF_k	We_k กก.	Se_k กก. / ซม. ²	DAF_k	We_k กก.
รถบรรทุกหนัก	161.59	1.11	9305	223.60	1.17	10283	184.44	1.16	10094
รถบัส	189.08	1.09	11636	254.50	1.11	13198	177.24	1.08	11355
รถบรรทุกสิบล้อ	304.91	1.07	18345	453.27	1.12	22332	319.38	1.14	18255
รถบรรทุกกึ่งพ่วง	602.23	1.04	41954	624.54	1.06	39294	296.46	1.12	21769
รถบรรทุกพ่วง	815.69	1.02	57448	876.82	1.05	54022	587.53	1.09	42691

ประเภทรถ	สะพาน B4			สะพาน B5		
	Se_k กก. / ซม. ²	DAF_k	We_k กก.	Se_k กก. / ซม. ²	DAF_k	We_k กก.
รถบรรทุกหนัก	247.29	1.21	11010	137.91	1.15	9384
รถบัส	259.35	1.13	13249	171.03	1.12	12550
รถบรรทุกสิบล้อ	480.41	1.21	21889	253.44	1.09	18422
รถบรรทุกกึ่งพ่วง	613.52	1.12	36288	407.43	1.06	35045
รถบรรทุกพ่วง	922.76	1.09	54562	508.29	1.06	43051

ตารางที่ 3-4 แสดงการประเมินอายุการใช้งานของสะพานเหล็กจากข้อมูลความเครียดที่ได้จากการตรวจวัด

สะพาน	B1	B2	B3	B4	B5
ความเค้นประสิทธิผล, S_e (ksi ,(ksc))	4.49 (315.58)	3.98 (276.13)	2.99 (210.36)	4.28 (301.28)	2.38 (167.57)
Ta (passage / day / lane)	274	757	513	585	312
Category of weld joint	B'	B'	B'	B'	B'
K	17	17	17	17	17
C (cycle / truck passage)	1	1	1	1	1
อายุการใช้งาน (ปี)	684	371	1180	369	1894

ตารางที่ 3-5 แสดงค่าตัวประกอบโมเมนต์ดัดที่กลางคานและอัตราส่วนความเสียหายเมื่อเปรียบเทียบกับรถบรรทุกของ AASHTO ในสะพาน B1

โมเมนต์ดัด	รถบรรทุก 6 ล้อ	รถบัส	รถบรรทุก 10 ล้อ	รถบรรทุก กึ่งพวง	รถบรรทุก พวง	รถบรรทุก AASHTO
M (unit weight-m)	25L-54.375	25L-110.250	25L-70.833	25L-210.267	25L-190.663	25L-226.107
M (kg-m)	143475	159565	247625	313999	415260	250791
Ratio ³	0.187	0.258	0.962	1.963	4.540	1

ตารางที่ 3-6 แสดงปริมาณการจราจรเฉลี่ยต่อวันต่อช่องทางจราจรด้านนอกจากการตรวจนับและจากรถบรรทุกมาตรฐาน AASHTO ของสะพาน B1

ปริมาณรถ	รถบรรทุก 6 ล้อ	รถบัส	รถบรรทุก 10 ล้อ	รถบรรทุก กึ่งพวง	รถบรรทุก พวง	รวม
Ratio ³	0.187	0.258	0.962	1.963	4.54	
Ta จากการตรวจนับ	328	220	53	4	18	623
Ta modified	61	57	51	8	82	259

ตารางที่ 3-7 แสดงการประเมินอายุการใช้งานของสะพานเหล็กตามมาตรฐานของ AASHTO

ตัวแปร	B1	B2	B3	B4	B5
ความยาวช่วงสะพาน (m.)	50	35	30	35	45
D	23	22	22	22	23
ตัวประกอบการกระจายด้านข้าง	0.471	0.439	0.439	0.439	0.480
ตัวประกอบการกระจาย	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20
Z modified	36037	19386	19386	19386	40178
โมเมนต์ดัดมากที่สุด (kg.-m.)					
Fatigue truck	250791	158939	128321	158939	220174
รถบรรทุก 6 ล้อ	143475	98475	83475	98475	128475
รถบัส	159565	107065	89565	107065	142065
รถบรรทุก 10 ล้อ	247625	168875	142625	168875	221375
รถบรรทุกกึ่งพ่วง	313999	200749	162999	200749	276249
รถบรรทุกพ่วง	415260	268260	219260	268260	366260
โมเมนต์ดัดมากที่สุดที่คานตัวนอก (kg.-m.)					
Fatigue truck	141760	83642	67529	83642	126915
รถบรรทุก 6 ล้อ	81099	51822	43929	51822	74057
รถบัส	90194	56343	47134	56343	81890
รถบรรทุก 10 ล้อ	139970	88871	75056	88871	127607
รถบรรทุกกึ่งพ่วง	177488	105644	85778	105644	159238
รถบรรทุกพ่วง	234726	141172	115386	141172	211123
ช่วงความเค้น (ksc.)					
Fatigue truck	393.38	431.46	348.35	431.46	315.88
รถบรรทุก 6 ล้อ	225.05	267.33	226.61	267.33	184.32
รถบัส	250.28	290.64	243.14	290.64	203.82
รถบรรทุก 10 ล้อ	388.41	458.44	387.18	458.44	317.60
รถบรรทุกกึ่งพ่วง	492.52	544.96	442.49	544.96	396.33
รถบรรทุกพ่วง	651.35	728.23	595.21	728.23	525.47

ตารางที่ 3-7 แสดงการประเมินอายุการใช้งานของสะพานเหล็กตามมาตรฐานของ AASHTO (ต่อ)

ตัวแปร	B1	B2	B3	B4	B5
Ta จากการศึกษาจราจร (passage/day/lane)					
รถบรรทุก 6 ล้อ	328	654	917	860	371
รถบัส	220	289	157	123	254
รถบรรทุก 10 ล้อ	53	57	56	42	33
รถบรรทุกกึ่งพ่วง	4	3	5	4	2
รถบรรทุกพ่วง	18	4	9	6	3
ค่าปรับแก้ Ta					
รถบรรทุก 6 ล้อ	0.187	0.238	0.275	0.238	0.199
รถบัส	0.258	0.306	0.340	0.306	0.269
รถบรรทุก 10 ล้อ	0.963	1.200	1.373	1.200	1.016
รถบรรทุกกึ่งพ่วง	1.963	2.015	2.050	2.015	1.975
รถบรรทุกพ่วง	4.540	4.808	4.989	4.808	4.603
Ta สำหรับรถบรรทุกของ AASHTO					
รถบรรทุก 6 ล้อ	61	156	252	205	74
รถบัส	57	88	53	38	68
รถบรรทุก 10 ล้อ	51	68	77	50	34
รถบรรทุกกึ่งพ่วง	8	6	10	8	4
รถบรรทุกพ่วง	82	19	45	29	14
Ta รวม (passage/day/lane)	259	338	438	329	193
K	17	17	17	17	17
C (cycle/truck passage)	1	1	1	1	1
อายุการใช้งานของสะพาน (ปี)	375	218	319	223	970

ตารางที่ 4-1 เปรียบเทียบอายุการใช้งานของสะพานเหล็กจากการตรวจวัดความเครียดและจากมาตรฐานของ AASHTO

สะพาน	อายุการใช้งาน (ปี) จากการตรวจวัดความเครียด	อายุการใช้งาน (ปี) จากมาตรฐานของ AASHTO	ความคลาดเคลื่อน (%)
B1	684	375	45.2
B2	371	218	41.2
B3	1180	319	73.0
B4	369	223	39.6
B5	1894	970	48.8

ตารางที่ 4-2 แสดงตัวแทนน้ำหนักและตัวประกอบการขยายผลที่ได้จากแบบจำลองที่ 1

ประเภทรถ	WD' (kg.)	DAF'	W ₁ ' (kg.)
รถบรรทุก 6 ล้อ	12066	1.18	10243
รถบัส	13776	1.11	12411
รถบรรทุก 10 ล้อ	21732	1.12	19335
รถบรรทุกกึ่งพ่วง	25737	1.10	23504
รถบรรทุกพ่วง	56850	1.04	54928

ตารางที่ 4-3 แสดงตัวแทนน้ำหนักที่ประเมินจากแบบจำลองที่ 2 และจากแบบจำลองที่ 3

ประเภทรถ	ขอบเขตบน	ขอบเขตล่าง	W ₂ (kg.)	W ₃ (kg.)
รถบรรทุก 6 ล้อ	13482	7004	10141	8396
รถบัส	14817	10005	13818	12326
รถบรรทุก 10 ล้อ	26655	12015	12015	17830
รถบรรทุกกึ่งพ่วง	37332	9676	9676	30225
รถบรรทุกพ่วง	70666	39189	39189	47065

ตารางที่ 4-4 แสดงการประเมินอายุการใช้งานของสะพานเหล็กจากข้อมูลความเค้นจากการตรวจวัด

ประเภทรถ	ความถี่ (f)	W (kg.)	DAF	S (ksc.)	Se (ksc.)	อายุการใช้งาน (ปี)	Damage ratio normalize	DY (ปี)
สะพาน B1								
รถบรรทุก 6 ล้อ	0.454	9206	1.11	161.59	315.58	684	0.06	42
รถบัส	0.394	11512	1.09	189.08			0.08	58
รถบรรทุก 10 ล้อ	0.106	18150	1.07	304.91			0.10	65
รถบรรทุกกึ่งพ่วง	0.004	41954	1.05	602.23			0.03	17
รถบรรทุกพ่วง	0.042	56838	1.03	815.69			0.73	502
สะพาน B2								
รถบรรทุก 6 ล้อ	0.596	9474	1.17	223.60	276.13	371	0.32	117
รถบัส	0.337	12157	1.11	254.50			0.26	98
รถบรรทุก 10 ล้อ	0.060	20570	1.12	453.27			0.26	98
รถบรรทุกกึ่งพ่วง	0.003	36194	1.06	624.54			0.04	14
รถบรรทุกพ่วง	0.004	49761	1.05	876.83			0.12	44
สะพาน B3								
รถบรรทุก 6 ล้อ	0.694	9298	1.16	184.44	210.36	1181	0.47	552
รถบัส	0.219	10459	1.08	177.24			0.13	155
รถบรรทุก 10 ล้อ	0.075	16815	1.14	319.28			0.26	310
รถบรรทุกกึ่งพ่วง	0.006	20051	1.12	296.46			0.02	20
รถบรรทุกพ่วง	0.006	39323	1.09	587.53			0.12	144

ตารางที่ 4-4 แสดงการประเมินอายุการใช้งานของสะพานเหล็กจากข้อมูลความเครียดจากการตรวจวัด (ต่อ)

ประเภทรถ	ความถี่ (ก)	W (kg.)	DAF	S (ksc.)	Se (ksc.)	อายุการใช้งาน (ปี)	Damage ratio normalize	DY (ปี)
สะพาน B4								
รถบรรทุก 6 ล้อ	0.783	10142	1.21	247.29	301.28	369	0.43	160
รถบัส	0.154	12204	1.13	259.35			0.10	36
รถบรรทุก 10 ล้อ	0.051	20162	1.21	480.41			0.21	76
รถบรรทุกกึ่งพ่วง	0.004	33426	1.12	613.52			0.03	12
รถบรรทุกพ่วง	0.008	50257	1.09	922.76			0.23	85
สะพาน B5								
รถบรรทุก 6 ล้อ	0.467	9468	1.15	137.91	167.57	1894	0.26	494
รถบัส	0.502	12662	1.12	171.03			0.53	1010
รถบรรทุก 10 ล้อ	0.025	18587	1.09	253.44			0.09	161
รถบรรทุกกึ่งพ่วง	0.004	35358	1.06	407.43			0.06	116
รถบรรทุกพ่วง	0.002	43436	1.06	508.29			0.06	113

ตารางที่ 4-5 แสดงการประเมินอายุการใช้งานของสะพานเหล็กจากแบบจำลองที่ 1

ประเภทรถ	จำนวนรถ จากการตรวจนับ(คัน)	ความถี่ (f)	W' (kg.)	DAF'	S' (ksc.)	Se' (ksc.)	อายุการใช้งาน (ปี)	Damage ratio normalize	DY (ปี)
สะพาน B1									
รถบรรทุก 6 ล้อ	328	0.526	10243	1.18	188.52	289.08	393	0.15	57
รถบัส	220	0.353	12411	1.11	205.26			0.13	50
รถบรรทุก 10 ล้อ	53	0.085	19335	1.12	334.94			0.13	52
รถบรรทุกกึ่งพ่วง	4	0.006	23504	1.09	349.68			0.01	4
รถบรรทุกพ่วง	18	0.029	54928	1.04	787.42			0.58	229
สะพาน B2									
รถบรรทุก 6 ล้อ	654	0.649	10243	1.18	224.01	259.95	334	0.42	139
รถบัส	289	0.287	12411	1.11	238.35			0.22	74
รถบรรทุก 10 ล้อ	57	0.057	19335	1.12	395.32			0.20	66
รถบรรทุกกึ่งพ่วง	3	0.003	23504	1.09	386.91			0.01	3
รถบรรทุกพ่วง	4	0.004	54928	1.04	880.36			0.15	52
สะพาน B3									
รถบรรทุก 6 ล้อ	917	0.802	10243	1.18	189.89	225.48	451	0.48	216
รถบัส	157	0.137	12411	1.11	199.39			0.09	43
รถบรรทุก 10 ล้อ	56	0.049	19335	1.12	333.87			0.16	72
รถบรรทุกกึ่งพ่วง	5	0.004	23504	1.09	314.16			0.01	5
รถบรรทุกพ่วง	9	0.008	54928	1.04	719.55			0.26	115

ตารางที่ 4-5 แสดงการประเมินอายุการใช้งานของสะพานเหล็กจากแบบจำลองที่ 1 (ต่อ)

ประเภทรถ	จำนวนรถ จากการตรวจนับ(คัน)	ความถี่ (f)	W' (kg.)	DAF'	S' (ksc.)	Se' (ksc.)	อายุการใช้งาน (ปี)	Damage ratio normalize	DY (ปี)
สะพาน B4									
รถบรรทุก 6 ล้อ	860	0.831	10243	1.18	224.01	260.29	324	0.53	171
รถบัส	123	0.119	12411	1.11	238.35			0.09	30
รถบรรทุก 10 ล้อ	42	0.041	19335	1.12	395.32			0.14	46
รถบรรทุกกึ่งพ่วง	4	0.004	23504	1.09	386.91			0.01	4
รถบรรทุกพ่วง	6	0.006	54928	1.04	880.36			0.22	73
สะพาน B5									
รถบรรทุก 6 ล้อ	371	0.560	10243	1.18	154.48	182.75	1460	0.34	493
รถบัส	254	0.383	12411	1.11	167.18			0.29	428
รถบรรทุก 10 ล้อ	33	0.050	19335	1.12	273.93			0.17	245
รถบรรทุกกึ่งพ่วง	2	0.003	23504	1.09	281.44			0.01	16
รถบรรทุกพ่วง	3	0.005	54928	1.04	635.35			0.19	278

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4-6 แสดงการประเมินอายุการใช้งานของสะพานเหล็กจากแบบจำลองที่ 2

ประเภทรถ	จำนวนรถ จากการตรวจนับ(คัน)	ความถี่ (ก)	W' (kg.)	DAF'	S' (ksc.)	Se' (ksc.)	อายุการใช้งาน (ปี)	Damage ratio normalize	DY (ปี)
สะพาน B1									
รถบรรทุก 6 ล้อ	328	0.526	10141	1.18	186.66	238.39	700	0.25	177
รถบัส	220	0.353	13818	1.11	228.52			0.31	218
รถบรรทุก 10 ล้อ	53	0.085	12015	1.12	208.13			0.06	40
รถบรรทุกกึ่งพ่วง	4	0.006	9676	1.09	143.96			0.00	1
รถบรรทุกพ่วง	18	0.029	39189	1.04	561.80			0.38	265
สะพาน B2									
รถบรรทุก 6 ล้อ	654	0.649	10141	1.18	221.79	242.63	411	0.50	204
รถบัส	289	0.287	13818	1.11	265.37			0.38	154
รถบรรทุก 10 ล้อ	57	0.057	12015	1.12	245.66			0.06	24
รถบรรทุกกึ่งพ่วง	3	0.003	9676	1.09	159.28			0.00	0
รถบรรทุกพ่วง	4	0.004	39189	1.04	628.11			0.07	28
สะพาน B3									
รถบรรทุก 6 ล้อ	917	0.802	10141	1.18	188.00	202.79	619	0.64	396
รถบัส	157	0.137	13818	1.11	222.00			0.18	112
รถบรรทุก 10 ล้อ	56	0.049	12015	1.12	207.47			0.05	32
รถบรรทุกกึ่งพ่วง	5	0.004	9676	1.09	129.33			0.00	1
รถบรรทุกพ่วง	9	0.008	39189	1.04	513.38			0.13	79

ตารางที่ 4-6 แสดงการประเมินอายุการใช้งานของสะพานเหล็กจากแบบจำลองที่ 2 (ต่อ)

ประเภทรถ	จำนวนรถ จากการตรวจนับ(คัน)	ความถี่ (f)	W' (kg.)	DAF'	S' (ksc.)	Se' (ksc.)	อายุการใช้งาน (ปี)	Damage ratio normalize	DY (ปี)
สะพาน B4									
รถบรรทุก 6 ล้อ	860	0.831	10141	1.18	221.79	237.16	428	0.68	291
รถบัส	123	0.119	13818	1.11	265.37			0.17	71
รถบรรทุก 10 ล้อ	42	0.041	12015	1.12	245.66			0.05	19
รถบรรทุกกึ่งพ่วง	4	0.004	9676	1.09	159.28			0.00	1
รถบรรทุกพ่วง	6	0.006	39189	1.04	628.11			0.11	46
สะพาน B5									
รถบรรทุก 6 ล้อ	371	0.560	10141	1.18	152.95	172.63	1732	0.39	674
รถบัส	254	0.383	13818	1.11	186.13			0.48	832
รถบรรทุก 10 ล้อ	33	0.050	12015	1.12	170.22			0.05	83
รถบรรทุกกึ่งพ่วง	2	0.003	9676	1.09	115.86			0.00	2
รถบรรทุกพ่วง	3	0.005	39189	1.04	453.30			0.08	142

ตารางที่ 4-7 แสดงการประเมินอายุการใช้งานของสะพานเหล็กจากแบบจำลองที่ 3

ประเภทรถ	จำนวนรถ จากการตรวจนับ(คัน)	ความถี่ (f)	W' (kg.)	DAF'	S' (ksc.)	Se' (ksc.)	อายุการใช้งาน (ปี)	Damage ratio normalize	DY (ปี)
สะพาน B1									
รถบรรทุก 6 ล้อ	328	0.526	8396	1.18	154.54	256.62	561	0.11	65
รถบัส	220	0.353	12326	1.11	203.85			0.18	99
รถบรรทุก 10 ล้อ	53	0.085	17830	1.12	308.87			0.15	83
รถบรรทุกกึ่งพ่วง	4	0.006	30225	1.09	449.68			0.03	19
รถบรรทุกพ่วง	18	0.029	47065	1.04	674.71			0.53	295
สะพาน B2									
รถบรรทุก 6 ล้อ	654	0.649	8396	1.18	183.62	232.96	464	0.32	148
รถบัส	289	0.287	12326	1.11	236.72			0.30	140
รถบรรทุก 10 ล้อ	57	0.057	17830	1.12	364.55			0.22	101
รถบรรทุกกึ่งพ่วง	3	0.003	30225	1.09	497.55			0.03	13
รถบรรทุกพ่วง	4	0.004	47065	1.04	754.34			0.13	63
สะพาน B3									
รถบรรทุก 6 ล้อ	917	0.802	8396	1.18	155.65	197.03	675	0.40	267
รถบัส	157	0.137	12326	1.11	198.03			0.14	94
รถบรรทุก 10 ล้อ	56	0.049	17830	1.12	307.88			0.19	126
รถบรรทุกกึ่งพ่วง	5	0.004	30225	1.09	403.99			0.04	25
รถบรรทุกพ่วง	9	0.008	47065	1.04	616.55			0.24	163

ตารางที่ 4-7 แสดงการประเมินอายุการใช้งานของสะพานเหล็กจากแบบจำลองที่ 3 (ต่อ)

ประเภทรถ	จำนวนรถ จากการตรวจนับ(คัน)	ความถี่ (f)	W' (kg.)	DAF'	S' (ksc.)	Se' (ksc.)	อายุการใช้งาน (ปี)	Damage ratio normalize	DY (ปี)
สะพาน B4									
รถบรรทุก 6 ล้อ	860	0.831	8396	1.18	183.62	226.70	490	0.44	216
รถบัส	123	0.119	12326	1.11	236.72	0.14		66	
รถบรรทุก 10 ล้อ	42	0.041	17830	1.12	364.55	0.17		83	
รถบรรทุกกึ่งพ่วง	4	0.004	30225	1.09	497.55	0.04		20	
รถบรรทุกพ่วง	6	0.006	47065	1.04	754.34	0.21		105	
สะพาน B5									
รถบรรทุก 6 ล้อ	371	0.560	8396	1.18	126.63	165.89	1952	0.25	486
รถบัส	254	0.383	12326	1.11	166.03	0.38		750	
รถบรรทุก 10 ล้อ	33	0.050	17830	1.12	252.60	0.18		343	
รถบรรทุกกึ่งพ่วง	2	0.003	30225	1.09	361.92	0.03		61	
รถบรรทุกพ่วง	3	0.005	47065	1.04	544.41	0.16		312	

ตารางที่ 4-8 แสดงเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของอายุการใช้งานที่ประเมินได้จากวิธีต่าง ๆ เทียบกับอายุการใช้งานที่ประเมินได้จากมาตรฐานความเครียด

สะพาน	การประเมินอายุการใช้งานของสะพานเหล็ก (ปี) จาก								
	การตรวจวัด ความเครียด	มาตรฐาน AASHTO	ความคลาด เคลื่อน (%)	แบบจำลองที่ 1	ความคลาด เคลื่อน (%)	แบบจำลองที่ 2	ความคลาด เคลื่อน (%)	แบบจำลองที่ 3	ความคลาด เคลื่อน (%)
B1	684	375	45	393	43	700	-2	561	18
B2	371	218	41	334	10	411	-11	464	-25
B3	1181	319	73	451	62	619	48	675	43
B4	369	223	40	324	12	428	-16	490	-33
B5	1894	970	49	1460	23	1732	9	1952	-3

ตารางที่ 5-1 แสดงอัตราส่วนของผลคูณระหว่างค่า Ta กับ Se^3

สะพาน	$(Ta \cdot Se^3)_{AASHTO} / (Ta \cdot Se^3)_{Field\ data}$	$(Ta \cdot Se^3)_{Model\ 1} / (Ta \cdot Se^3)_{Field\ data}$
B1	1.82	1.74
B2	1.71	1.11
B3	3.70	2.62
B4	1.65	1.14
B5	4.13	2.75

ตารางที่ 5-2 แสดงความเสียหายที่เกิดเนื่องจากรถแต่ละประเภทและความคลาดเคลื่อนของอายุการใช้งานใน
สะพาน B1

ประเภทรถ	Damage Normalize		DY (ปี)		ผลต่างของ DY	ความคลาดเคลื่อน (%)
	การตรวจวัด	แบบจำลองที่ 2	การตรวจวัด	แบบจำลองที่ 2		
รถบรรทุก 6 ล้อ	0.06	0.25	42	177	-135	-20
รถบัส	0.08	0.31	58	218	-160	-23
รถบรรทุก 10 ล้อ	0.10	0.06	65	40	25	4
รถบรรทุกกึ่งพ่วง	0.03	0.00	17	1	16	2
รถบรรทุกพ่วง	0.73	0.38	502	265	237	35
Y จากการตรวจวัด	684				-2	
Y จากแบบจำลองที่ 2	700					

ตารางที่ ก-1 แสดงค่าโมเมนต์หน้าตัดของสะพาน

สะพาน B1

Member	Number	b cm.	t cm.	y_ref cm.	A cm. ²	Asum cm. ²	Asum*y_ref cm. ³	Ct. cm.	I cm. ⁴	Isum cm. ⁴	d cm.	Asum*d ² cm. ⁴	I cm. ⁴	Cb cm.	Z cm. ³
1	1	173.6	1.2	0.6	208.32	208.32	124.99	67.25	25.00	25.00	66.65	925342.88	925367.88	112.15	40280.56
2	1	1.9	25.0	13.7	47.50	47.50	650.75		2473.96	2473.96	53.55	138199.96	138673.92		
3	5			17.6	37.47	187.35	3295.49		2440.00	12200.00	49.66	461985.94	474185.94		
4	1	1.2	175.0	88.7	210.00	210.00	18627.00		535937.50	535937.50	21.45	96641.29	632578.79		
5	1	60.0	3.2	177.8	192.00	192.00	34137.60		163.84	163.84	110.55	2346583.20	2346747.04		

สะพาน B2

Member	Number	b cm.	t cm.	y_ref cm.	A cm. ²	Asum cm. ²	Asum*y_ref cm. ³	Ct. cm.	I cm. ⁴	Isum cm. ⁴	d cm.	Asum*d ² cm. ⁴	I cm. ⁴	Cb cm.	Z cm. ³
1	1	173.0	1.2	0.6	207.60	207.60	124.56	50.77	24.91	24.91	50.17	522603.14	522628.05	127.63	21668.48
2	1	1.9	25.0	13.7	47.50	47.50	650.75		2473.96	2473.96	37.07	65285.27	67759.23		
3	4			17.6	37.47	149.88	2636.39		2440.00	9760.00	33.18	165037.19	174797.19		
4	1	1.2	175.0	88.7	210.00	210.00	18627.00		535937.50	535937.50	37.93	302071.87	838009.37		
5	1	33.0	2.2	177.3	72.60	72.60	12871.98		29.28	29.28	126.53	1162254.53	1162283.81		

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก-1 แสดงค่าโมดูลัสหน้าตัดของสะพาน (ต่อ)

สะพาน B3

Member	Number	b cm.	t cm.	y _{ref} cm.	A cm. ²	Asum cm. ²	Asum*y _{ref} cm. ³	Cl cm.	I cm. ⁴	Isum cm. ⁴	d cm.	Asum*d ² cm. ⁴	I cm. ⁴	Cb cm.	Z cm. ³
1	1	173.0	1.2	0.6	207.60	207.60	124.56	50.77	24.91	24.91	50.17	522603.14	522628.05	127.63	21668.48
2	1	1.9	25.0	13.7	47.50	47.50	650.75		2473.96	2473.96	37.07	65285.27	67759.23		
3	4			17.6	37.47	149.88	2636.39		2440.00	9760.00	33.18	165037.19	174797.19		
4	1	1.2	175.0	88.7	210.00	210.00	18627.00		535937.50	535937.50	37.93	302071.87	838009.37		
5	1	33.0	2.2	177.3	72.60	72.60	12871.98		29.28	29.28	126.53	1162254.53	1162283.81		

สะพาน B4

Member	Number	b cm.	t cm.	y _{ref} cm.	A cm. ²	Asum cm. ²	Asum*y _{ref} cm. ³	Cl cm.	I cm. ⁴	Isum cm. ⁴	d cm.	Asum*d ² cm. ⁴	I cm. ⁴	Cb cm.	Z cm. ³
1	1	173.0	1.2	0.6	207.60	207.60	124.56	50.77	24.91	24.91	50.17	522603.14	522628.05	127.63	21668.48
2	1	1.9	25.0	13.7	47.50	47.50	650.75		2473.96	2473.96	37.07	65285.27	87759.23		
3	4			17.6	37.47	149.88	2636.39		2440.00	9760.00	33.18	165037.19	174797.19		
4	1	1.2	175.0	88.7	210.00	210.00	18627.00		535937.50	535937.50	37.93	302071.87	838009.37		
5	1	33.0	2.2	177.3	72.60	72.60	12871.98		29.28	29.28	126.53	1162254.53	1162283.81		

ตารางที่ ก-1 แสดงค่าโมเมนต์หน้าตัดของสะพาน (ต่อ)

สะพาน B5

Member	Number	b cm.	t cm.	y_ref cm.	A cm. ²	Asum cm. ²	Asum*y_ref cm. ³	Cl cm.	I cm. ⁴	Isum cm. ⁴	d cm.	Asum*d ² cm. ⁴	I cm. ⁴	Ob cm.	Z cm. ³
1	1	191.5	1.2	0.6	229.80	229.80	137.88	71.46	27.58	27.58	70.86	1153820.24	1153847.82	107.94	44909.74
2	1	1.9	25.0	13.7	47.50	47.50	650.75		2473.96	2473.96	57.76	158463.99	160937.95		
3	4			17.6	37.47	149.88	2636.39		2440.00	9760.00	53.87	434929.64	437369.64		
4	1	1.2	175.0	88.7	210.00	210.00	18627.00		535937.50	535937.50	17.24	62424.06	596361.56		
5	1	69.0	3.2	177.8	220.80	220.80	39258.24		188.42	188.42	106.34	2496903.86	2497092.28		

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

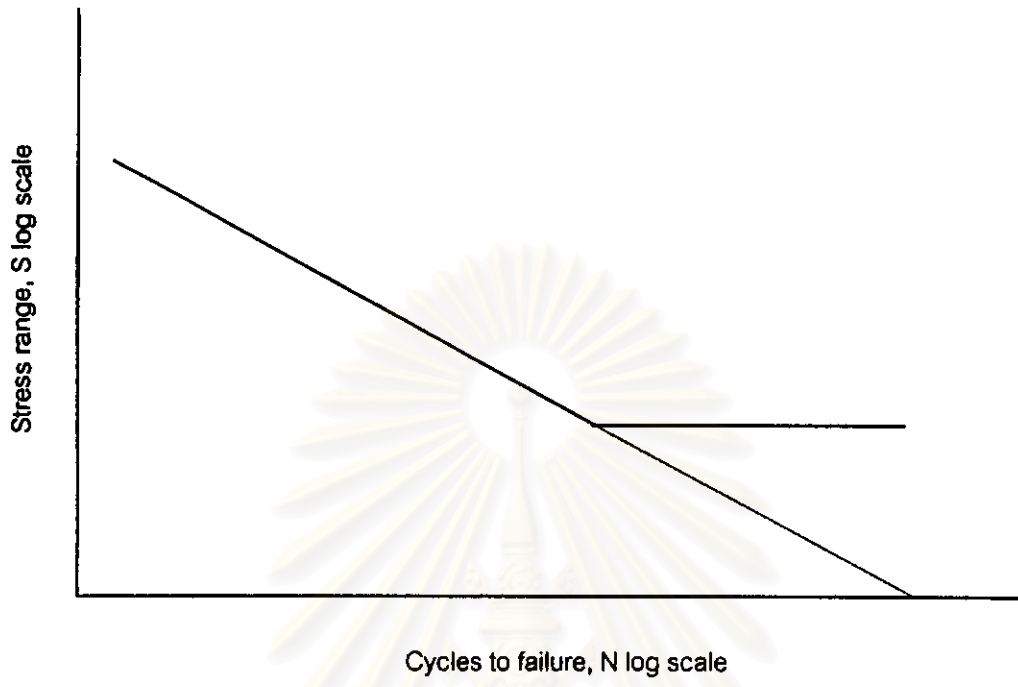
ตารางที่ ก-2 ภาพกระจายน้ำหนักลงคาน

คาน	ความเค้นเสมือนสถิตศาสตร์(ksc.)[ที่ความเร็วในการทดสอบ (km./hr.)]					ความเค้นที่ปรับแล้ว (ksc.)
	5	15	30	60	100	
G1	430.01	404.97	405.39	411.40	414.95	410.79
G2	279.59	272.84	271.68	271.43	272.32	280.74
G3	150.81	158.64	160.24	159.67	157.75	150.69
G4	8.32	17.81	20.98	16.533	16.86	20.64

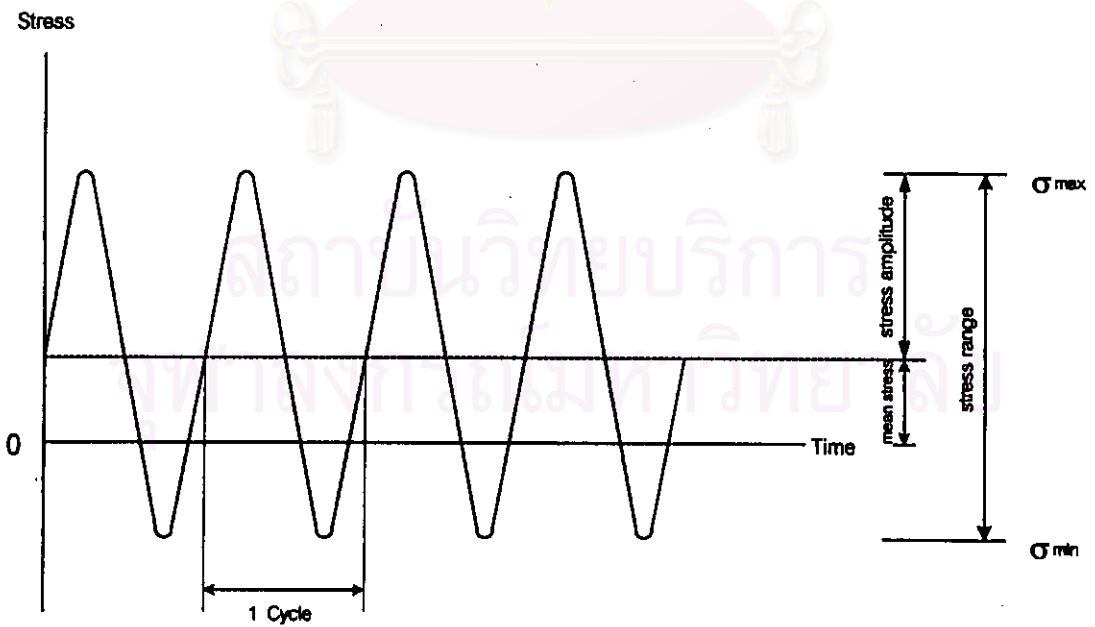
ตารางที่ ก-3 แสดงค่าโมดูลัสหน้าตัดที่ปรับแก้

สะพาน	โมดูลัสหน้าตัด (cm. ³)
B1	36036.70
B2	19385.54
B3	19385.54
B4	19385.54
B5	40178.15

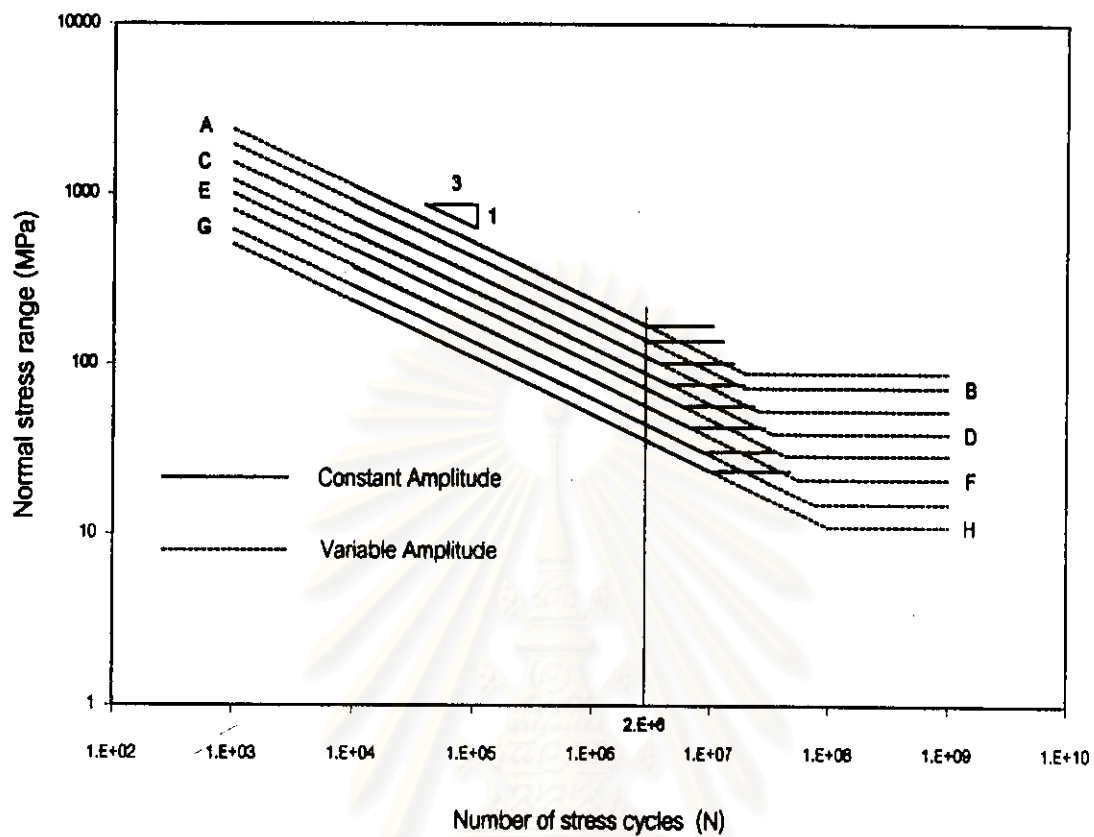
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 2-1 ตัวอย่างกราฟ S-N

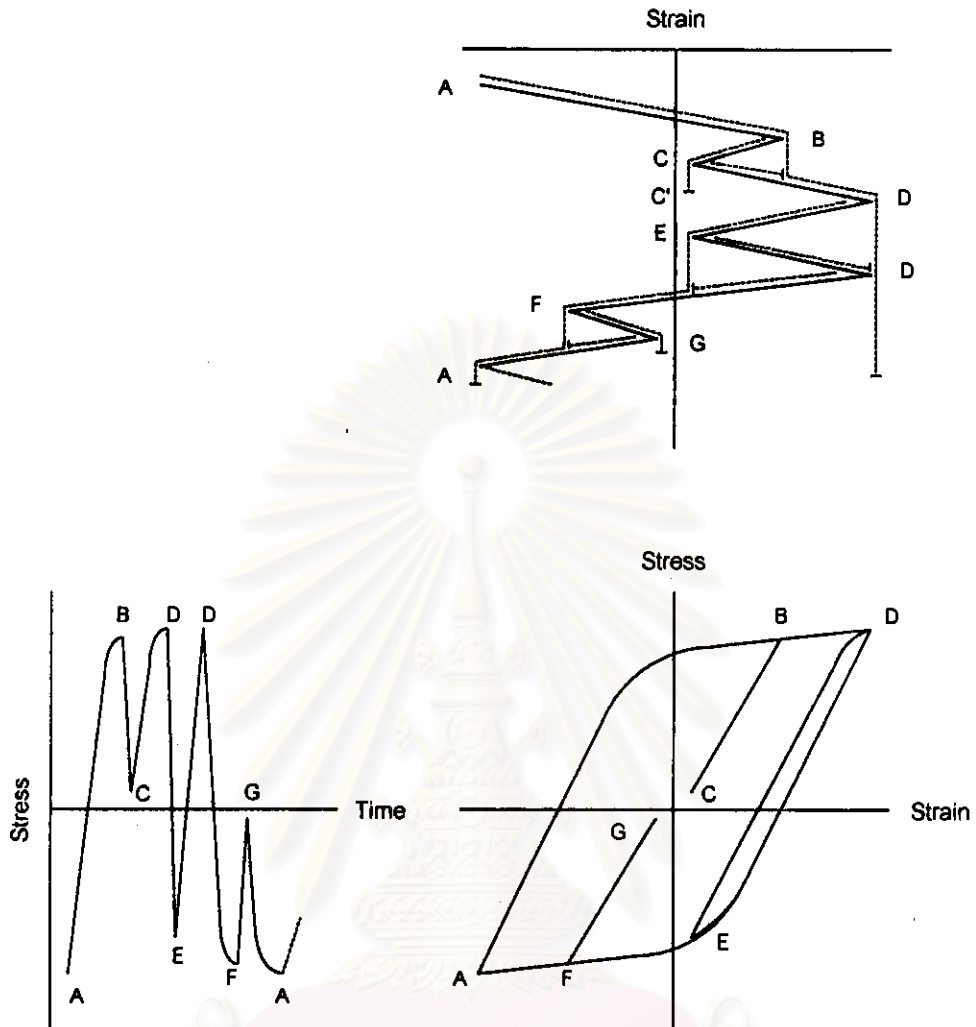


รูปที่ 2-2 แอมพลิจูดของหน่วยแรง



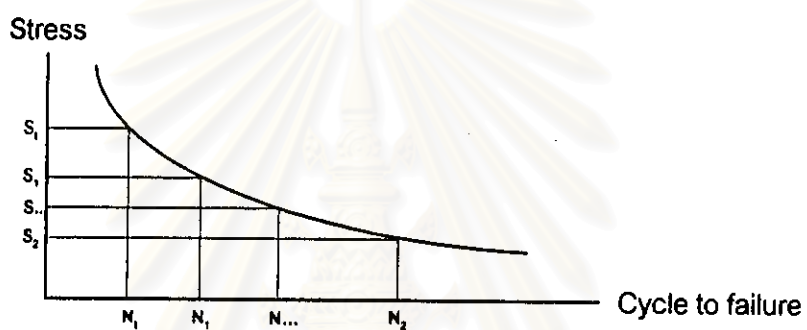
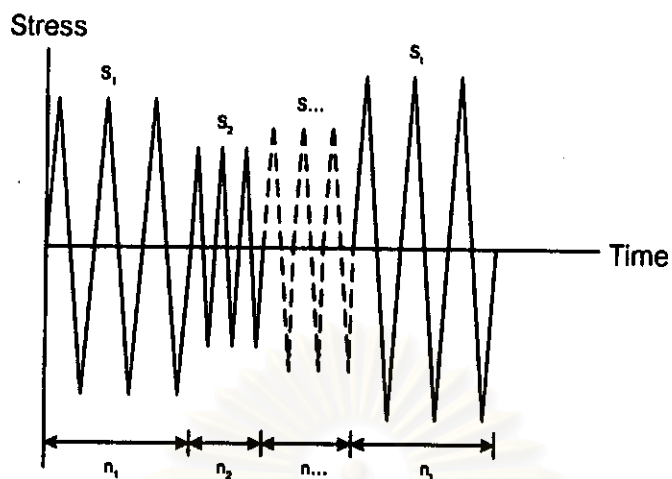
รูปที่ 2-3 กราฟ S-N สำหรับลักษณะของรอยเชื่อมต่าง ๆ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

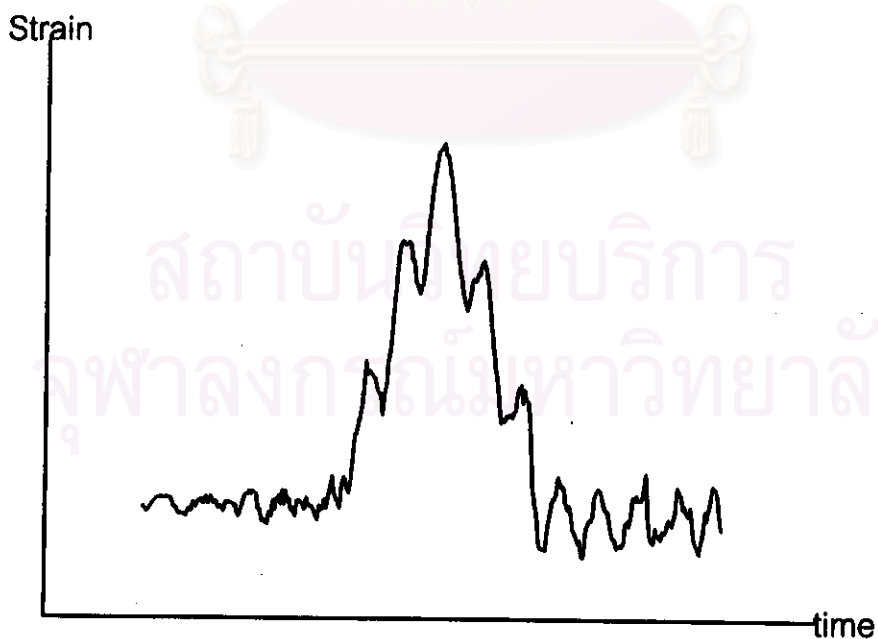


รูปที่ 2-4 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นกับความเครียดและวิธีการเทนไฟลด์เค้นดึง

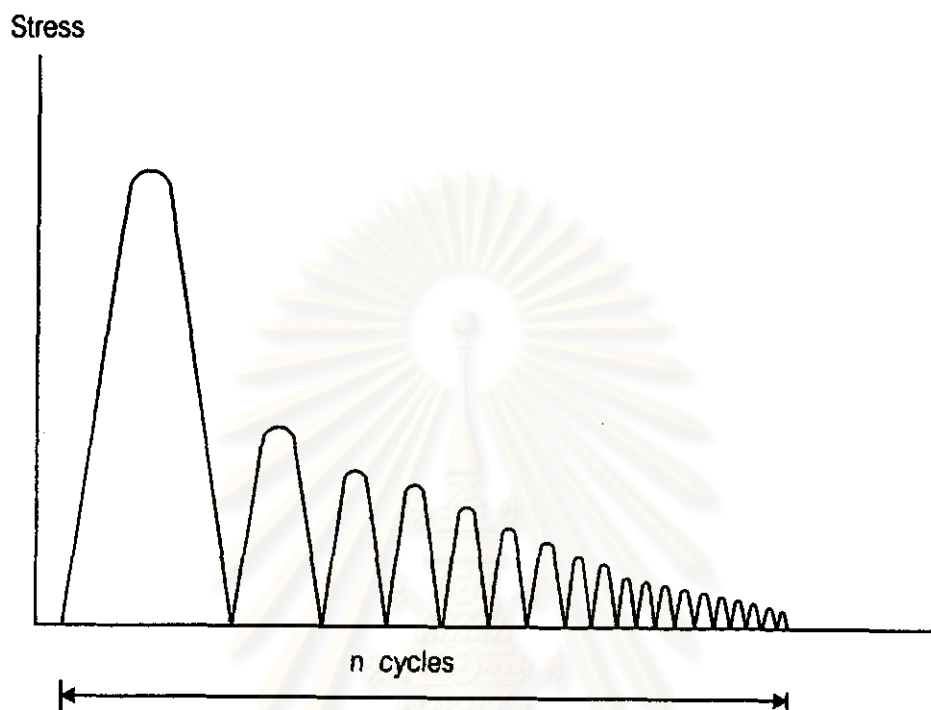
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



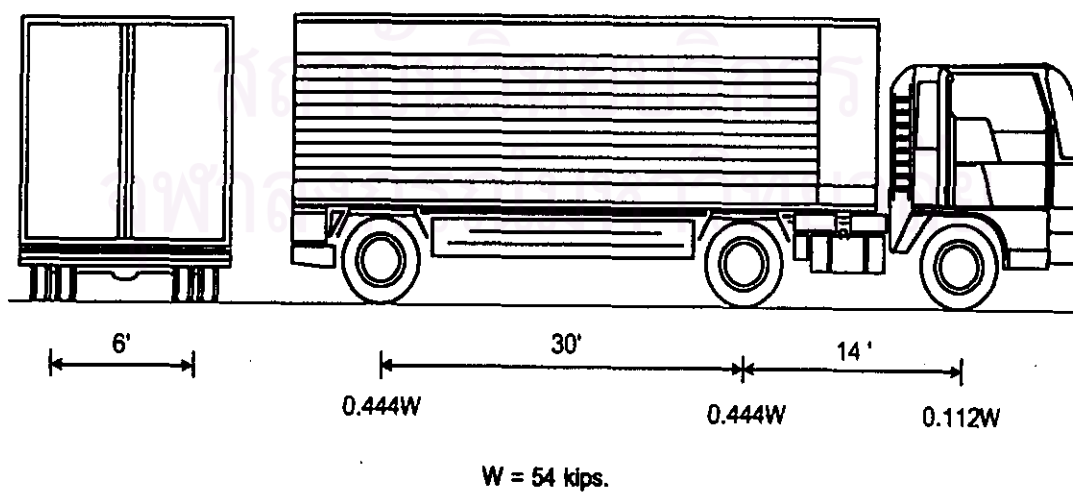
รูปที่ 2-5 แอมพลิจูดไม่คงที่ของหน่วยแรง



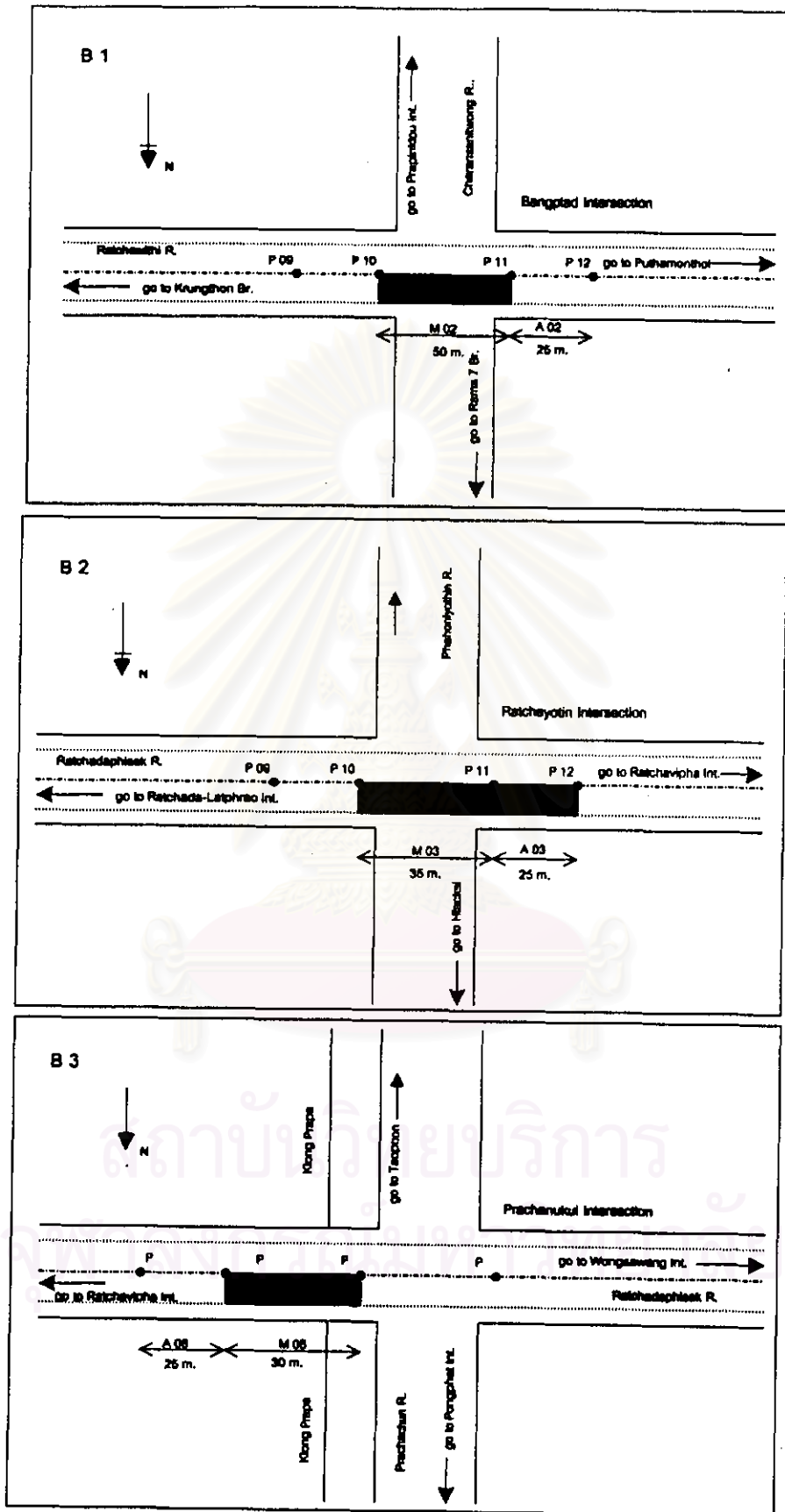
รูปที่ 2-6 ลักษณะของสัญญาณความเค้น



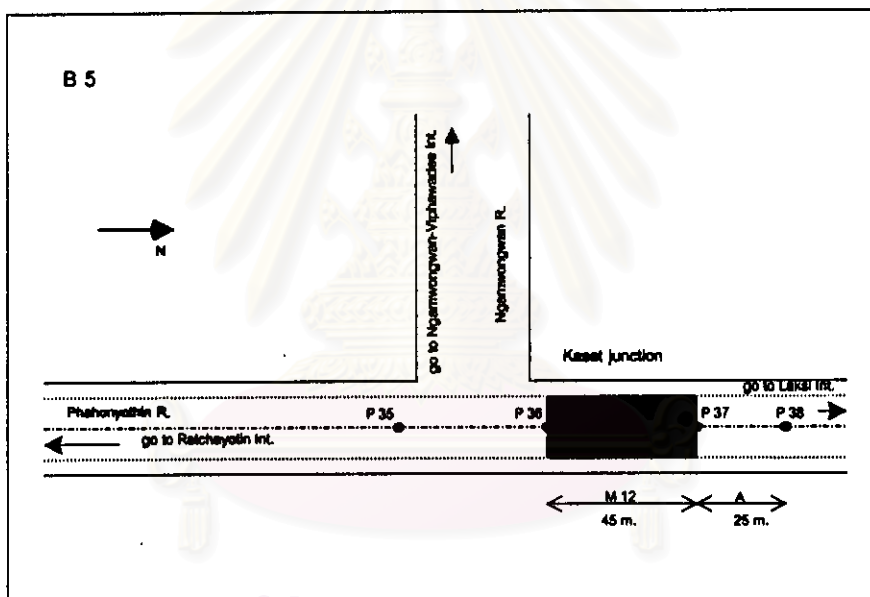
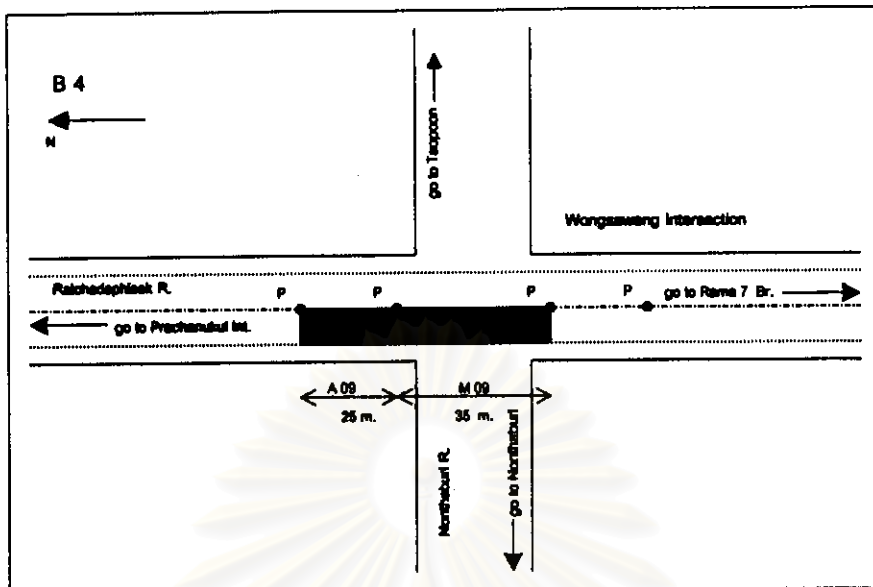
รูปที่ 2-7 สัญลักษณ์ความเค้นที่ผ่านวิธีเทรนโฟล์วเคาน์ดิง



รูปที่ 2-8 แบบจำลองรถบรรทุกตามมาตรฐานของ AASHTO (Fatigue Truck)



รูปที่ 3-1 ตำแหน่งที่ตั้งและแนวการวางตัวของสะพาน



รูปที่ 3-1 ตำแหน่งที่ตั้งและแนวการวางตัวของสะพาน (ต่อ)

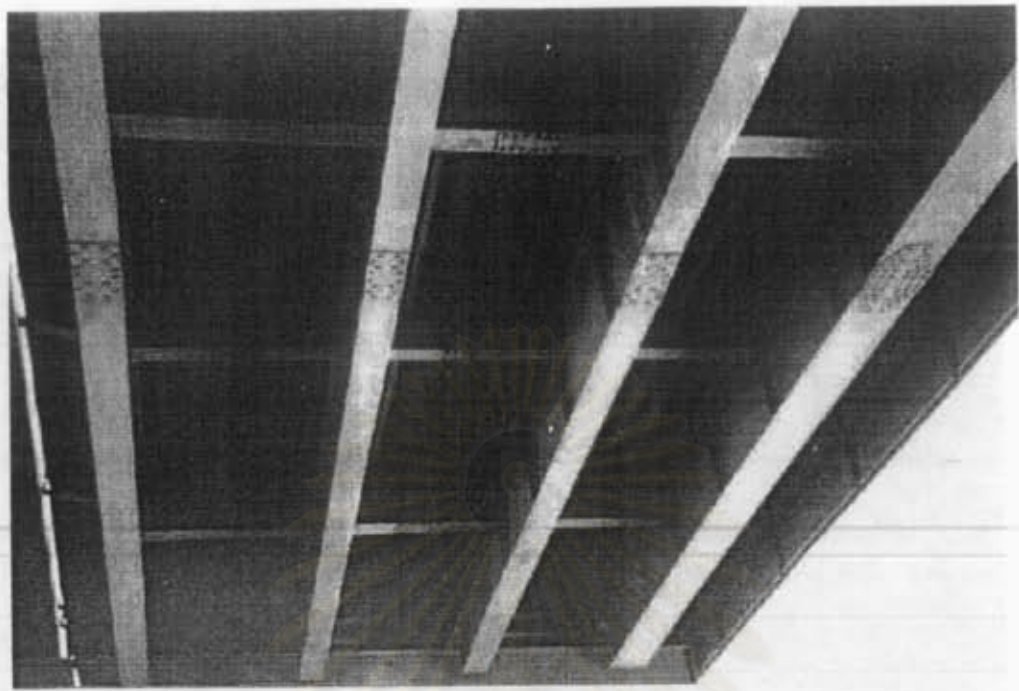
สถาบันวิจัยวิศวกรรม
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3-2 ช่วงคานหลักของสะพาน



รูปที่ 3-3 ลักษณะการวางถนนสะพาน

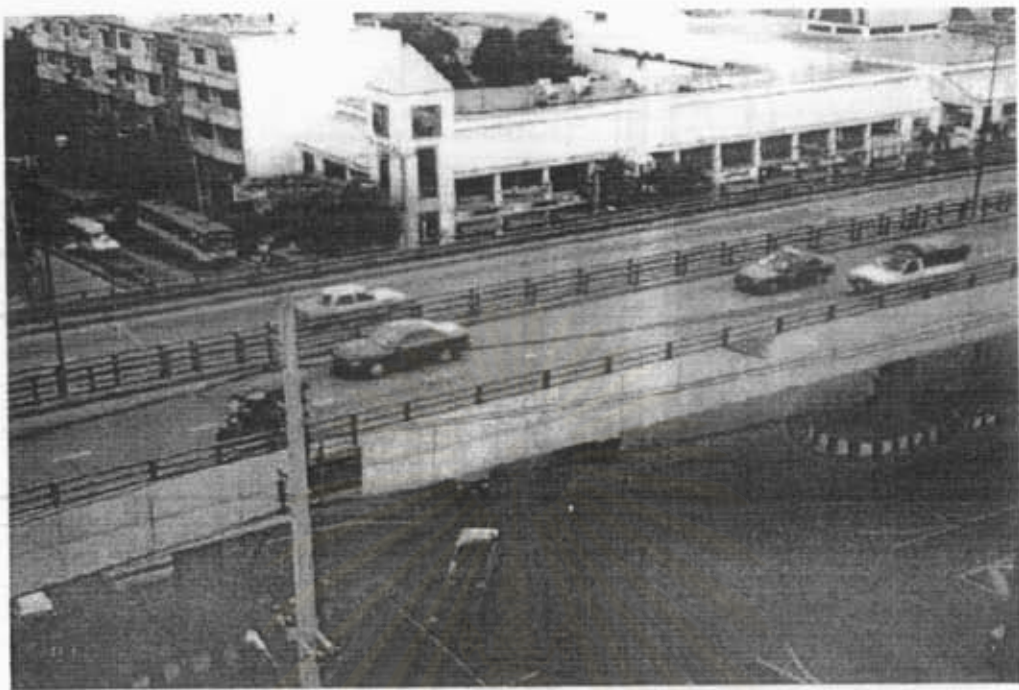


(ก) ความที่จะทำการติดตั้งอุปกรณ์การตรวจวัด



(ข) ขณะทำการติดตั้งอุปกรณ์การตรวจวัด

รูปที่ 3.4 การติดตั้งอุปกรณ์การตรวจวัด

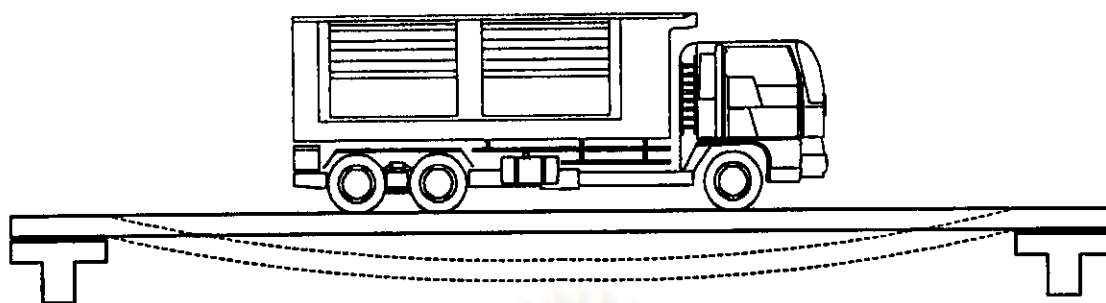


(ก) ตำแหน่งที่มองจากจุดตรวจนั้น

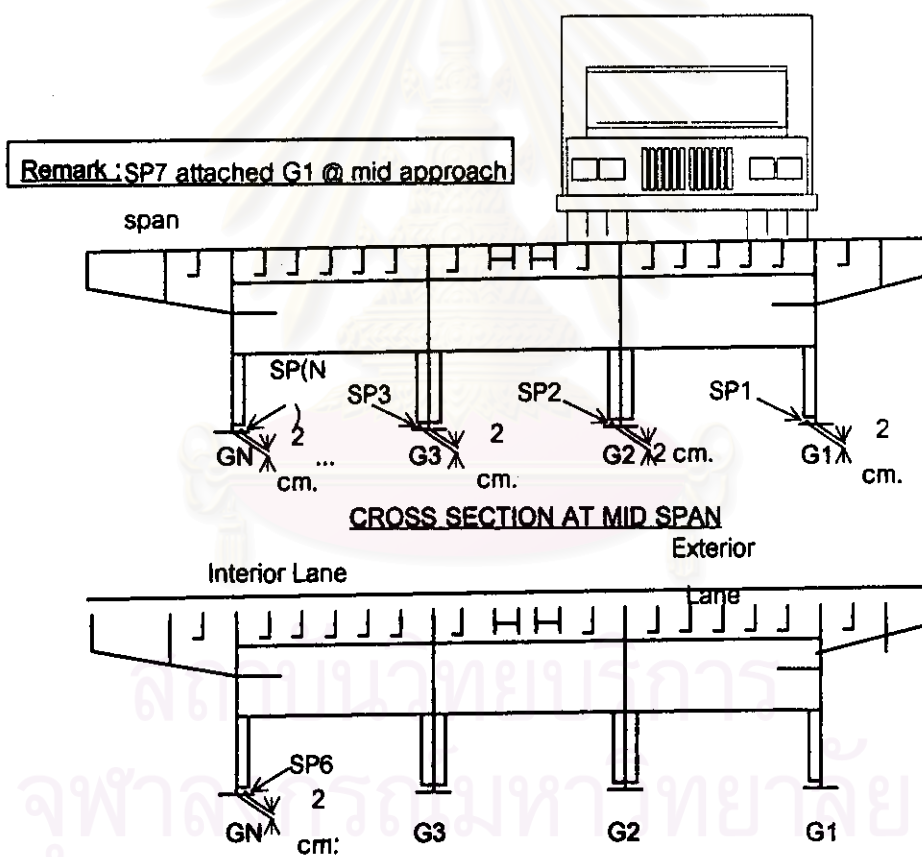


(ข) อาคารที่ใช้ในการตรวจนั้น

รูปที่ 3.5 การตรวจนับปริมาณการจราจร

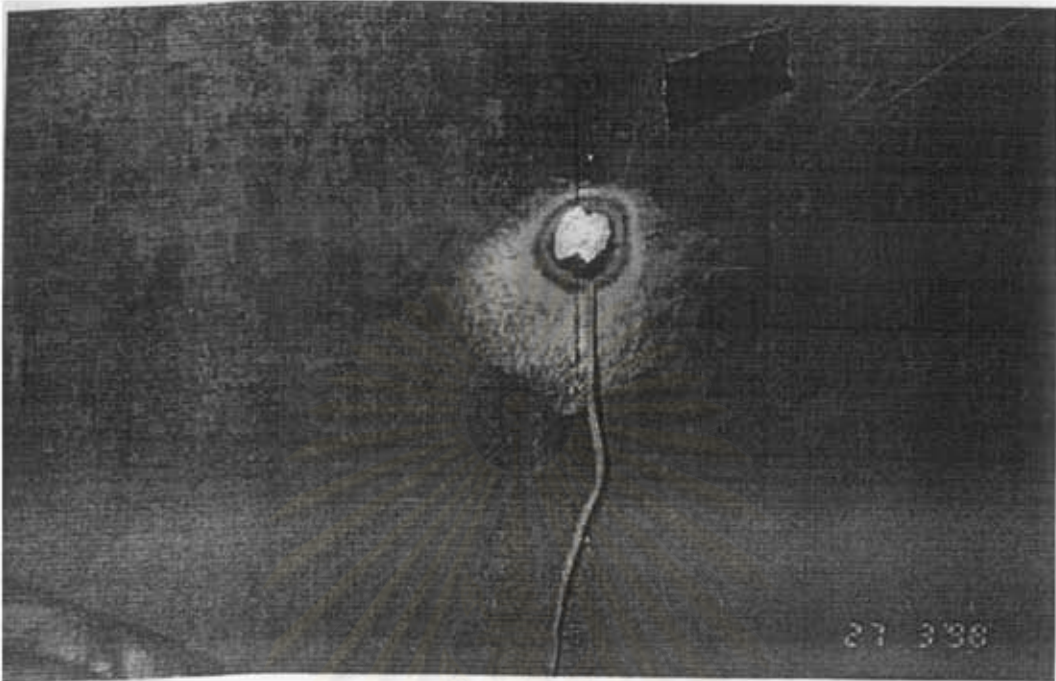


(ก) ลักษณะการแอ่นตัวของสะพาน

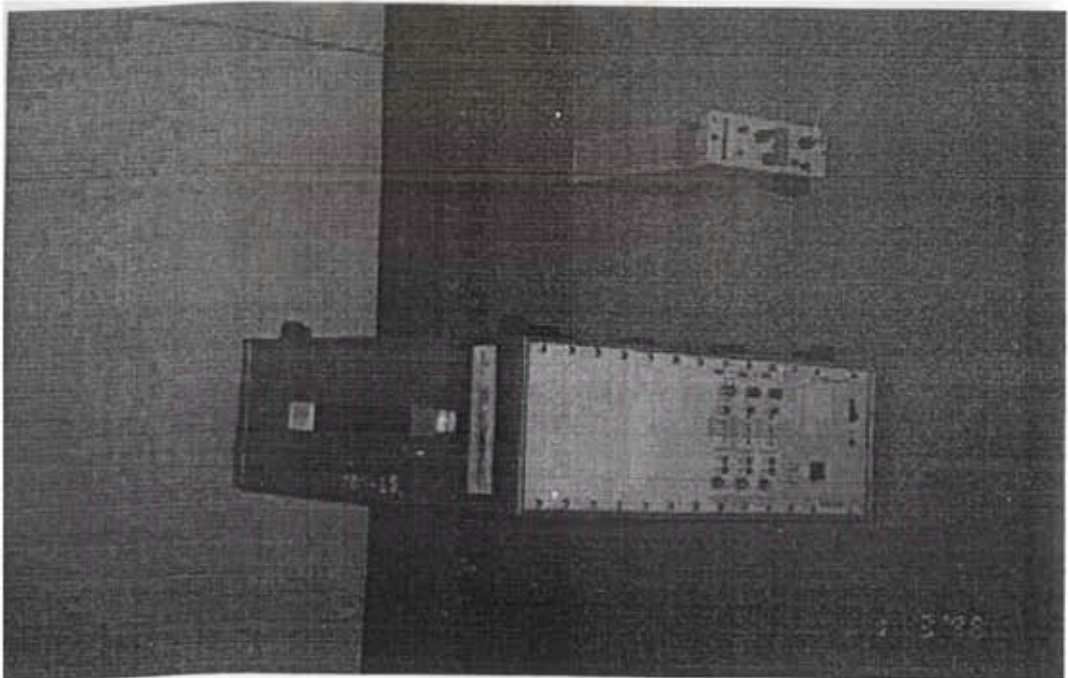


(ข) ตำแหน่งที่ติดตั้งอุปกรณ์การตรวจวัด

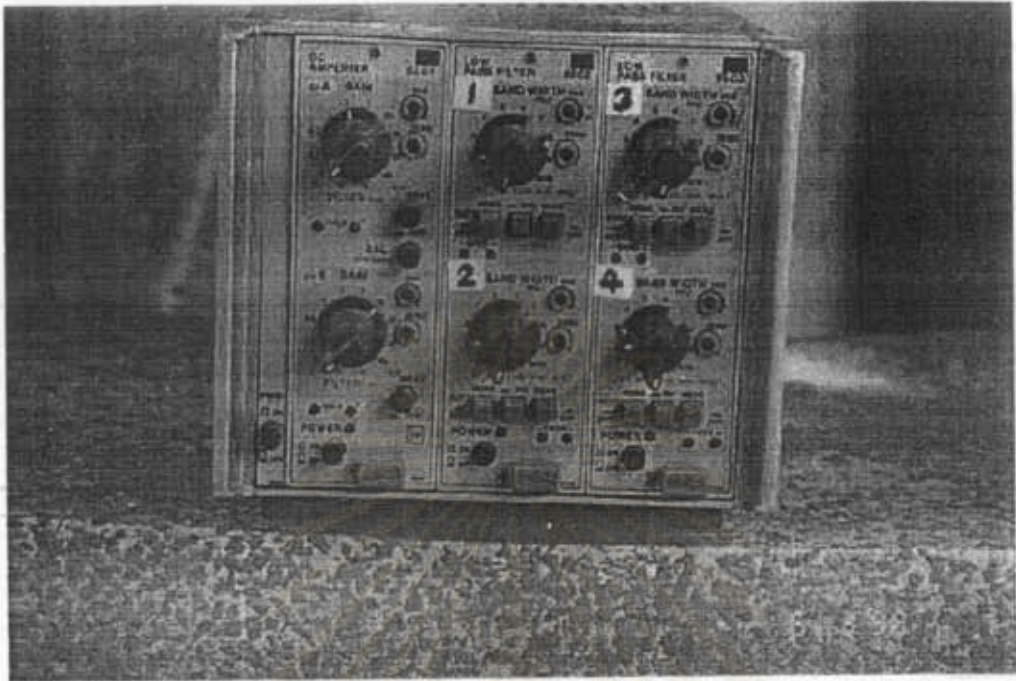
รูปที่ 3.6 แสดงตำแหน่งการติดตั้งอุปกรณ์การตรวจวัด



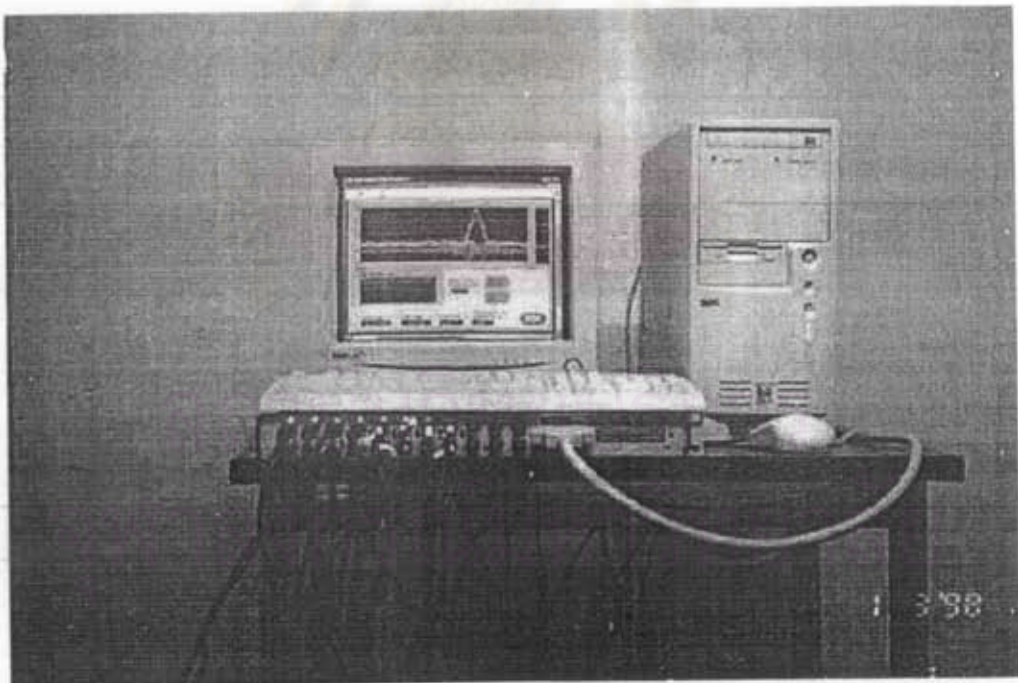
รูปที่ 3.7 ลักษณะของสเตรนเกจ



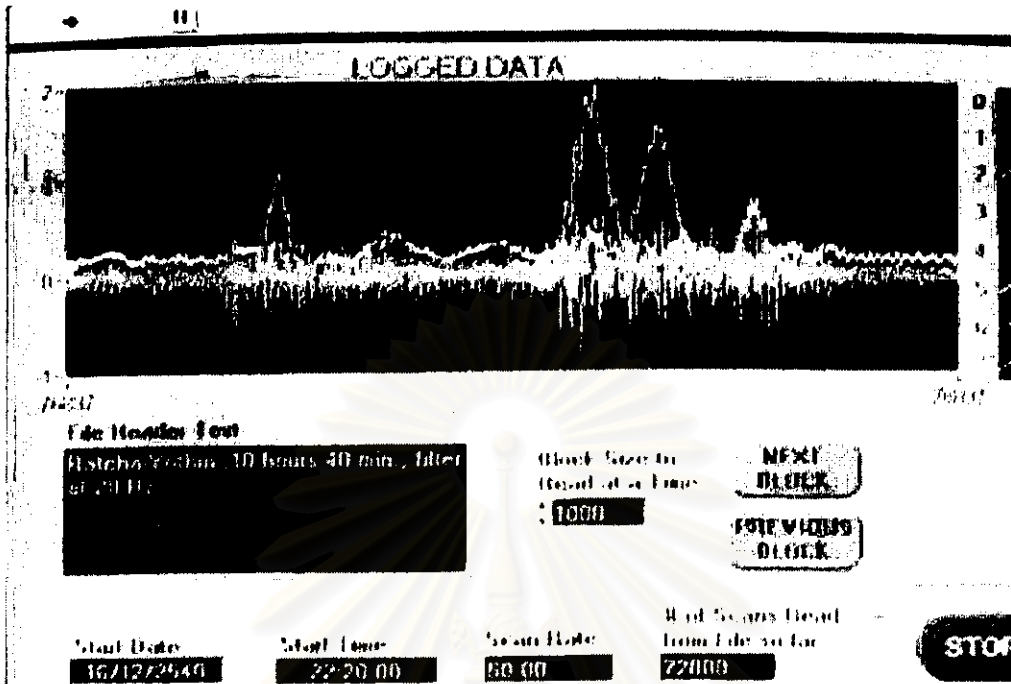
รูปที่ 3.8 ไดนามิกสเตรนแอมป์ไฟฟ้า



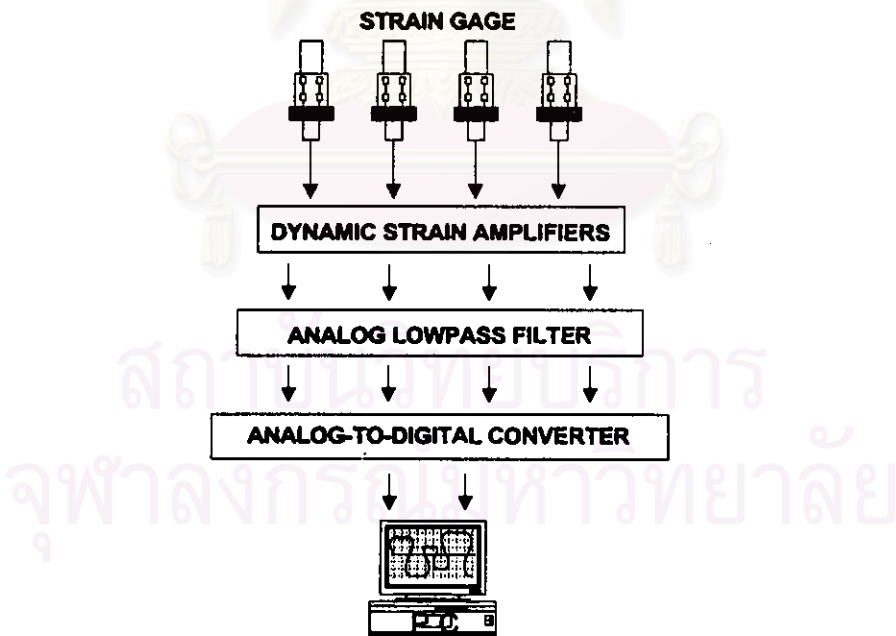
รูปที่ 3.9 ฉนวนออกโลว์พาสฟิวเตอร์



รูปที่ 3.10 ฉนวนออก พู ดิจิตอล คอนเวอร์เตอร์

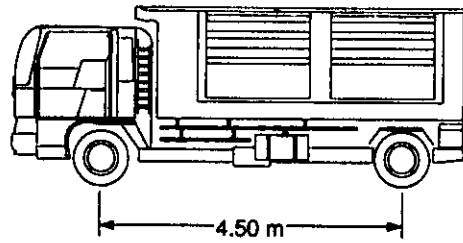


รูปที่ 3.11 การเก็บข้อมูลโดยใช้โปรแกรม LABVIEW

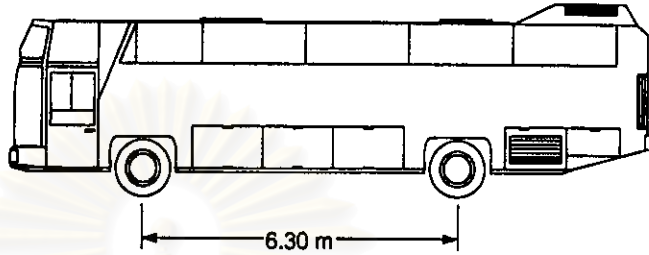


รูปที่ 3.12 ขั้นตอนในการเก็บข้อมูลจากการตรวจวัด

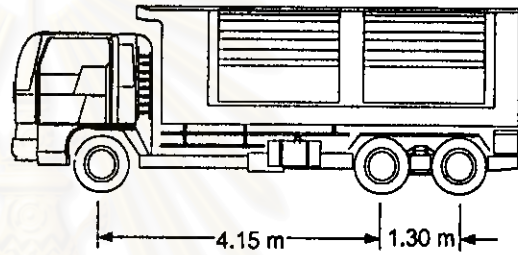
6 Wheel Truck



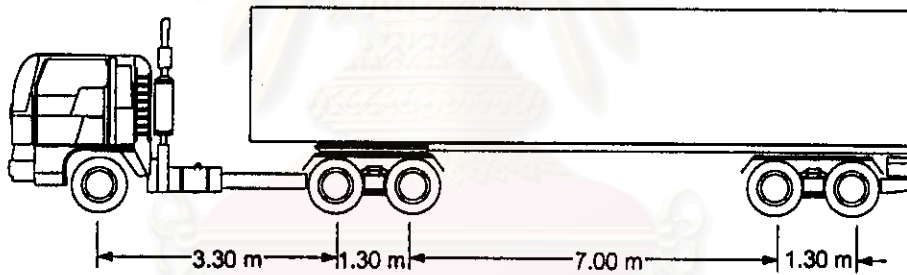
BUS



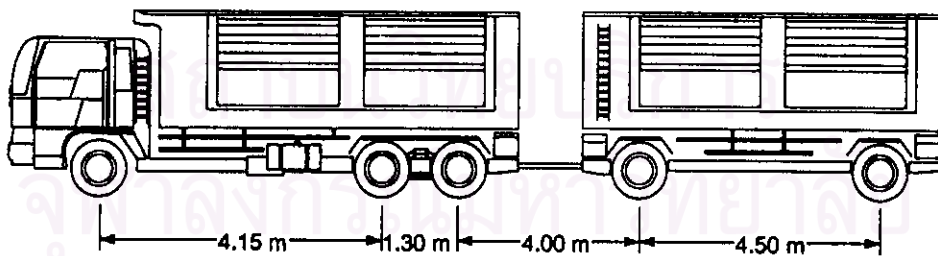
10 Wheel Truck



Semi - Trailer



Full - Trailer



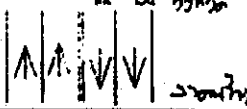
รูปที่ 3.13 ลักษณะของรถทั้ง 5 ประเภทที่ทำกาจราจรวัด

การนับผลรวมของผลคูณของเลขโดด

แบบที่ ๑

Int Ed ๖๖๖๖

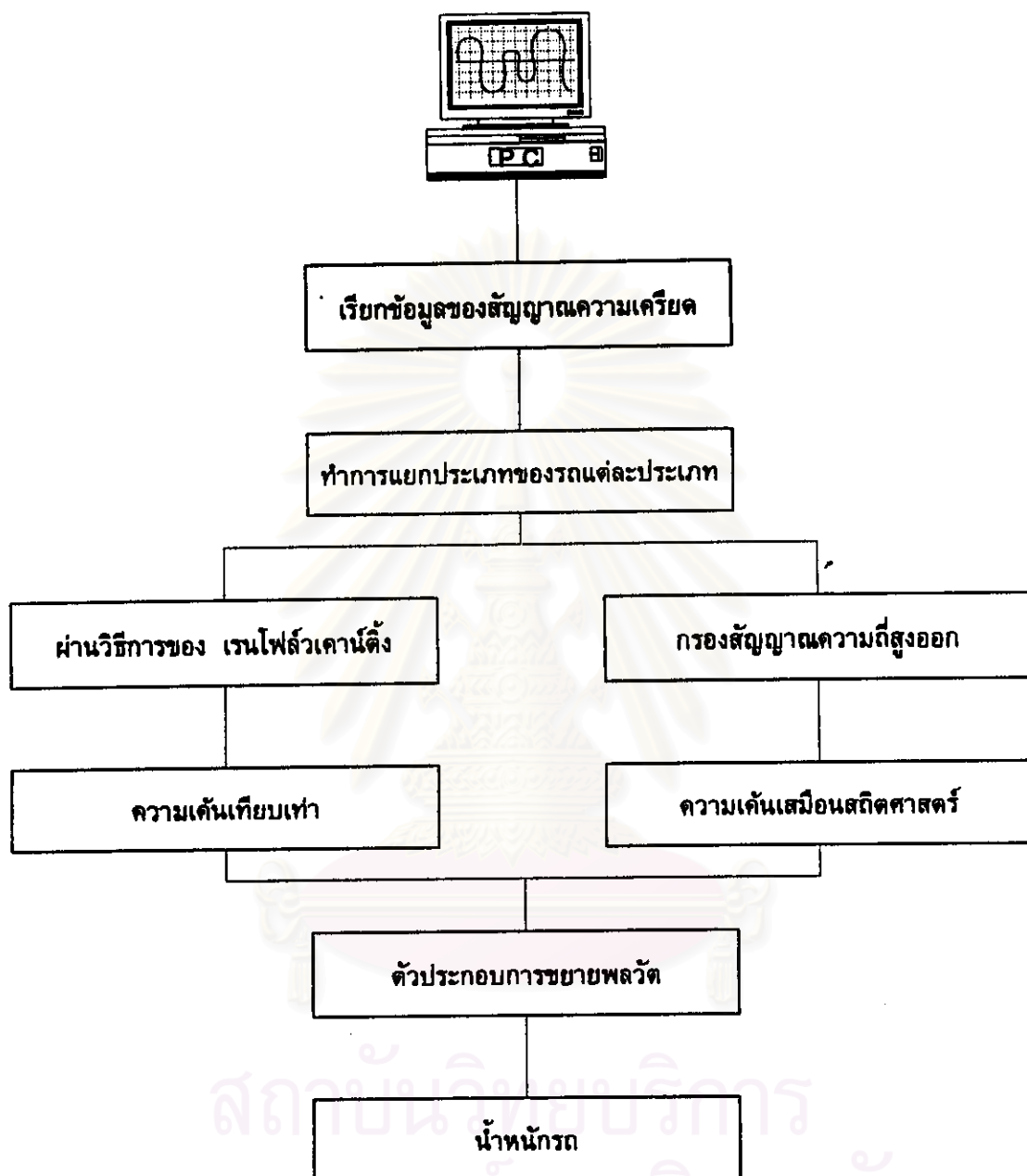
จำนวน ๖: ๖๖๖ (๖, ๖, ๖) มี ๖! = ๖๖๖ (๖, ๖, ๖) วิธีคิด ขบวนการ. . ๖๖๖๖๖



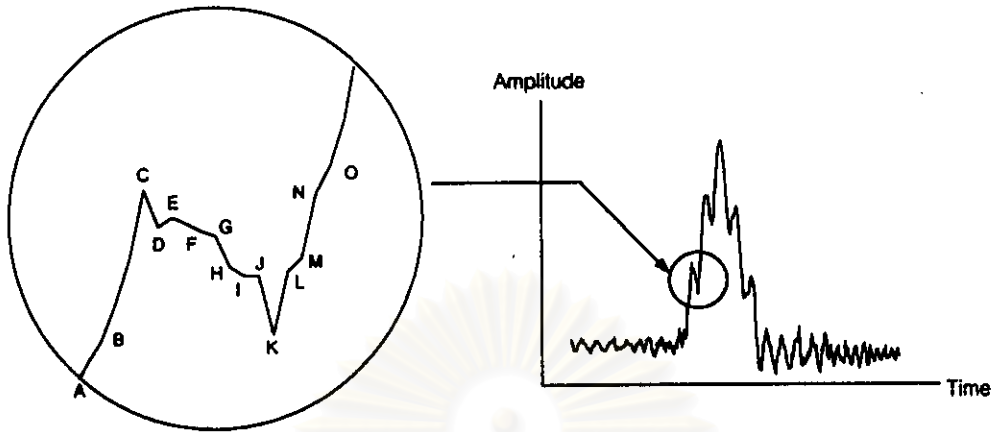
วิธีการหา ผลคูณ (๖), ผลรวมของผลคูณ (๖), ผลคูณของผลคูณ (๖), ผลรวมของผลคูณ (๖), ผลคูณของผลคูณ (๖), Special (S)

num	Ed	Int	num	Ed	Int	num	Ed	Int	num	Ed	Int
12:08:53	7.		12:53:13	X		14:34:59	X		15:34:40	X	
12:09:18	7.		12:53:14	X		14:35:36	2.		15:34:10	2.	
12:12:42	7.		12:52:24		X	14:41:00	X		15:32:20	X	
12:13:59		X.	12:52:29	X		14:42:20	2.		15:32:30	X	
12:15:20	2.		12:52:44	X		14:45:24	X		15:32:47	2.	
12:15:04	7.		12:52:23	2.		14:48:12	7.		15:32:29	X	
12:17:14	X		12:52:27	X		14:48:33	X.		15:40:07	2.	
12:20:02	N		12:52:30	2.		14:48:59	X		15:41:27	X	
12:22:43	7.		12:50:01	2.		14:50:15	2.		15:42:57	X	
12:22:44	X		12:50:01	X		14:50:30	2.		15:44:08	X.	
12:22:50	X		14:00:57	2.		14:51:23	X.		15:45:34	X.	
12:25:57		X.	14:01:23	X		14:51:34	7.		15:46:49	X.	
12:28:38	2.		14:02:17	X		14:52:36	X		15:47:27	2.	
12:28:08	X		14:02:33	2.		14:52:44	X		15:51:31	X	
12:24:22	7		14:02:19	X		14:53:09	2.		15:52:02	2.	
12:24:50	X		14:10:15	X		14:53:47	X		15:54:48	X.	
12:26:47	7. (๖๖๖๖)		14:10:23	X		14:54:53	X		15:56:28	2.	
12:27:03	2		14:11:18	X		14:55:39	2.		15:58:24	2.	
12:27:14	2.		14:17:30	X.		14:57:40	2.		15:59:24	2.	
12:28:17	7		14:17:43		X	14:58:41	X		15:59:37	X	
12:32:23	X		14:17:44	X		15:00:54	X		16:01:20	X.	
12:33:21	X		14:17:43	X.		15:01:25	X	(๖๖๖๖)	16:02:17	X	
12:34:56	X		14:18:49	X		15:01:51	X		16:03:28	2. (๖๖๖๖๖)	
12:35:00	7		14:19:52	X		15:01:54	2.		16:04:59	7 (๖๖๖๖๖)	
12:35:05	X		14:19:08	X.		15:02:20	7		16:05:50	X	
12:36:17	2.		14:19:44	X		15:02:17	X		16:06:49	X.	
12:36:32	X		14:22:01	X		15:06:43	X		16:07:44	X	
12:36:04	2.		14:22:05	2.		15:07:35	X		16:08:41	2.	
12:37:40	X		14:23:41	X		15:08:50	2.		16:09:52	2.	
12:42:22	2.		14:23:46	X		15:12:15	X		16:13:23	2.	
12:44:55	X		14:23:54	X		15:11:30	X		16:13:40	2.	
12:45:33	X		14:24:00	X		15:11:37	X		16:14:16	X	
12:47:24	X		14:25:36	X		15:11:40	2.		16:16:52	X	

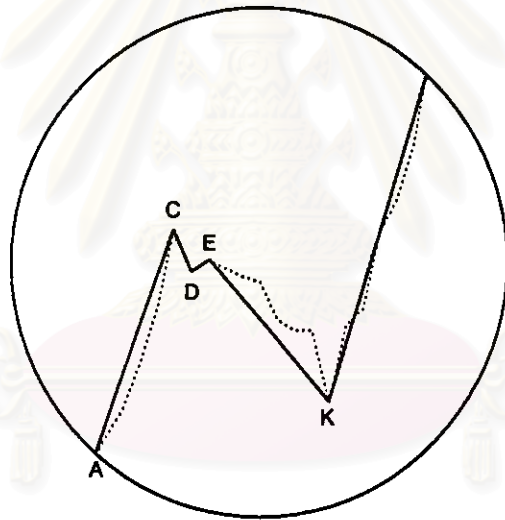
รูปที่ 3-14 ตัวอย่างการบันทึกการตรวจนับผล



รูปที่ 3-15 ขั้นตอนการวิเคราะห์ความเครียด

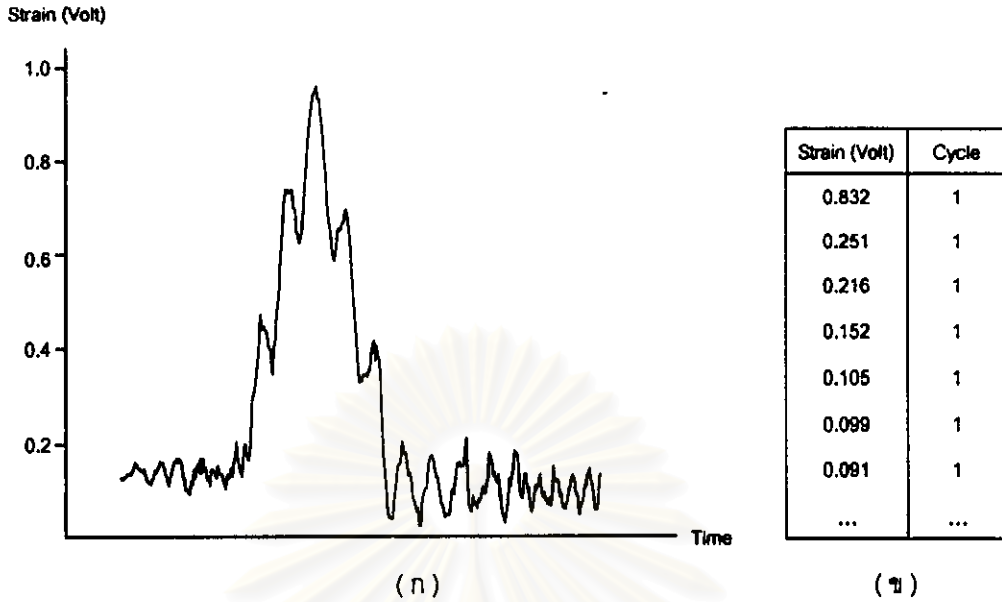


(ก) สัญลักษณ์ความเค้นจากการตรวจวัด

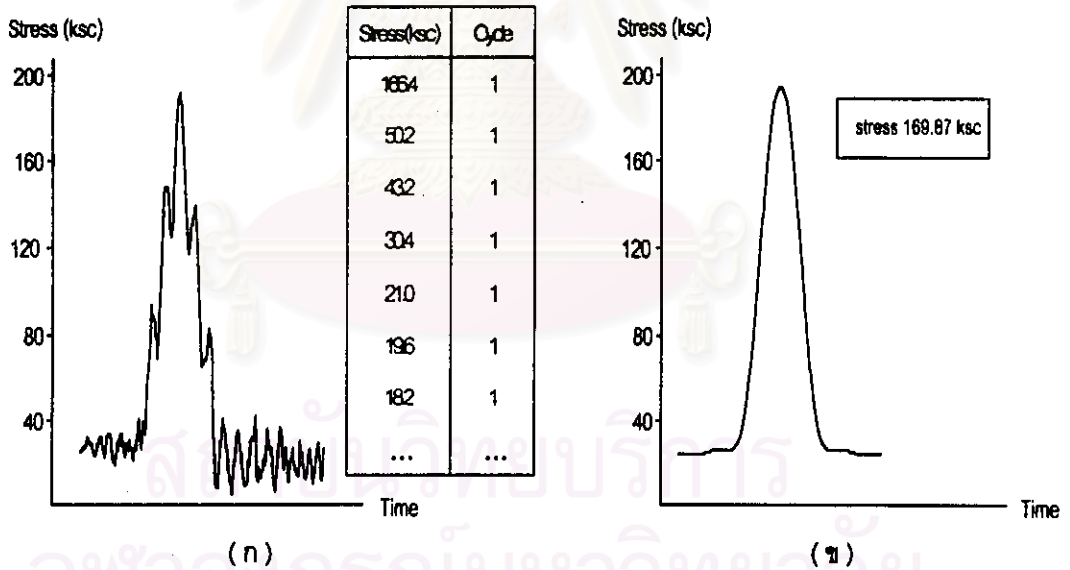


(ข) จุดสูงสุดและต่ำสุดสัมพัทธ์

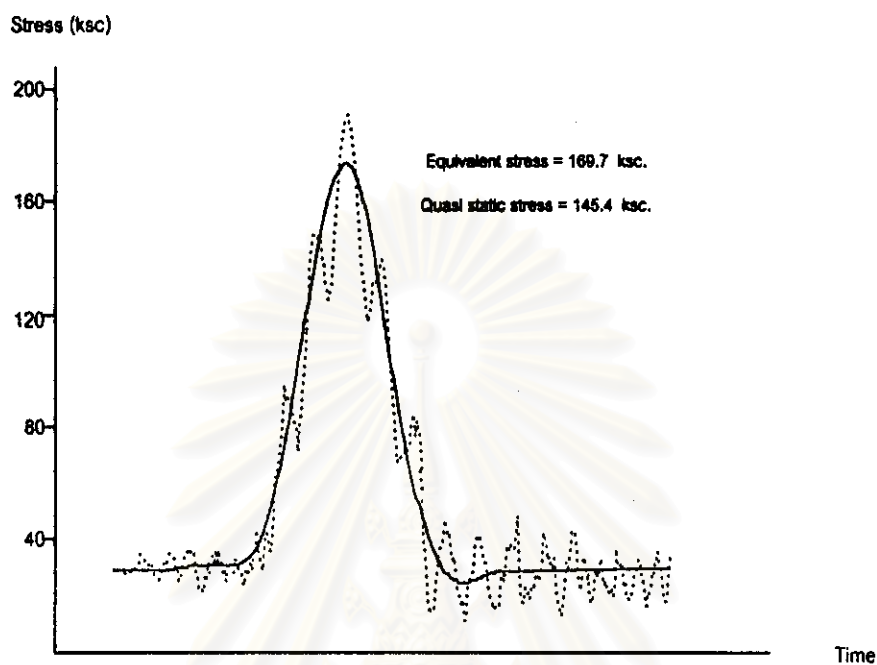
รูปที่ 3-16 ตัวอย่างจุดสูงสุดและต่ำสุดสัมพัทธ์ของสัญญาณความเค้น



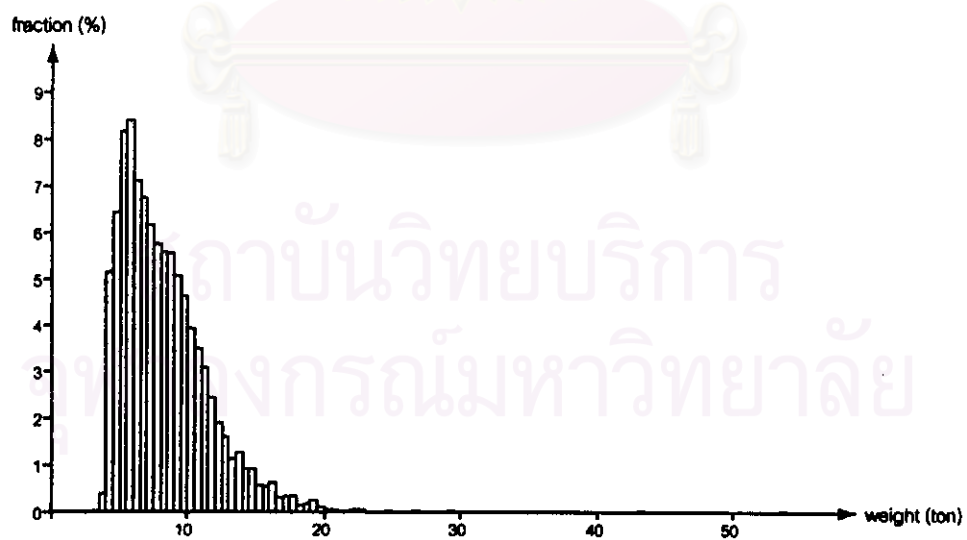
รูปที่ 3-17 (ก) สัญญาณข้อมูลความเครียด (ข) ค่าความเครียดเมื่อผ่านวิธีการเรนโฟล์วเคาน์ติง



รูปที่ 3-18 (ก) ค่าความเค้นของสัญญาณ (ข) ค่าความเค้นเทียบเท่า

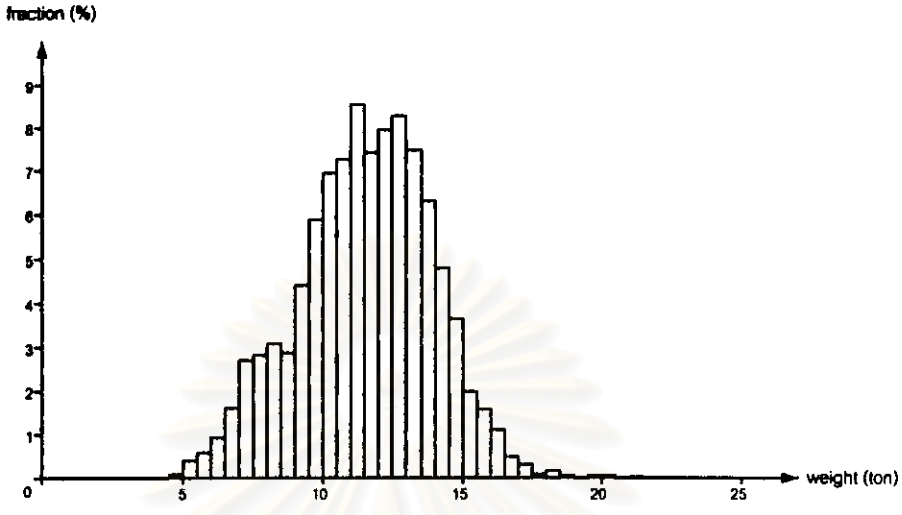


รูปที่ 3-19 สัณฐานความเค้นเมื่อผ่านการรองรับสัญญาณ

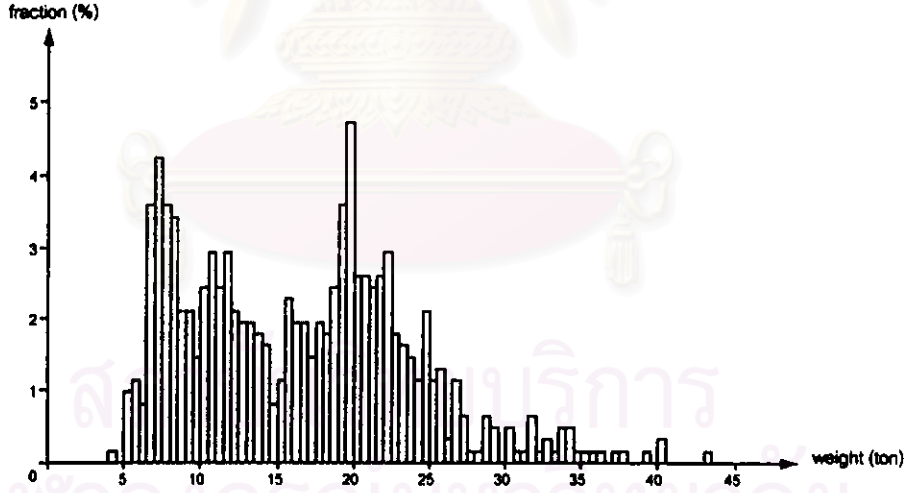


(ก) การกระจายน้ำหนักของรถบรรทุก 6 ล้อ

รูปที่ 3-20 การกระจายน้ำหนักของรถแต่ละประเภท

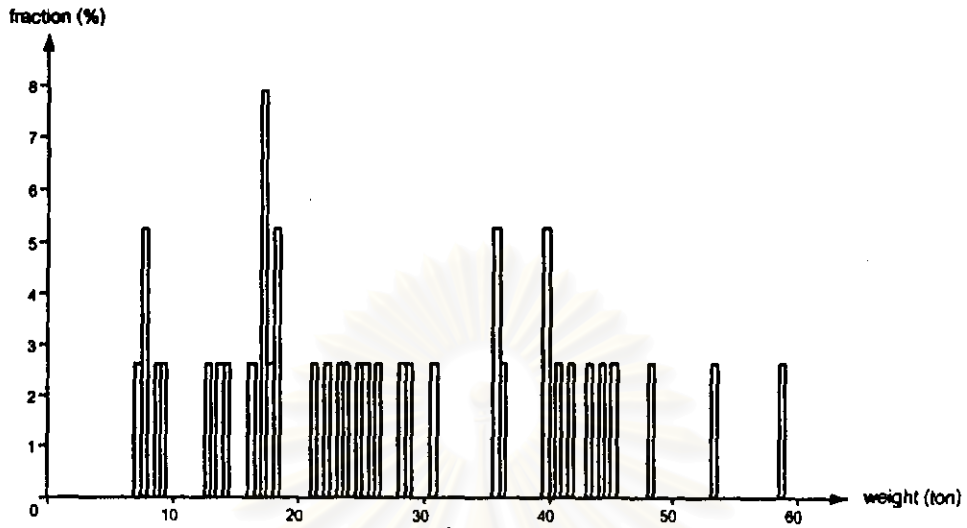


(ข) การกระจายน้ำหนักของรถมัต

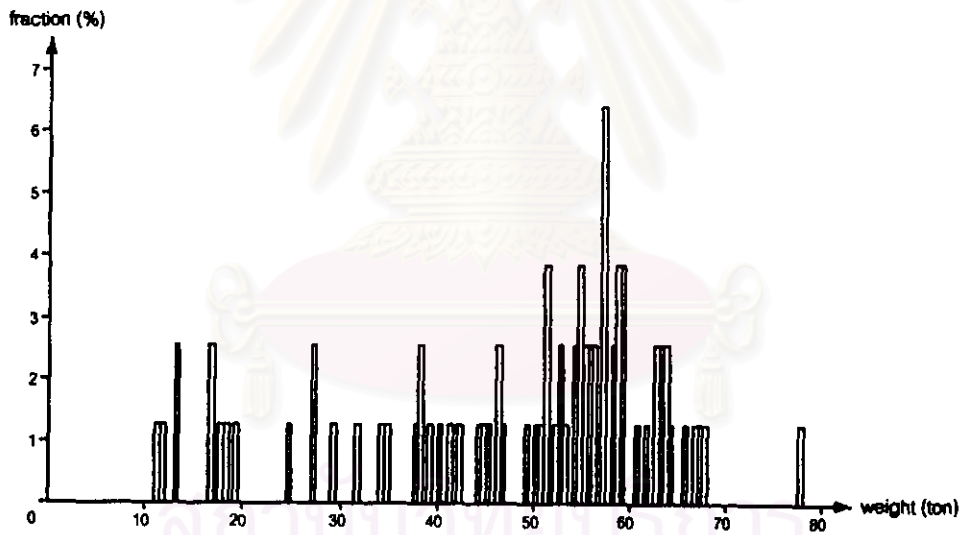


(ค) การกระจายน้ำหนักของรถมทุก 10 ล้อ

รูปที่ 3-20 การกระจายน้ำหนักของรถแต่ละประเภท(ต่อ)

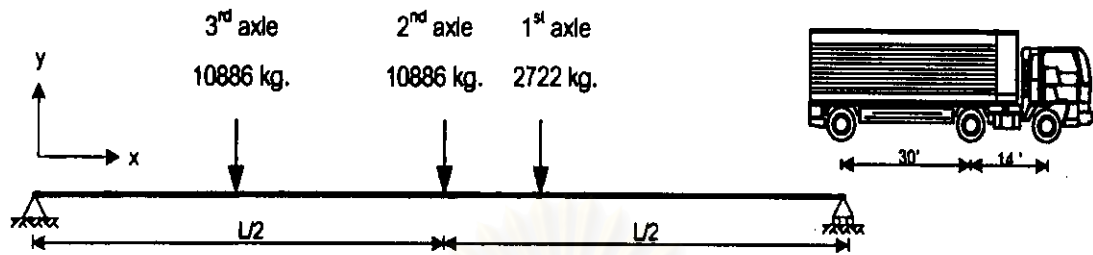


(๑) การกระจายน้ำหนักของรถบรรทุกกิ่งพวง



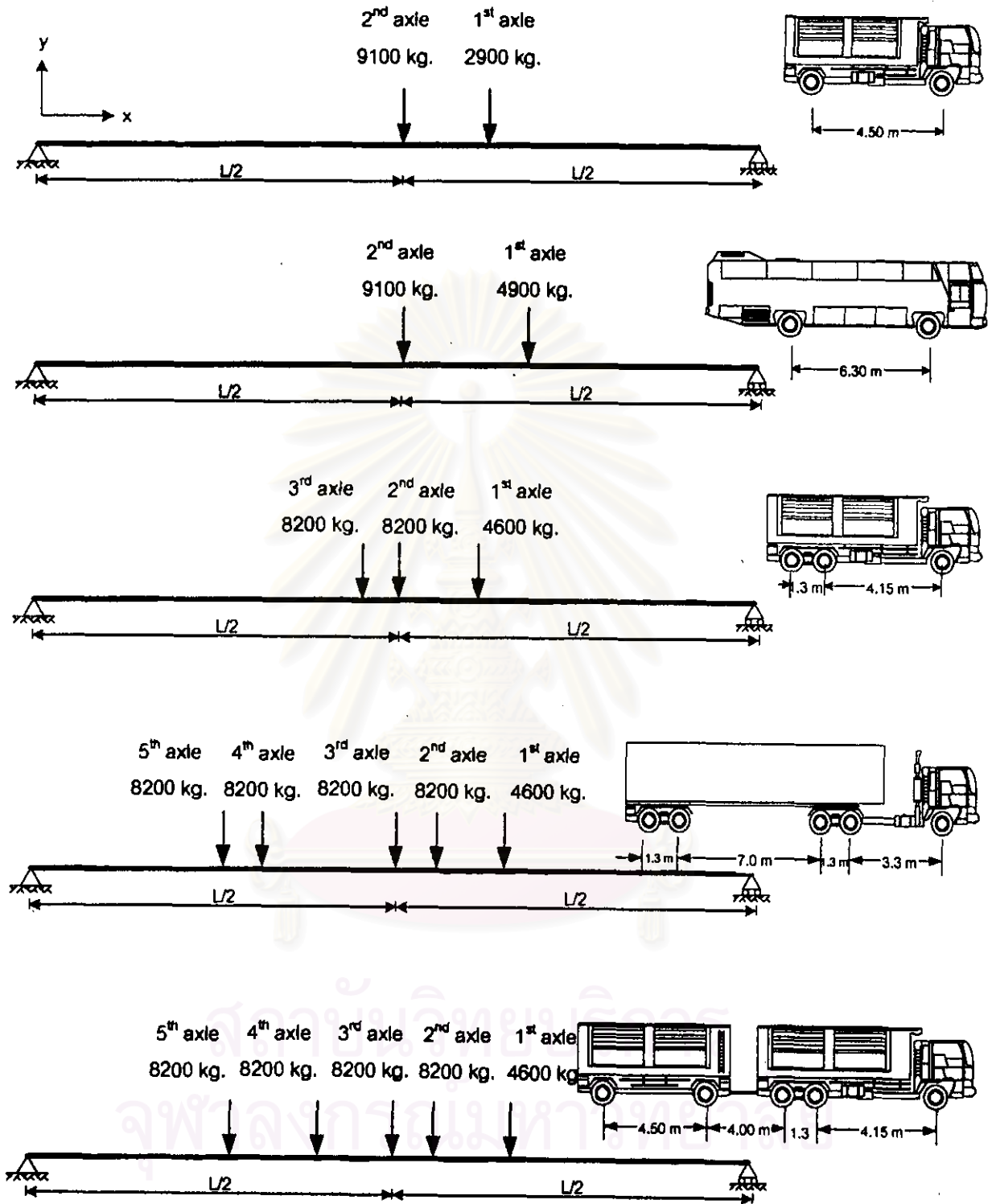
(๑) การกระจายน้ำหนักของรถบรรทุกพ่วง

รูปที่ 3-20 การกระจายน้ำหนักของรถแต่ละประเภท (ต่อ)

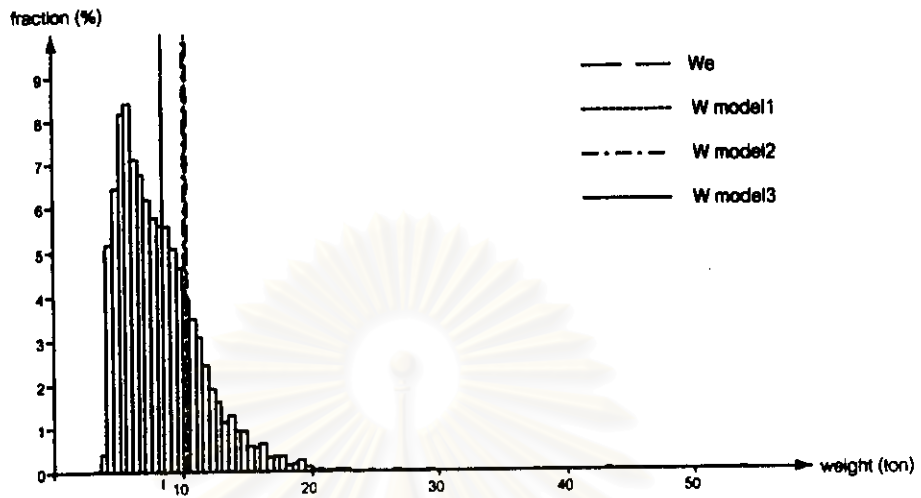


รูปที่ 3-21 ตำแหน่งของรถบรรทุกตามมาตรฐานของ AASHTO ที่ทำให้เกิดโมเมนต์ดัดที่กลางคานสูงสุด

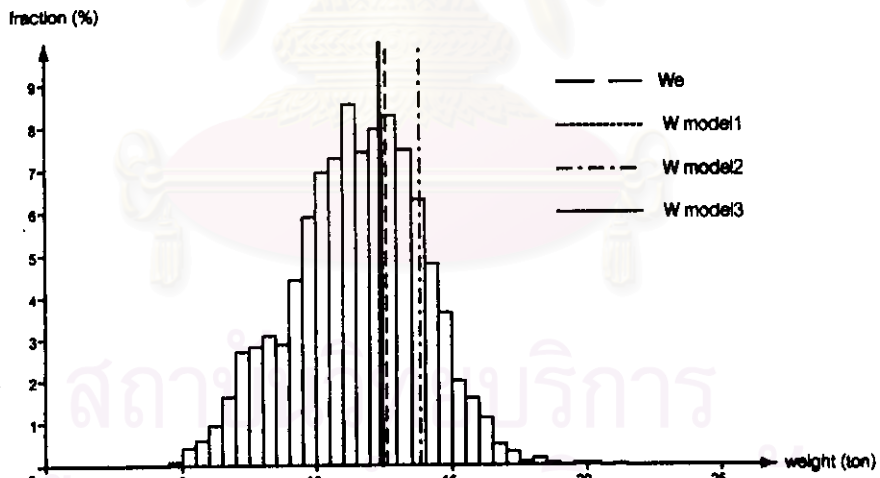
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3-22 ตำแหน่งของรถแต่ละประเภท ที่ทำให้เกิดโมเมนต์ดัดที่กลางคานสูงสุด

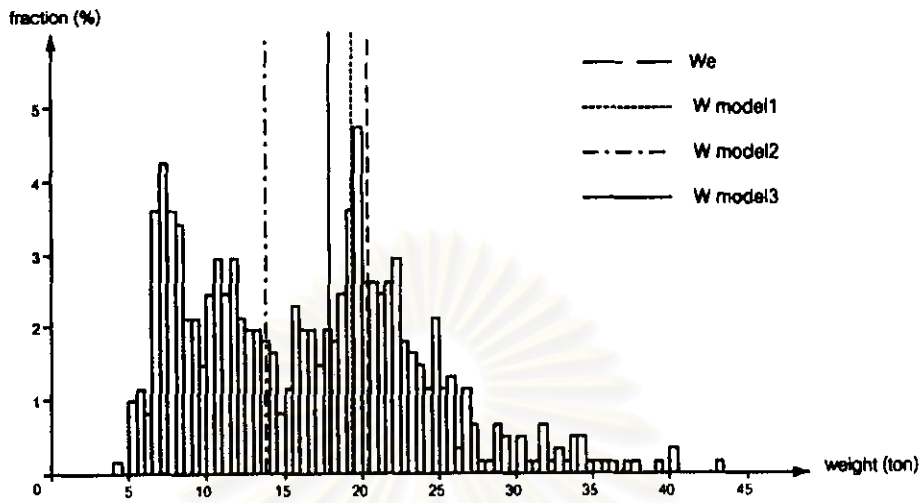


(ก) การกระจายน้ำหนักของรถบรรทุก 6 ตัน

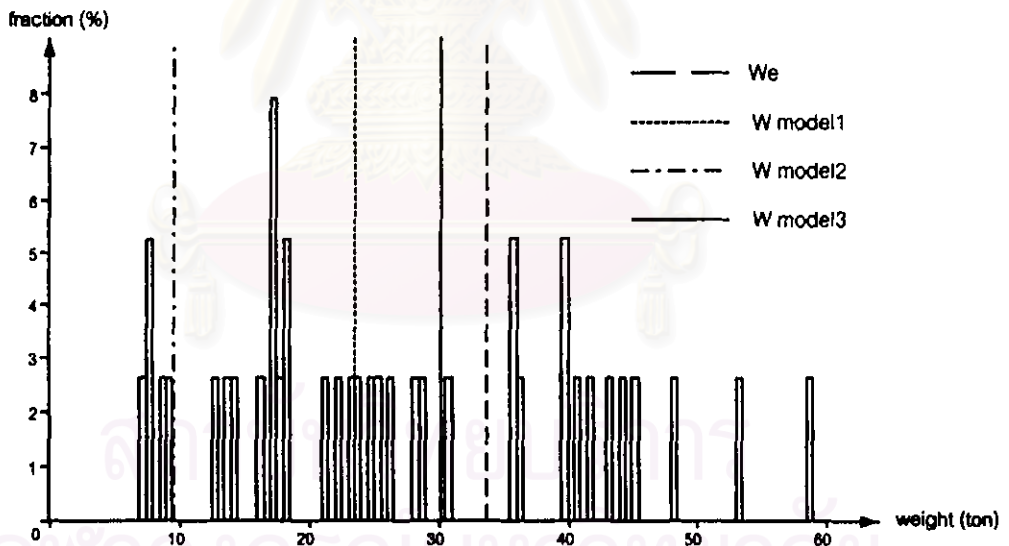


(ข) การกระจายน้ำหนักของรถ 15 ตัน

รูปที่ 5-1 การกระจายน้ำหนักของรถแต่ละประเภทและน้ำหนักที่ได้จากแบบจำลอง

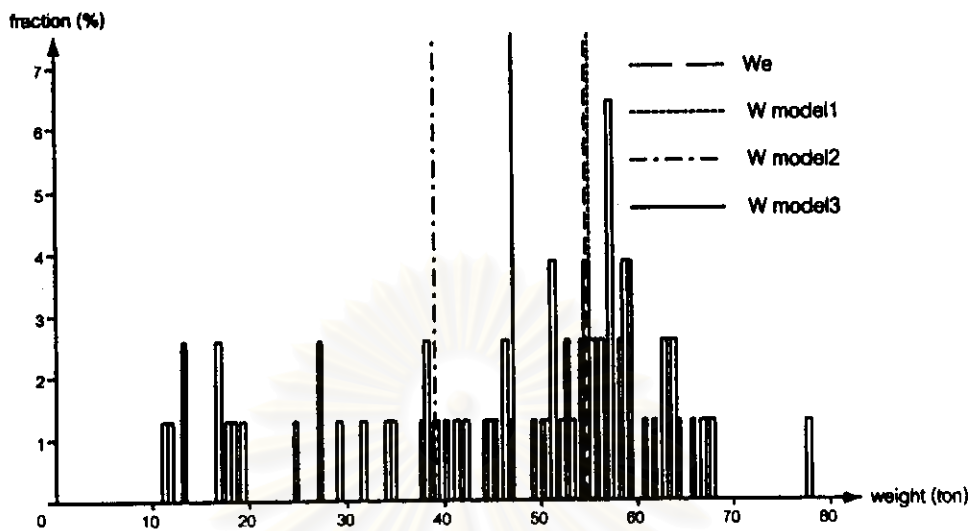


(ค) การกระจายน้ำหนักของรถบรรทุก 10 ตัน



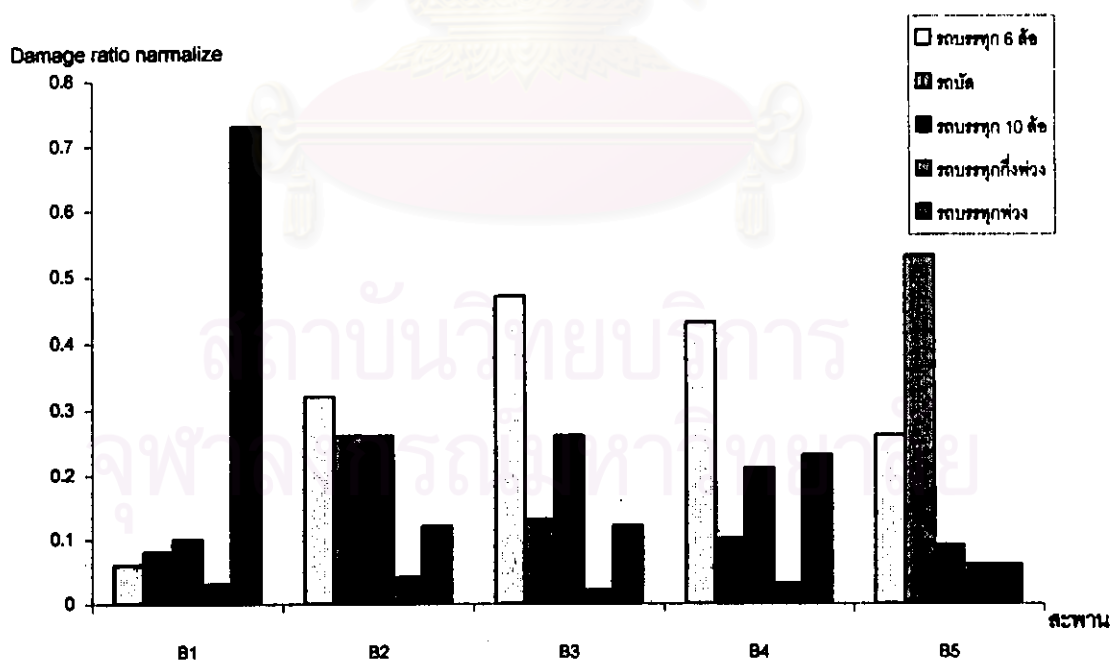
(ง) การกระจายน้ำหนักของรถบรรทุกทั้งหมด

รูปที่ 5-1 การกระจายน้ำหนักของรถแต่ละประเภทและน้ำหนักที่ได้จากแบบจำลอง (ต่อ)

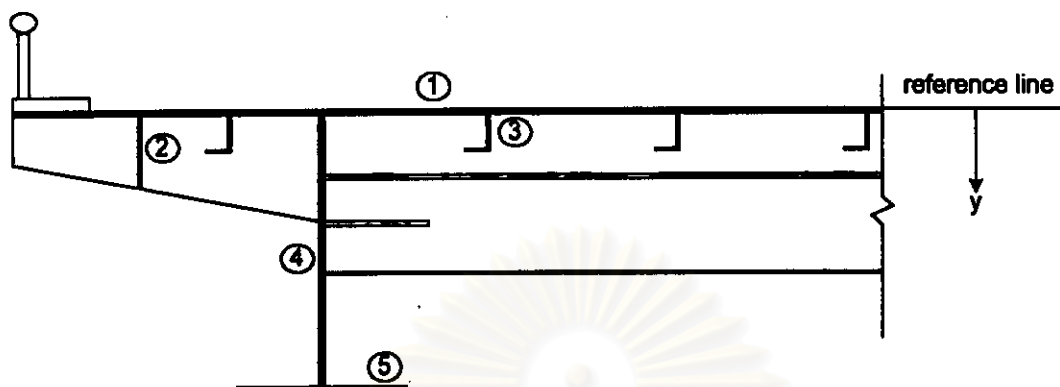


(จ) การกระจายน้ำหนักของรถบรรทุกพ่วง

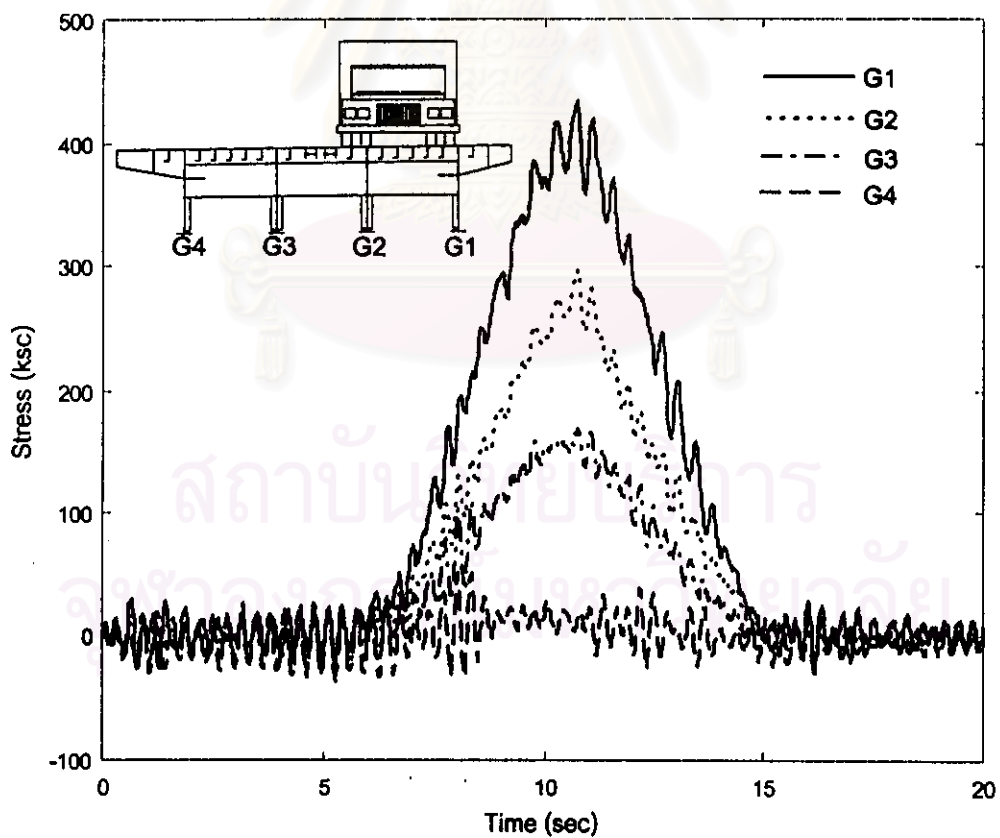
รูปที่ 5-1 การกระจายน้ำหนักของรถแต่ละประเภทและน้ำหนักที่ได้จากแบบจำลอง (ต่อ)



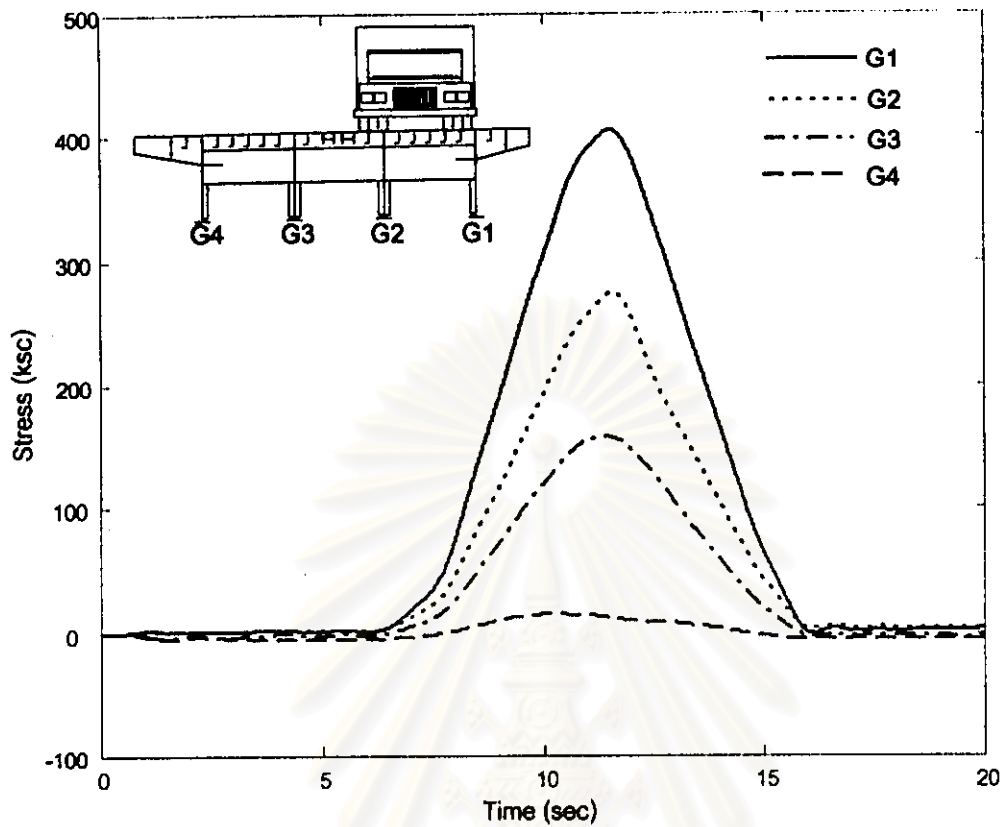
รูปที่ 5-2 แสดงอัตราความเสียหายของสะพานเนื่องจากรถแต่ละประเภท



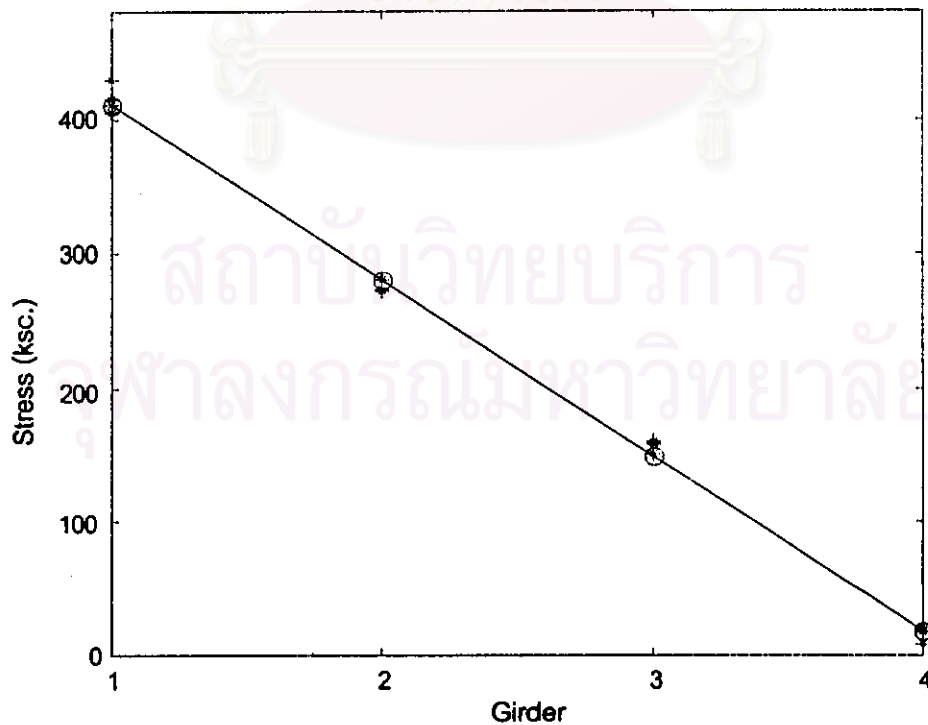
รูปที่ ก-1 แสดงลักษณะของสะพานและชิ้นส่วนที่พิจารณาค่าโมดูลัสของหน้าตัด



รูปที่ ก-2 แสดงสัญญาณความเค้นที่เกิดขึ้นตามแต่ละตัวเนื่องจากกรบนรถทุกทดสอบ



รูปที่ ๓-๓ แสดงสัญญาณความเค้นเสมือนสปีดศาสตร์ที่เกิดจากคลื่นแต่ละตัว



รูปที่ ๓-๔ แสดงการกระจายแรงดึงในคลื่นแต่ละตัว

ประวัติผู้เขียน

นาย ชัยชาญ ขุนะศิริ เกิดวันที่ 20 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2515 ที่อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา ภาควิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ในปีการศึกษา 2537 จากนั้นได้เข้าทำงานในบริษัท ไซอิก คอนสตรัคชั่น จำกัด และบริษัท อาร์ท เอ็นจิเนียริง แอนด์ คอนสตรัคชั่น จำกัด และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อ พ.ศ. 2540



สถาบันวิทย์บริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย