

รายการอ้างอิง

1. กองบำรุง กรมทางหลวง. ประกาศผู้อำนวยการทางหลวงแผ่นดิน เรื่อง ห้ามใช้ยานพาหนะโดยที่ยานพาหนะนั้นมีน้ำหนัก น้ำหนักบรรทุก หรือ น้ำหนักลงเพลา เกินกว่าที่ได้กำหนดเดินบนทางหลวงแผ่นดิน และ ลักษณะยานพาหนะ และ น้ำหนักตามประกาศ. กรมทางหลวง (พ.ศ. 2519)
2. บริษัท มูเทล(ประเทศไทย) จำกัด. งานศึกษาสภาพการจราจรและการเดินทางบนระบบทางด่วน : รายงานหลัก เล่มที่ 1. การทางพิเศษแห่งประเทศไทย (พ.ศ. 2541)
3. Anzai, H. and Endo, T. On-site indication of fatigue damage under complex loading. International Journal of Fatigue (January 1979) : 40 – 57
4. Downing, S. D. and Socie, D. F. Simple rainflow counting algorithms. International Journal of Fatigue (January 1982) : 31 – 40
5. Hasofer, A. M. and Lind, N. C. An Exact and Invariant Second-Moment Code Format. ASCE, Journal of the Engineering Mechanic Division (February 1974) : Vol. 100, No. EM1
6. JSSC, Fatigue Design Recommendations for Steel Structures [English Version]. Japanese Society of Steel Construction. (December 1995)
7. Keating, P. B. and Fisher, J. W. Review of Fatigue Tests and Design Criteria on Welded Details. Fritz Engineering Laboratory Report 488-1(85), Lehigh University, Bethlehem, PA. (October 1985)
8. Maddox, S. J. Fatigue of Welded Joints Loaded in Bending. TRRL Supplementary Report 84 UC. Transport and Road Research Laboratory, Crowthorne, UK. (1974)
9. Matsuishi, M. and Endo, T. Fatigue of Materials Subjected to Varying Stress. Japan Society of Mechanical Engineers (1968)
10. Miner, M. A. Cumulative damage in fatigue. Transaction of American Society of Mechanical Engineers (1945) : Vol. 67, A159 - 164
11. Moses, F. and Pavia, A. Probability Theory for Highway Bridge Fatigue Stresses-Phase II. Report No. Ohio-DOT-02-76. Department of Civil Engineering, Case Western Reserve University, Cleveland, OH. (August 1976)

12. Nyman, W. E. and Moses, F. Load Simulation for Bridge Design and Life Prediction. Department of Civil Engineering, Case Western Reserve University, Cleveland, OH. (May 1984)
13. NCHRP, Report 299 : Fatigue Evaluation Procedures for Steel Bridges. National Cooperative Highway Research Program, Transportation Research Board, National Research Council, (1987) Washington, D.C.
14. Schilling, C. G., et al. Fatigue of Welded Steel Bridge Members Under Variable-Amplitude Loadings. NCHRP Report 188 (1978)
15. Schilling, C. G. and Klipptein, K. H. New Method for Fatigue Design of Bridge. ASCE, Journal of the Structural Division (March 1978), Vol. 104, No. ST3.
16. Schilling, C. G. Highway Structures Design Handbook, Chapter I/6 – Fatigue, Section I - Fatigue Loading. United States Steel Corporation, Pittsburgh, PA. (March 1982)
17. Schilling, C. G. Impact Factors for Fatigue Design. ASCE, Journal of the Structural Division (September 1982) : Vol. 108, No. ST9
18. Schilling, C. G. Stress Cycles for Fatigue Design of Steel Bridges. ASCE, Journal of the Structural Engineering (June 1984) : Vol. 110, No. 6
19. Smith, J. W. Vibration of Structures : Applications in civil engineering design. CHAPMAN AND HALL (1988)
20. Standard Specifications for Highway Bridges. American Association of State Highway and Transportation Officials (1996) Washington, D.C.
21. Wohler , A. Tests to determine the forces acting on railway carriage axles and the capacity of resistant of the axles. Engineering (1871), 11 : 199

ภาคผนวก

การหาค่าโมเมนต์ความเฉื่อย (Moment of inertia) ของ 6 สะพานที่ทำการศึกษ

การหาค่าโมเมนต์ความเฉื่อยนี้จะทำการหาค่า ณ.ตำแหน่งกึ่งกลางของช่วงคานหลัก ในทั้ง 6 สะพานที่ได้ทำการศึกษา โดยการหาค่าโมเมนต์ความเฉื่อยดังกล่าวนี้จะทำการพิจารณาเพียงแค่ 6 ชิ้นส่วน (ดังรูปที่ (4-2)) โดยที่ชิ้นส่วนทั้ง 6 ชิ้นส่วนนั้น จะเป็น 6 ชิ้นส่วนที่สำคัญต่อการรับแรง และการพิจารณาค่าโมเมนต์ความเฉื่อยนั้นจะไม่คำนึง ชิ้นส่วนทางเดินของสะพาน (curb), ราวกันตก, ผิวทาง เป็นต้น การคำนวณหาค่าโมเมนต์ความเฉื่อยของทั้ง 6 สะพานดังกล่าวนี้ จะทำการคำนวณได้ดังที่แสดงในตารางที่ (ก-1) ถึงตารางที่ (ก-6) ซึ่งจะคำนวณโดยเริ่มจาก

1. ทำการหาค่าพื้นที่ และโมเมนต์ความเฉื่อยของแต่ละชิ้นส่วนที่ได้ทำการพิจารณา
2. จากนั้นทำการหาดำแหน่งของแนวแกนสะเทิน (neutral axis) โดยทำการหาจากโมเมนต์ของพื้นที่ (Moment of area)
3. เมื่อได้ตำแหน่งของแนวแกนสะเทินแล้ว ก็จะทำการหาค่าโมเมนต์ความเฉื่อยของทั้งหน้าตัด (ทั้ง 6 ชิ้นส่วน) โดยจะทำการแสดงได้ตามขั้นตอนดังตารางที่ (ก-1) ถึงตารางที่ (ก-6)

การหาค่าตัวคูณปรับแก้ค่าอัตราส่วนโมเมนต์ความเฉื่อยกับระยะระหว่างแนวแกนสะเทินถึงผิวด้านล่างของหน้าตัด ที่คำนวณได้ให้เป็นค่าที่ใกล้เคียงกับความเป็นจริง

จากหัวข้อที่ผ่านมาั้นการคำนวณหาค่าโมเมนต์ความเฉื่อยนั้นทำการคำนวณมาจากชิ้นส่วน 6 ชิ้นส่วน ทำให้คลาดเคลื่อนจากความเป็นจริงจึงมีความจำเป็นที่จะต้องมีการปรับแก้ค่าอัตราส่วนระหว่างค่าโมเมนต์ความเฉื่อยกับระยะระหว่างแนวแกนสะเทินถึงผิวด้านล่างของหน้าตัดที่คำนวณมาได้ (จากตารางที่ (ก-1) ถึงตารางที่ (ก-6)) ให้เป็นค่าที่ถูกต้องใกล้เคียงกับค่าโมเมนต์ความเฉื่อยที่เป็นจริงมากที่สุด โดยค่าตัวคูณปรับแก้ นั้นสามารถคำนวณได้จากการทดสอบแบบพลศาสตร์ (dynamic test) ซึ่งการทดสอบดังกล่าวจะได้ค่าช่วงความเค้นที่มีค่ามากที่สุดออกมา โดยค่าช่วงความเค้นดังกล่าวนี้เป็นค่าช่วงความเค้นในรูปสัญญาณแบบ quasi static ซึ่งสัญญาณที่ได้มานั้นจะต้องแสดงออกมาในรูปของค่าช่วงความเค้นเสมือน เพราะการทดสอบทางพลศาสตร์ดังกล่าวมีการทดสอบที่แตกต่างกันในเรื่องความเร็วของรถบรรทุก 10 ล้อที่แล่นผ่านสะพาน (ดูรูปแสดงการทำสัญญาณที่ตรวจวัดได้ให้เป็นสัญญาณแบบควอไซสแตติก (quasi

static) ได้ดังรูปที่ (5-1a) ถึงรูปที่ (5-1b)) จากนั้นทำการหาค่าอัตราส่วนความสัมพันธ์กันระหว่างค่าโมเมนต์ความเฉื่อยกับค่าระยะห่างจากแนวแกนสะเทินถึงผิวล่างของหน้าตัดนั้น (I / C_o) ของสะพานที่เป็นตัวแทน (สะพาน B1 ใช้ทำการทดสอบสถิตยศาสตร์) ได้ดังความสัมพันธ์ด้านล่าง

$$R_I = \frac{I}{C_o} = \frac{796.65 \text{ W DF}_o}{S_r} \quad (n-1)$$

โดยที่

ค่า R_I คือ ค่าอัตราส่วนระหว่างค่าโมเมนต์ความเฉื่อยกับระยะห่างระหว่างแนวแกนสะเทินกับ ผิว ล่างของหน้าตัดนั้น

ค่า W คือ ค่าน้ำหนักรวมของรถบรรทุกที่แล่นผ่านสะพานที่ได้ทำการคูณด้วยค่าการกระจายน้ำหนักลงเพลาทั้งสามจะมีการกระจายน้ำหนักตามรูปที่ (3-18) และค่า W ดังกล่าวมีหน่วยเป็น กิโลกรัม

ค่า S_r คือ ค่าช่วงความเค้นที่ทำการตรวจวัดได้ทำการคำนวณมาจากการนำค่าช่วงความเครียดมาเปลี่ยนเป็นค่าช่วงความเค้น (ทำการเปลี่ยนจากค่าความต่างศักย์ที่ตรวจวัดได้มาเป็นค่าช่วงความเครียดจากความสัมพันธ์ที่ว่า 1 โวลท์ = 100 ไมโครค่าความเครียด และพฤติกรรมของชิ้นส่วนสะพานว่าอยู่ในช่วงอีลาสติกและสามารถใช้กฎของฮุก (Hook's law) ได้ ดังนั้นจะได้ว่า

$$\begin{aligned} \sigma &= E \varepsilon \\ \sigma &= 2 \times 10^6 \varepsilon \end{aligned} \quad (n-2)$$

เมื่อ ค่า Modulus of elasticity มีค่าเท่ากับ 2×10^6 กก./ตร.ซม. จึงทำให้ได้ว่า 2 กก./ตร.ซม. เท่ากับ 2 ไมโครของค่าความเครียด)

ค่า DF_o คือ ค่าการกระจายน้ำหนักลงสู่คานตัวนอก (exterior girder, G_1) โดยที่ค่าการกระจายน้ำหนักนี้จะทำการหามาจาก AASHTO ที่คำนวณได้เท่ากับ 0.554 (ในบทที่ 4) ทั้งนี้เนื่องจากให้มีความสอดคล้องกับการทำการประเมินหาอายุการใช้งานที่เหลือ และค่าดังกล่าวนี้ทางมาตรฐาน AASHTO ได้รวมผลของความไม่น่าเชื่อถือของข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัด ซึ่งจะส่งผลทำให้ค่าปรับแก้ดังกล่าวจะมีความเหมาะสมสำหรับการปรับแก้สะพานที่เหลือและความ

สัมพันธดังกล่าวสามารถทำการหามาได้จากการหาค่าโมเมนต์สูงสุดเมื่อนำเอารถบรรทุก 10 ล้อ
 ผ่านสะพาน รูปที่ (4-3) โดยมีภาระกระจายน้ำหนักตามที่ได้จากการทำการทดสอบ (ดังรูปที่
 (3-19)) เพราะเพื่อให้ได้ค่าที่ถูกต้องยิ่งขึ้น (แต่การประเมินนั้นจะใช้ตามมาตรฐานของกรมทาง
 หลวงเพราะทางมาตรฐานดังกล่าวได้ทำการหาจากรถบรรทุกส่วนใหญ่ที่มีใช้งานกันอยู่) ดังนั้นจะ
 ทำการคำนวณหาค่าปรับแก้ R_I ได้ดังนี้

$$R_I = \frac{796.65 \times 21000 \times 0.5544}{414.4} = 22381.56$$

พบว่าสำหรับสะพาน B1 นั้นมีค่า R_I เท่ากับ 25749.03 นั่นคือจะต้องทำการปรับแก้ด้วยค่า
 เท่ากับ 0.87 นั้นหมายความว่าค่า R_I ของทั้ง 6 สะพานต้องถูกทำการปรับแก้ด้วยการคูณ 0.87
 เข้าไปในอัตราส่วนดังกล่าว ดังแสดงในตารางที่ (ก-7) เมื่อทำการคูณค่าที่ได้ทำการปรับแก้ใน
 อัตราส่วนดังกล่าวของทั้ง 5 สะพานที่เหลือ จะทำให้ค่าอัตราส่วนดังกล่าวใกล้เคียงกับความเป็น
 จริงมากยิ่งขึ้น ส่วนสาเหตุที่จำเป็นต้องใช้ค่าอัตราส่วนของค่าโมเมนต์ความเฉื่อยต่อระยะห่าง
 ระหว่างแนวแกนสะเทินถึงผิวล่างของหน้าตัด เป็นค่าที่จะต้องมีการปรับแก้เพราะถ้าทำการปรับแก้
 แต่ค่าโมเมนต์ความเฉื่อยแต่เพียงอย่างเดียวจะไม่ถูกต้องเนื่องจากเมื่อค่าโมเมนต์ความเฉื่อย
 เปลี่ยนไปนั้นหมายความว่าหน้าตัดดังกล่าวต้องมีความเปลี่ยนแปลงด้วย เมื่อหน้าตัดเปลี่ยนไปก็
 หมายความว่าตำแหน่งของแนวแกนสะเทินก็ต้องเปลี่ยนไป ดังนั้นถ้าทำการหาในรูปของอัตราส่วน
 แล้ว จะมีความถูกต้องมากกว่าและจากการวิเคราะห์ที่ผ่านมาพบว่า จะต้องทำการใช้ค่าปรับแก้
 เท่ากับ 0.87 หมายความว่าค่าโมเมนต์ความเฉื่อยที่คำนวณมาจากแบบการก่อสร้างมีค่าน้อยกว่า
 ค่าตามความเป็นจริงจึงจำเป็นต้องมีการเพิ่มค่าโมเมนต์ความเฉื่อย แต่เมื่อเพิ่มค่าโมเมนต์
 ความเฉื่อยแล้วก็ต้องมีการเปลี่ยนแปลงระยะระหว่างแนวแกนสะเทินกับผิวด้านล่างของหน้าตัด
 ด้วย พบว่าค่าดังกล่าวจะมีค่ามากขึ้น (ถ้าพิจารณารูปที่ (4-2) ประกอบกับแบบที่ทำการก่อสร้าง
 จะพบว่าชิ้นส่วนที่อยู่เหนือแนวแกนสะเทินบางชิ้นส่วนไม่ได้มีการนำมาคิดหาค่าโมเมนต์
 ความเฉื่อย และค่าระยะห่างระหว่างแนวแกนสะเทินถึงผิวล่างของหน้าตัด จึงเป็นไปได้ว่าค่าที่
 คำนวณมาได้ในครั้งแรกนั้นมีค่าน้อยกว่าความเป็นจริง)

การทำกรรหารรถบรรทุกที่เหมาะสมสำหรับการประเมินหาอายุการใช้งานที่เหลือในประเทศไทย

จากบทที่ 5 ที่ได้แสดงว่าในประเทศไทยรถทั้ง 5 ประเภท มีความสำคัญในการก่อให้เกิดความเสียหายต่อสะพานไม่ยิ่งหย่อนไปกว่ากัน ทำให้มีความจำเป็นที่จะต้องให้รถบรรทุกมาตรฐานสำหรับการประเมินนั้นมี 5 ประเภทเหมือนกับการตรวจวัดค่าความเครียดในภาคสนาม โดยจะทำการหาค่าน้ำหนักดังกล่าวจากตัวอย่างของข้อมูลสัญญาณที่ทำการตรวจวัดได้ (ปริมาณการเลือกใช้ตัวอย่างเท่ากับปริมาณในหัวข้อการวิเคราะห์ในหัวข้อที่ 4.1.2 ในบทที่ 4) โดยขั้นตอนการวิเคราะห์น้ำหนักนั้นสามารถทำได้ดังนี้

1. การวิเคราะห์นี้จะอยู่ภายใต้เงื่อนไขดังนี้ ระยะระหว่างเพลารถประเภทต่างๆ และการกระจายน้ำหนักลงในแต่ละเพล่า เป็นไปตามตามมาตรฐานกรมทางหลวงของประเทศไทย การหาค่าโมเมนต์สูงสุดที่เกิดในแต่ละสะพาน (ดังรูปที่ (4-3)) สามารถที่จะแสดงออกมาอยู่ในรูปสมการแสดงความสัมพันธ์กันระหว่างค่าน้ำหนักกับค่าโมเมนต์สูงสุดที่เกิดขึ้น

2. สมการแสดงความสัมพันธ์ดังกล่าวข้างต้น สามารถหามาได้จากรูปที่ (4-3)

$$\text{สำหรับรถบรรทุก 6 ล้อ} : M_6 = W_6 (0.25L - 0.54) \quad (ก-3)$$

$$\text{สำหรับรถบัส} : M_B = W_B (0.25L - 0.76) \quad (ก-4)$$

$$\text{สำหรับรถบรรทุก 10 ล้อ} : M_{10} = W_{10} (0.25L - 0.71) \quad (ก-5)$$

$$\text{สำหรับรถบรรทุกกึ่งพ่วง} : M_S = W_S (0.25L - 2.10) \quad (ก-6)$$

$$\text{สำหรับรถบรรทุกพ่วง} : M_F = W_F (0.25L - 1.91) \quad (ก-7)$$

สมการทั้ง 5 สมการข้างต้นจะแสดงค่าโมเมนต์มากที่สุดที่เกิด ณ ตำแหน่งกึ่งกลางช่วงของคาน (mid span) โดยที่

ค่า M คือ ค่าโมเมนต์มากที่สุดที่เกิดขึ้นมีหน่วยเป็น กิโลกรัม - เมตร

ค่า W คือน้ำหนักรวมทั้งหมดของรถบรรทุกประเภทที่กำลังทำการพิจารณามีหน่วยเป็น ตัน

ค่า L คือ ค่าความยาวช่วงของสะพาน (span length) ที่กำลังพิจารณา มีหน่วยเป็น เมตร

3. แต่รถบรรทุกที่ได้นำมาทำการทดสอบทางพลศาสตร์ (Dynamic test) นั้นมีการกระจายน้ำหนักที่แตกต่างจากรถที่กำหนดโดยกรมทางหลวงของประเทศไทย ดังรูปที่ (3-19) ทำให้สมการไม่เป็นเช่นเดียวกันกับสมการที่ (ก-5) แต่จะได้เป็นสมการที่ (ก-8) ดังนี้

$$\text{สำหรับรถบรรทุกทดสอบ:} \quad M_T = W_T (0.25L - 0.78) \quad (\text{ก-8})$$

โดยที่ค่าตัวแปรต่างๆ ยังคงมีความหมายเช่นเดิมและการทดสอบนี้ทราบน้ำหนักบรรทุกรวมของรถบรรทุก 10 ล้อ มีค่าเท่ากับ 21 ตันจึงนำค่าน้ำหนักบรรทุกรวมแทนลงในสมการที่ (ก-8) และนำเอาค่าช่วงความยาวของคานหลักที่มีค่าเท่ากับ 35 เมตร แทนลงในสมการที่ (ก-3) ถึงสมการที่ (ก-8) ได้ดังนี้

$$\text{สำหรับรถบรรทุก 6 ล้อ :} \quad M_6 = 8.20 W_6 \quad (\text{ก-9})$$

$$\text{สำหรับรถบัส :} \quad M_B = 7.99 W_B \quad (\text{ก-10})$$

$$\text{สำหรับรถบรรทุก 10 ล้อ :} \quad M_{10} = 8.04 W_{10} \quad (\text{ก-11})$$

$$\text{สำหรับรถบรรทุกกึ่งพ่วง :} \quad M_S = 6.65 W_S \quad (\text{ก-12})$$

$$\text{สำหรับรถบรรทุกพ่วง :} \quad M_F = 6.84 W_F \quad (\text{ก-13})$$

$$\text{สำหรับรถบรรทุกทดสอบ:} \quad M_T = 7.97 W_T \quad (\text{ก-14})$$

4. ทำการหาค่าช่วงความเครียดเสมือน (equivalent strain range, \mathcal{E}_e) ของคอกโซลแตติก (quasi static) ของรถบรรทุกทดสอบทั้ง 4 ความเร็วของการแล่นผ่านออกมา (รูปที่ (ก-1a) ถึง (ก-1d)) ได้ออกมามีค่าเท่ากับ 207.2 ไมโครของค่าความเครียด

5. ทำการพิจารณาสัญญาณที่ได้ทำการเลือกขึ้นมาจากการตรวจวัด (ใช้ตัวอย่างที่เลือกขึ้นมาแบบเดียวกับการวิเคราะห์ในหัวข้อที่ 4.1.2 ของบทที่ 4) จากนั้นทำการเปลี่ยนแปลงสัญญาณดังกล่าวที่สุ่มขึ้นมาเป็นสัญญาณในรูปแบบคอกโซลแตติก (quasi static) ต่อจากนั้นทำการเปลี่ยนแปลงสัญญาณของคอกโซลแตติก (quasi static) ที่ได้ออกมาให้อยู่ในรูปของค่าช่วงความเครียดเสมือน (equivalent strain range, \mathcal{E}_e) โดยอาศัยสมการที่ (2-1) จะได้ของรถทั้ง 5 ประเภท ดังตารางที่ (ก-8)

6. จากนั้นจะทำการหาน้ำหนักของรถทั้ง 5 ประเภทที่จะใช้เป็นรถบรรทุกมาตรฐานได้จากความสัมพันธ์ดังนี้

$$W = \frac{\text{Cof}_T \times 21 \times \mathcal{E}_T}{\text{Cof} \times \mathcal{E}_{TT}} \quad (\text{n-15})$$

โดยที่

ค่า Cof_T คือ ค่าสัมประสิทธิ์ที่คูณกับค่าน้ำหนักรวมของรถบรรทุกมาตรฐานที่ทำการทดสอบในการศึกษานี้ค่าดังกล่าวมีค่าเท่ากับ 7.9665 (สมการที่ (n-14))

ค่า Cof คือ ค่าสัมประสิทธิ์ที่คูณกับค่าน้ำหนักรวมของรถประเภทที่พิจารณา (สมการที่ (n-9) ถึงสมการที่ (n-13))

ค่า \mathcal{E}_T คือ ค่าช่วงความเครียดเสมือนของรถประเภทต่างๆที่กำลังพิจารณา (ได้มาจากการสุ่มตัวอย่างสัญญาณ)

ค่า \mathcal{E}_{TT} คือ ค่าช่วงความเครียดเสมือนของรถบรรทุกทดสอบในการศึกษานี้มีค่าเท่ากับ 207.2 ไมโครค่าความเครียด

จากสมการที่ (n-15) สามารถที่จะทำการหาค่าน้ำหนักของรถบรรทุกมาตรฐานที่กำหนดขึ้นมาแทนรถบรรทุกมาตรฐานของ AASHTO ได้ดังตารางที่ (n-9)

การทำการหาน้ำหนักรถบรรทุกทั้ง 5 ประเภทที่แล่นผ่านสะพานทั้ง 6 สะพานโดยวิธีการประมาณ

จากหัวข้อที่ผ่านมาการหาน้ำหนักรถบรรทุกมาตรฐานนั้นไม่สามารถนำมาทำการคำนวณในหัวข้อนี้ได้ ทั้งนี้เนื่องจากการคำนวณหาน้ำหนักบรรทุกในหัวข้อดังกล่าวนั้นจำเป็นที่จะต้องอาศัยการทดสอบทางด้านพลศาสตร์ในแต่ละสะพานด้วย ซึ่งการคำนวณหาน้ำหนักในหัวข้อนี้ไม่จำเป็นที่จะต้องใช้ผลการทดสอบทางด้านพลศาสตร์ การคำนวณหาค่าน้ำหนักในหัวข้อนี้จะอาศัยผลจากค่าช่วงความเครียดเสมือนที่ได้จากการตรวจวัดค่าความเครียด (ได้มาจากการสุ่มสัญญาณ), ใช้ค่าอัตราส่วนระหว่างค่าโมเมนต์ความเฉื่อยกับค่าระยะระหว่างแนวแกนสะเทินกับผิวด้านล่างของหน้าตัดกึ่งกลางสะพาน (การตรวจวัดค่าความเครียดได้ทำการตรวจวัดที่ตำแหน่งกึ่งกลาง

สะพาน), ใช้ค่าการกระจายน้ำหนักลงสู่คานตัวนอกจากมาตรฐาน AASHTO โดยขั้นตอนการคำนวณหาน้ำหนักนั้นสามารถทำได้ดังนี้

1. การวิเคราะห์นี้จะอยู่ภายใต้เงื่อนไขดังนี้ ระยะระหว่างเพลลาของรถประเภทต่างๆ และการกระจายน้ำหนักลงในแต่ละเพลลา เป็นไปตามตามมาตรฐานกรมทางหลวงของประเทศไทย การหาค่าโมเมนต์สูงสุดที่เกิดในแต่ละสะพาน (ดังรูปที่ (4-3)) สามารถที่จะแสดงออกมาอยู่ในรูปสมการแสดงความสัมพันธ์กันระหว่างค่าน้ำหนักกับค่าโมเมนต์สูงสุดที่เกิดขึ้น

2. สมการแสดงความสัมพันธ์ดังกล่าวข้างต้น สามารถหามาได้จากรูปที่ (4-3)

$$\text{สำหรับรถบรรทุก 6 ล้อ} : M_6 = W_6 (0.25L - 0.54) \quad (n-3)$$

$$\text{สำหรับรถบัส} : M_B = W_B (0.25L - 0.76) \quad (n-4)$$

$$\text{สำหรับรถบรรทุก 10 ล้อ} : M_{10} = W_{10} (0.25L - 0.71) \quad (n-5)$$

$$\text{สำหรับรถบรรทุกทุกกิ่งพ่วง} : M_S = W_S (0.25L - 2.10) \quad (n-6)$$

$$\text{สำหรับรถบรรทุกทุกพ่วง} : M_F = W_F (0.25L - 1.91) \quad (n-7)$$

- สมการทั้ง 5 สมการข้างต้นจะแสดงค่าโมเมนต์มากที่สุดที่เกิดขึ้น ณ ตำแหน่งกึ่งกลางช่วงของคาน (mid span) โดยที่

ค่า M คือ ค่าโมเมนต์มากที่สุดที่เกิดขึ้นมีหน่วยเป็น กิโลกรัม - เมตร

ค่า W คือ น้ำหนักรวมทั้งหมดของรถบรรทุกประเภทที่กำลังทำการพิจารณา ที่ได้ผ่านการกระจายน้ำหนัก (distribution factor, DF) เรียบร้อยแล้วมีหน่วยเป็น กิโลกรัม

ค่า L คือ ค่าความยาวช่วงของสะพาน (span length) ที่กำลังพิจารณา มีหน่วยเป็น เมตร

3. เมื่อได้ค่าโมเมนต์มากที่สุดออกมาแล้ว ก็จะทำการหาค่าช่วงความเค้นที่เกิดขึ้นจากรถประเภทต่างๆ ได้โดยใช้สมการที่ (n-6)

$$S_r = \frac{M C_b}{I} = \frac{M}{R_I} \quad (n-16)$$

หรือสามารถเขียนได้ใหม่เป็นสมการที่ (n-17) ดังนี้

$$M = S_r R_I \quad (n-17)$$

4. ทำการแทนสมการที่ (n-3) ถึง (n-7) ลงในสมการที่ (n-17) จะได้ดังนี้

$$\text{สำหรับรถบรรทุก 6 ล้อ :} \quad S_{r6} R_I = W_6 (0.25L - 0.54) \times 100 \quad (n-18)$$

$$\text{สำหรับรถบัสด :} \quad S_{r8} R_I = W_8 (0.25L - 0.76) \times 100 \quad (n-19)$$

$$\text{สำหรับรถบรรทุก 10 ล้อ :} \quad S_{r10} R_I = W_{10} (0.25L - 0.71) \times 100 \quad (n-20)$$

$$\text{สำหรับรถบรรทุกกึ่งพ่วง :} \quad S_{rS} R_I = W_S (0.25L - 2.10) \times 100 \quad (n-21)$$

$$\text{สำหรับรถบรรทุกพ่วง :} \quad S_{rF} R_I = W_F (0.25L - 1.91) \times 100 \quad (n-22)$$

5. ทำการพิจารณาสัญญาณที่ได้ทำการเลือกขึ้นมาจากการตรวจวัด (ใช้ตัวอย่างที่เลือกขึ้นมาแบบเดียวกับการวิเคราะห์ในหัวข้อที่ 4.1.2 ของบทที่ 4) จากนั้นทำการเปลี่ยนแปลงสัญญาณดังกล่าวที่สุ่มขึ้นมาเป็นสัญญาณในรูปแบบ quasi static

6. ต่อจากนั้นทำการเปลี่ยนสัญญาณของคอไซสแตติก (quasi static) ที่ได้ออกมาให้อยู่ในรูปของค่าช่วงความเครียดเสมือน (equivalent strain range, ϵ_e) โดยอาศัยสมการที่ (2-1) จะได้ของรถทั้ง 5 ประเภท

7. การหาน้ำหนักโดยวิธีการประมาณนี้ทำได้โดยการแทนค่าอัตราส่วนระหว่างค่าโมเมนต์ความเฉื่อยกับระยะระหว่างแนวแกนสะเทินถึงผิวด้านล่างของหน้าตัด (R_I) ที่ได้ทำการปรับแก้แล้ว, ค่าช่วงความยาวของคันที่กำลังพิจารณา (L) และค่าช่วงความเค้นเสมือนที่ได้มาจากข้อที่ 7 ของรถทั้ง 5 ประเภทลงในสมการที่ (n-18) ถึง (n-22) ตามชนิดของรถบรรทุกที่กำลังพิจารณา แต่ค่า W ที่ได้ออกมานั้นเป็นค่าน้ำหนักรวมทั้งหมดที่มีการคูณด้วยค่าการกระจายน้ำหนักลงสู่คานตัวนอกตามมาตรฐานของ AASHTO (DF_e) ดังนั้นจึงต้องนำเอาค่า W ที่ได้ออกมานั้นหารด้วยค่า DF_e จึงจะได้เป็นน้ำหนักรวมทั้งหมดของรถแต่ละประเภท การคำนวณหาน้ำหนักด้วยวิธีการประมาณนี้สามารถแสดงได้ดังตารางที่ (n-10)

การทำกาประเมินหาอายุการใช้งานที่เหลือโดยอาศัยรณรรทุกมาตรฐานที่ได้กำหนดขึ้นมาใหม่

การประเมินในหัวข้อนี้จะทำการประเมินตามแนวทางของมาตรฐาน AASHTO แต่จะแบ่งเป็น 2 รูปแบบคือ 1.) ค่าช่วงความเค้นเสมือนที่ได้ออกมานั้นจะไม่มี การคูณด้วยค่าสัมประสิทธิ์ความน่าเชื่อถือ (R_s) และ 2.) ค่าช่วงความเค้นเสมือนที่ได้มานั้นจะมีการคูณด้วยค่าสัมประสิทธิ์ความน่าเชื่อถือ (R_s) การที่แบ่งออกมาเป็น 2 แนวทางนี้เพื่อที่จะแสดงให้เห็นถึงผลของการใช้ค่า R_s ในการประเมิน การประเมินทั้งสองแบบจะทำอยู่บนการคำนวณแบบเดียวกันดังนี้

1. ทำการหาค่าช่วงความเค้นเสมือนจากรถทั้ง 5 ประเภทโดยอาศัยสมการที่ (2-1) โดยจะใช้ค่าความถี่ในสมการดังกล่าวเป็นค่าของ ADTT ของรถแต่ละประเภท

2. ถ้าเป็นการประเมินในแนวทางที่ 1 จะทำการกำหนดให้ค่า R_s มีค่าเท่ากับ 1.0 แต่ถ้าเป็นแบบแนวทางที่ 2 นั้นจะใช้ค่า R_s มีค่าเท่ากับ 1.75 เพราะค่าช่วงความเค้นดังกล่าวมาจากแบบจำลองมิได้มาจากการตรวจวัดจริง

3. นำค่า ADTT , S_r , R_s , C และค่า K (ค่าต่างๆนี้หามาในทำนองเดียวกันกับในบทที่ 4) แทนลงในสมการที่ (2-6)

ขั้นตอนการประเมินหาอายุการใช้งานที่เหลือตามแนวทางที่ 1 สามารถแสดงได้ดังตารางที่ (5-9) เป็นแบบแนวทางที่ 2 นั้นสามารถแสดงได้ดังตารางที่ (5-10)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2-1 ค่า K สำหรับแต่ละรูปแบบของรอยต่อ

Detail Category	Intercept on the nominal S-N curve A	Detail Constant, K	Limiting Stress Range S_{FL} (ksi)
A	2.5×10^{10}	68	8.8
B	1.191×10^{10}	33	5.9
B'	6.109×10^9	17	4.4
C	4.446×10^9	12	3.7
D	2.183×10^9	6	2.6
E	1.072×10^9	2.9	1.6
E'	3.908×10^8	1.1	0.9

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3-1 รายงานสรุปสำรวจเบื้องต้นของสะพานทั้ง 6 สะพานที่ทำการศึกษา

ชื่อสะพาน	B 1	B 2	B 3	B 4	B 5	B 6
-----------	-----	-----	-----	-----	-----	-----

1.) ลักษณะของสะพาน

Main span	M-P(8)-35 A-P(6)-25	M(1)-P(4)-35 M(2)-P(8)-30	M-P(8)-35 A(1)-P(3)-25	M(1)-P(8)-40 M(1)-P(8)-40 M(2)-P(8)-35	M(1)-P(8)-45 M(2)-P(8)-50 M(3,4,5)-P(8)-45	M(1)-P(8)-50 A-P(6)-25
Approach span		A-P(6)-25	A(2)-P(6)-25	A-P(6)-25	A-P(6)-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	ไป 2 กลับ 2
ปริมาณรถ	B+	C+	B+	C	A	B

3.) การติดตั้งstrain gage เรียงลำดับจาก ง่ายไปหายาก A→ E ตามลำดับ

การเดินสายไฟ	C+	B+	B+	B+	B+	B
การทำงานของรถเครน	C+	B+	B+	B+	B+	B
รอยรั่ว รอยซึมของน้ำ	B+	B+	B+	B+	B+	B

4.) การวางตู้เคบิน เรียงลำดับจาก ดี ไปไม่ดี A→ E ตามลำดับ

พื้นที่สำหรับการวาง	A	A	A (ถ้าเอาต้นไม้ออก)	A	A	A
ความปลอดภัยจากภัย						
# โจร , ผู้ร้าย	B	B	B	B	B	B
# การโดนรถคันอื่นชน	A	A	A	A	A	A

5.) การติดตั้งกล้อง VDO เรียงลำดับจาก ดี ไปไม่ดี A→ E ตามลำดับ

สถานที่ติดตั้งกล้อง	ตึกห้าง ชั้นที่ 7 , 22	ร.พ. เกษมราษฎร์	สถานีตำรวจดับเพลิงบางซื่อ ชั้นที่ 7	1.The Mall งามวงศ์วาน** 2.ห้าง Super Save **	ตึกห้าง 4 ชั้น บริเวณสามแยกเกษตร	ตึกก่อสร้างใกล้แยกตรงป้อมตำรวจ
มุมมองกล้อง	ALL (B+)	ALL (B+)	ALL (A)	1.-> ALL , 2.-> M-P	M-P2 (A)	M-F
ความปลอดภัย	A	B+	C+	1.->B+ , 2.->C	อันตรายมาก	B

ตารางที่ 3-1 รายงานสรุปสำรวจเบื้องต้นของสะพานทั้ง 6 สะพานที่ทำการศึกษา (ต่อ)

6.) การตรวจนับปริมาณการจราจร เรียงลำดับจาก ดี ไปไม่ดี A → E ตามลำดับ

อาคาร	ตึกช้าง ชั้นที่ 7 , 22	ร.พ. เกษมราษฎร์	สถานีตำรวจดับ เพลิงบางซวน ชั้น ที่ 7	1.The Mall งาม วงศ์วาน** 2.ห้าง Super Save **	ตึกร้าง 4 ชั้น บริเวณ สามแยกเกษตร	ตึกก่อสร้างใกล้ แยกป้อมตำรวจ
สะพานลอย คนเดินข้าม บริเวณ หน้า- ท้ายสะพาน	ไม่มีสะพาน	ไม่มีสะพาน	ไม่มีหลังคา	มีหลังคา	ไม่มีหลังคา	ไม่มีหลังคา

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)	

ตารางที่ 3-3 แสดงตัวอย่างการคำนวณที่หักข้อมูลที่ได้จากการตรวจนับปริมาณการจราจร

การขนส่งสินค้าทางบกปีงบประมาณ 2557

หน้า 18

02:53:5 06:07:46

01 : 01/12/41) ถึง 01 : 12/41) 10551 0000

หมายเลข ทะเบียน(ก.), หมายเลขรถ(ข.), หมายเลขท่า(ค.), หมายเลขพ่วง(ง.), รหัส(จ.), Special(ฉ.)

เวลา	1	2	พิกัด	1	2	พิกัด	1	2
01: 23: 51	U (ขนส่งทางบก)		01: 01: 33	U		07: 00: 59	U (ขนส่งทางบก)	
01: 24: 14	U		01: 01: 51	2		07: 01: 01	U (ขนส่งทางบก)	
01: 25: 02	U (ขนส่งทางบก)		01: 02: 26	U (ขนส่งทางบก)		07: 01: 06	U	
01: 26: 20	U (ขนส่งทางบก)		01: 02: 28	U (ขนส่งทางบก)		07: 01: 33	U (ขนส่งทางบก)	
01: 27: 14	U		01: 03: 02	U (ขนส่งทางบก)		07: 01: 49	U	
01: 28: 17	U		01: 03: 18	U (ขนส่งทางบก)		07: 01: 52	U	
01: 29: 18		2	01: 03: 47	U (ขนส่งทางบก)		07: 01: 59	U (ขนส่งทางบก)	
01: 30: 12	U		01: 03: 58	U		07: 02: 00	U	
01: 31: 26	U		01: 04: 30	U (ขนส่งทางบก)		07: 02: 01	U	
01: 32: 11	U		01: 04: 39	U (ขนส่งทางบก)		07: 02: 08	U	
01: 33: 08	U		01: 04: 44	U (ขนส่งทางบก)		07: 02: 19	U	
01: 34: 17	U		01: 04: 57	U		07: 02: 22	U	
01: 35: 29	U		01: 05: 00	U		07: 02: 24	U (ขนส่งทางบก)	
01: 36: 46	U (ขนส่งทางบก)		01: 05: 12	U		07: 02: 26	U (ขนส่งทางบก)	
01: 37: 34	U (ขนส่งทางบก)		01: 05: 47	U		07: 02: 27	U (ขนส่งทางบก)	
01: 38: 26	U (ขนส่งทางบก)		01: 07: 21	U		07: 02: 29	U	
01: 39: 59	U		01: 08: 40	U		07: 02: 53	U (ขนส่งทางบก)	
01: 40: 57	U (ขนส่งทางบก)		01: 10: 58	U		07: 03: 01	U	
01: 41: 10		U	01: 11: 56	U		07: 03: 16	U (ขนส่งทางบก)	
01: 42: 28	U		01: 12: 19		21	07: 03: 36	U (ขนส่งทางบก)	
01: 43: 13	U		01: 12: 19	U		07: 03: 05	U	
01: 44: 32	U		01: 14: 42	U (ขนส่งทางบก)		07: 03: 11	U (ขนส่งทางบก)	
01: 45: 47	U (ขนส่งทางบก)		01: 16: 10		U	07: 03: 03	U (ขนส่งทางบก)	
01: 46: 46	U (ขนส่งทางบก)		01: 17: 31	U (ขนส่งทางบก)		07: 03: 00		21
01: 47: 33	U (ขนส่งทางบก)		01: 18: 02	U (ขนส่งทางบก)		07: 03: 09	U	
01: 48: 39	U (ขนส่งทางบก)		01: 21: 07	U (ขนส่งทางบก)		07: 03: 39	20	
01: 49: 19	U (ขนส่งทางบก)		01: 20: 29	U		07: 03: 47	U	
01: 50: 01	U		01: 22: 00	U		07: 03: 52	U (ขนส่งทางบก)	
01: 50: 52			01: 23: 22	U (ขนส่งทางบก)		07: 03: 58	U	
01: 51: 59	U (ขนส่งทางบก)		01: 24: 44	U (ขนส่งทางบก)		07: 04: 12	U	
01: 52: 29	U (ขนส่งทางบก)		01: 26: 07		U	07: 04: 27	U (ขนส่งทางบก)	
01: 53: 20	U (ขนส่งทางบก)		01: 28: 26	U		07: 04: 05	U	
01: 54: 05	U (ขนส่งทางบก)		01: 29: 43	U		07: 04: 50	U (ขนส่งทางบก)	
01: 54: 51	U (ขนส่งทางบก)		01: 31: 00		21	07: 04: 01	U	
01: 55: 44	U (ขนส่งทางบก)		01: 32: 53	U (ขนส่งทางบก)		07: 04: 19	U	
01: 56: 45	U		01: 34: 30	U		07: 04: 57	U	
01: 57: 28	U (ขนส่งทางบก)		01: 36: 07	U (ขนส่งทางบก)		07: 05: 04	U	
01: 58: 20	U (ขนส่งทางบก)		01: 38: 02	U		07: 05: 11	U	
01: 59: 15	U (ขนส่งทางบก)		01: 40: 54	U (ขนส่งทางบก)		07: 05: 57	U	
01: 59: 01	U		01: 42: 05	U (ขนส่งทางบก)		08: 00: 00		21
01: 59: 07	U (ขนส่งทางบก)		01: 43: 17		U	08: 00: 13	U (ขนส่งทางบก)	
02: 00: 20	U (ขนส่งทางบก)		01: 54: 44	U		08: 00: 45	U (ขนส่งทางบก)	
02: 01: 13	U		01: 56: 16	U		08: 01: 11	U	
02: 02: 00	U (ขนส่งทางบก)		01: 57: 07	U (ขนส่งทางบก)		08: 01: 54	U	
02: 02: 11	U (ขนส่งทางบก)		01: 58: 40	U		08: 02: 22	U (ขนส่งทางบก)	
02: 03: 46	U (ขนส่งทางบก)		01: 59: 40	U		08: 02: 31	U (ขนส่งทางบก)	
02: 04: 02	U (ขนส่งทางบก)			U		08: 02: 46	U (ขนส่งทางบก)	
02: 04: 07	U (ขนส่งทางบก)			U		08: 02: 50	U	
02: 04: 27	U			U		08: 03: 23	U	
						08: 03: 48	U	

ตารางที่ 4-1 ค่าสัมประสิทธิ์ D ที่ใช้ในการคำนวณค่า DF

Span (feet)	Span (metres)	D
30 or less	9.00 or less	17
40	12	19
60	18	20
90	27	22
120 or more	36 or more	23

ตารางที่ 4-2 ค่าน้ำหนักที่ลงเพลาต่างๆ ของรถบรรทุกมาตรฐาน (fatigue truck) ที่นำไปใช้ในการคำนวณหาค่าโมเมนต์มากที่สุด

น้ำหนักของรถบรรทุกมาตรฐาน	เพลหน้า	เพลกลาง	เพลท้าย
ปอนด์	6000	24000	24000
กิโลกรัม	2721	10884	10884
คูณด้วยค่า D_{fe} (กิโลกรัม)	1508	6034	6034
คูณด้วยค่า impact (กิโลกรัม)	1810	7241	7241

ตารางที่ 4-3 แสดงค่าโมเมนต์ความเฉื่อย, ค่าระยะห่างระหว่างแนวแกนสะเทินถึงผิวด้านล่างของหน้าตัด และอัตราส่วนของ I/C_b

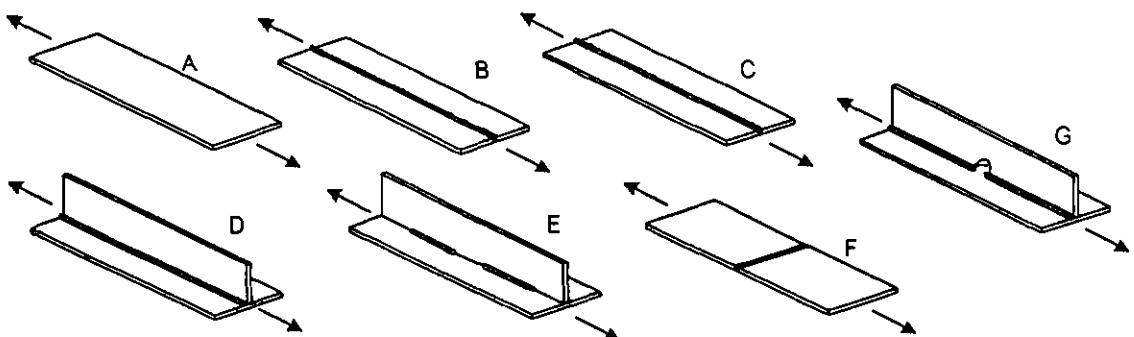
I	3271098	cm. ⁴
C_b	127	cm.
I/C_b	25749	cm. ³

ตารางที่ 4-4 แสดงการหาปริมาณรถบรรทุกเฉลี่ยต่อวันต่อช่องทางจราจร (ADTT) ที่มีการแปลงโดยเทียบกับรถบรรทุก 10 ล้อ

	รถบรรทุก มาตรฐาน	รถบรรทุก 6 ล้อ	รถบั้ต	รถบรรทุก 10 ล้อ	รถบรรทุก กึ่งพวง	รถบรรทุกพ่วง	รวม
weight (kg.)	24490	12000	14000	21000	37400	39200	
max. moment (kg-m.)	106170	65507	74400	102455	165412	178438	
conversion factor ³	1	0.235	0.344	1.000	3.782	4.747	
ADTT (passage/day/ lane)	-	654	289	57	3	4	1006.
modified ADTT	-	154	99	57	11	17	338

ตารางที่ 4-5 แสดงค่า K, ค่าช่วงความเค้นที่ยอมให้ (allowable stress range) และลักษณะการรูปแบบรอยเชื่อมของ AASHTO และ JSSC

Detail Category		Detail Constant, K		Allowable S _r (MPa)	
AASHTO	JSSC	AASHTO	JSSC	AASHTO	JSSC
A	B	68	62.4	158.3	155.0
B	C	33	32.5	124.4	125.0
B'	D	17	16.7	99.7	100.0
C	E	12	8.6	88.8	80.0
D	F	6	4.6	70.5	65.0
E	G	2.9	2.1	55.3	50.0



ตารางที่ 4-6 แสดงปริมาณรถประเภทต่างๆ ที่ได้ทำการสุ่มตัวอย่างเพื่อที่จะได้ทำการหาค่าตัวแทนค่าช่วงความเค้น

ประเภท	ปริมาณรถที่ได้ทำการสุ่มตัวอย่าง (คัน)
รถบรรทุก 6 ล้อ	1313
รถบัล	891
รถบรรทุก 10 ล้อ	180
รถบรรทุกกึ่งพวง	10
รถบรรทุกพวง	9

ตารางที่ 4-7 แสดงค่าช่วงความเค้นที่ได้มาจากการคำนวณ และอัตราส่วนเมื่อเทียบกับรถบรรทุก 10 ล้อ

ค่าช่วงความเค้น	รถบรรทุก 6 ล้อ	รถบัล	รถบรรทุก 10 ล้อ	รถบรรทุกกึ่งพวง	รถบรรทุกพวง
$S_{r_{mc}}$ (ksc.)	219	254	440	704	957
$S_{r_{mc}}$ (ksi.)	3.12	3.62	6.26	10.02	13.62
Ratio ³	0.124	0.194	1.000	4.094	10.297

ตารางที่ 4-8 แสดงปริมาณรถบรรทุกเฉลี่ยต่อวันต่อช่องทางจราจร (ADTT) ที่ได้มีการแปลงโดยเทียบกับรถบรรทุก 10 ล้อ

ปริมาณรถ	รถบรรทุก 6 ล้อ	รถบัล	รถบรรทุก 10 ล้อ	รถบรรทุกกึ่งพวง	รถบรรทุกพวง	รวม
ADTT	654	289	57	3	4	1006
modified ADTT	81	56	57	13	42	249

ตารางที่ 4-9 แสดงการหาค่าตัวแทนค่าช่วงความเค้นของสะพาน B1

stress range	ext	ext	stress range	ext	ext	stress range	ext	ext
ksc.	cycles	$n \cdot S^3$	ksc.	cycles	$n \cdot S^3$	ksc.	cycles	$n \cdot S^3$
62.5	54	13183694	462.5	38	3759402344	862.5	0	0
67.5	1296	868218750	487.5	25	2896435547	887.5	1	699044921.9
112.5	744	1059328125	512.5	19	2557815234	912.5	1	759798828.1
137.5	524	1362195313	537.5	15	2329306641	937.5	1	823974609.4
162.5	452	1939539063	562.5	15	2669677734	962.5	2	1783332031
187.5	524	3454101563	587.5	5	1013896484	987.5	1	962966796.9
212.5	612	5672570313	812.5	10	2297832031	1012.5	1	1037970703
237.5	587	7863736328	637.5	3	777251953.1	1037.5	1	1116771484
262.5	501	9062033203	662.5	0	0	1062.5	0	0
287.5	342	8127175781	687.5	5	1624755859	1087.5	0	0
312.5	204	6225585938	712.5	3	1085115234	1112.5	1	1376892578
337.5	114	4382542969	737.5	2	802261718.8	1137.5	1	1471818359
362.5	72	3429703125	762.5	2	886644531.3	1162.5	1	1571009766
367.5	55	3200205078	787.5	2	976746093.8	1187.5	3	5023681641
412.5	40	2807578125	812.5	3	1609130859	1212.5	0	0
437.5	37	3098388672	837.5	3	1762283203	1237.5	0	0
Total	X_1	X_2	Total	X_3	X_4	Total	X_5	X_6

จำนวนรอบทั้งหมด ($X_1 + X_3 + X_5$) เท่ากับ 6,539 รอบ

ค่าทั้งหมดของ ($n \cdot S^3$) = ($X_2 + X_4 + X_6$) เท่ากับ 106,485,636,700

ตารางที่ 4-10 การประเมินโดยใช้ข้อมูลปริมาณการจราจรจากการตรวจวัดจริง แต่คำนวณผลของค่าช่วงความเค้นจะใช้การวิเคราะห์หาจากแบบจำลองรถบรรทุก (fatigue truck) ที่กำหนดโดยมาตรฐาน

ตัวแปร	B 1	B 2	B 3	B 4	B 5	B 6
ความยาวช่วงสะพาน (m.)	35	35	35	40	45	50
D	22	22	22	23	23	23
ค่าสัมประสิทธิ์การกระจายน้ำหนัก (DF _w)	0.5544	0.5544	0.5544	0.5544	0.6082	0.5544
ค่าสัมประสิทธิ์การกระทบ	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
โมเมนต์มากที่สุดที่เกิดขึ้น (kg-m.)						
รถบรรทุกมาตรฐาน	106170	106170	106170	126468	146623	168078
รถบรรทุก 6 ล้อ	65507	65507	65507	75487	93760	95445
รถบัส	74400	74400	74400	86042	107164	109327
รถบรรทุก 10 ล้อ	102455	102455	102455	119919	150715	154848
รถบรรทุกกึ่งพ่วง	165412	165412	165412	196514	249704	258718
รถบรรทุกพ่วง	178438	178438	178438	211036	267278	276234
ค่าโมเมนต์ความเฉื่อย (cm ⁴) ; I	3271098	3271098	3271098	4546222	6294178	5601492
C _o (cm.)	127	127	127	127	119	111
I / C _o ³ (cm ³)	25748	25748	25748	35836	52733	50292
ค่าปรับแก้ค่า I / C _o	0.8692	0.8692	0.8692	0.8692	0.8892	0.8692
Modified (I / C _o ³) (cm ³)	22380	22380	22380	31149	45835	43714
ค่าความเค้นที่เกิดขึ้น (ksc.)						
รถบรรทุกมาตรฐาน	474	474	474	406	320	384
รถบรรทุก 6 ล้อ	292	292	292	242	204	218
รถบัส	332	332	332	276	233	250
รถบรรทุก 10 ล้อ	457	457	457	384	328	354
รถบรรทุกกึ่งพ่วง	739	739	739	630	544	591
รถบรรทุกพ่วง	797	797	797	677	583	631
ADTT (passage / day / lane)						
รถบรรทุก 6 ล้อ	654	917	860	450	372	327
รถบัส	289	157	123	196	254	220
รถบรรทุก 10 ล้อ	57	56	41	75	33	53
รถบรรทุกกึ่งพ่วง	3	5	4	7	2	0
รถบรรทุกพ่วง	4	9	6	9	3	18

ตารางที่ 4-10 การประเมินโดยใช้ข้อมูลปริมาณการจราจรจากถาวรตรวจวัดจริง แต่คำนวณค่าของ
ความเค้นจะใช้การวิเคราะห์หาจากแบบจำลองรถบรรทุก (fatigue truck) ที่กำหนด
โดยมาตรฐาน (ต่อ)

ตัวแปร	B 1	B 2	B 3	B 4	B 5	B 6
ค่าปรับแก้ ADTT						
รถบรรทุก 6 ล้อ	0.234	0.234	0.234	0.212	0.260	0.183
รถบัส	0.344	0.344	0.344	0.314	0.388	0.275
รถบรรทุก 10 ล้อ	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
รถบรรทุกกึ่งพ่วง	3.781	3.781	3.781	3.751	4.919	3.647
รถบรรทุกพ่วง	4.747	4.747	4.747	4.646	6.032	4.439
modified ADTT (passage / day / lane)						
รถบรรทุก 6 ล้อ	154	215	202	98	97	60
รถบัส	99	54	42	62	99	60
รถบรรทุก 10 ล้อ	57	56	41	75	33	53
รถบรรทุกกึ่งพ่วง	11	18	16	26	10	2
รถบรรทุกพ่วง	17	43	29	41	19	80
Ta (passage / day / lane)	338	386	331	300	257	256
category to use	B'	B'	B'	B'	B'	B'
K for this category	17	17	17	17	17	17
R_f (reliability factor)	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75
C (cycles per truck passage)	1	1	1	1	1	1
a (years)	7	7	7	7	7	7
อายุการใช้งานที่เหลือ (ปี)						
safe life	24	20	24	48	124	69
mean life	320	279	327	582	1392	806

ตารางที่ 4-11 การประเมินโดยใช้ข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดทั้งข้อมูลปริมาณการจราจรและข้อมูล
ความเครียดที่เกิดจากน้ำหนักบรรทุกจร แต่จะหาโดยการเทียบกับรถบรรทุก 10 ล้อ

ตัวแปร	B 1	B 2	B 3	B 4	B 5	B 6
ความยาวช่วงสะพาน (ม.)	35	35	35	40	45	50
ปริมาณการสุ่มตัวอย่าง (คัน)						
รถบรรทุก 6 ล้อ	1313	1121	1514	802	517	364
รถบัส	891	362	273	465	513	339
รถบรรทุก 10 ล้อ	180	124	96	187	23	62
รถบรรทุกกึ่งพ่วง	10	10	7	15	5	0
รถบรรทุกพ่วง	9	10	14	19	2	24
ค่าความเค้นเทียบเท่า S_{mc} (ksc.)						
รถบรรทุก 6 ล้อ	219	186	248	240	134	190
รถบัส	254	177	258	225	166	203
รถบรรทุก 10 ล้อ	440	324	470	583	237	308
รถบรรทุกกึ่งพ่วง	704	198	685	624	340	0
รถบรรทุกพ่วง	957	811	966	903	526	839
ADTT (passage / day / lane)						
รถบรรทุก 6 ล้อ	654	917	860	450	372	327
รถบัส	289	157	123	196	254	220
รถบรรทุก 10 ล้อ	57	56	41	75	33	53
รถบรรทุกกึ่งพ่วง	3	5	4	7	2	0
รถบรรทุกพ่วง	4	9	6	9	3	18
ค่าปรับแก้ ADTT						
รถบรรทุก 6 ล้อ	0.124	0.191	0.147	0.070	0.182	0.236
รถบัส	0.194	0.163	0.165	0.057	0.342	0.284
รถบรรทุก 10 ล้อ	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
รถบรรทุกกึ่งพ่วง	4.094	0.229	3.090	1.224	2.932	0.000
รถบรรทุกพ่วง	10.297	6.725	8.657	3.710	10.872	20.027
modified ADTT (passage / day / lane)						
รถบรรทุก 6 ล้อ	81	175	126	31	67	77
รถบัส	56	26	20	11	87	62
รถบรรทุก 10 ล้อ	57	56	41	75	33	53
รถบรรทุกกึ่งพ่วง	13	1	13	8	6	0
รถบรรทุกพ่วง	42	61	54	32	33	363
Ta (passage / day / lane)	249	319	255	159	226	556
category to use	B'	B'	B'	B'	B'	B'

ตารางที่ 4-11 การประเมินโดยใช้ข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดทั้งข้อมูลปริมาณการจราจรและข้อมูล
ความเครียดที่เกิดจากน้ำหนักบรรทุก แต่จะหาโดยการเทียบกับรถบรรทุก 10 ล้อ
(ต่อ)

ตัวแปร	B 1	B 2	B 3	B 4	B 5	B 6
K for this category	17	17	17	17	17	17
R_s (reliability factor)	1.4875	1.4875	1.4875	1.4875	1.4875	1.4875
C (cycles per truck passage)	1	1	1	1	1	1
a (years)	7	7	7	7	7	7
อายุการใช้งานที่เหลือ (ปี)						
safe life	78	158	81	50	583	102
mean life	555	1079	437	367	3879	714

ตารางที่ 4-12 การประเมินโดยใช้ข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดทั้งข้อมูลปริมาณการจราจรและข้อมูล
ความเครียดที่เกิดจากน้ำหนักบรรทุก

ตัวแปร	B 1	B 2	B 3	B 4	B 5	B 6
ความยาวช่วงสะพาน (m.)	35	35	35	40	45	50
ค่าช่วงความเค้นประสิทธิผล S_e (ksc.)	253	175	268	307	160	239
T_a (passage / day / lane)	1006	1144	1035	745	663	623
category to use	B'	B'	B'	B'	B'	B'
K for this category	17	17	17	17	17	17
R_s (reliability factor)	1.4875	1.4875	1.4875	1.4875	1.4875	1.4875
C (cycles per truck passage)	1	1	1	1	1	1
a (years)	7	7	7	7	7	7
อายุการใช้งานที่เหลือ (ปี)						
safe life	102	283	82	76	644	202
mean life	713	1902	582	538	4276	1370

ตารางที่ 4-13 การประเมินอายุการใช้งานตามหลักการของ Palmgren-Miner

ตัวแปร	B 1	B 2	B 3	B 4	B 5	B 6
ความยาวช่วงสะพาน (ม.)	35	35	35	40	45	50
ค่าช่วงความเค้นประสิทธิผล S_e (ksc.)	253	175	268	307	160	239
ค่าช่วงความเค้นประสิทธิผล S_e (MPa)	24.9	17.2	26.4	30.2	15.8	23.5
จำนวนรอบที่ได้จากการทำ Rainflow counting method (cycles)	6539	3032	2743	1974	1757	1651
strength category	D	D	D	D	D	D
allowable stress range (Mpa)	100	100	100	100	100	100
C_0	2×10^{12}	2×10^{12}	2×10^{12}	2×10^{12}	2×10^{12}	2×10^{12}
จำนวนรอบทั้งหมดสำหรับค่าช่วงความเค้นดังกล่าว (cycles)	130089610	391847766	109296924	72795802	509429180	153860658
a (years)	7	7	7	7	7	7
จำนวนวันที่ได้ทำการตรวจวัด (วัน)	6.5	2.65	2.65	2.65	2.65	2.65
จำนวนรอบต่อวัน	1008	1144	1035	745	663	623
จำนวนรอบที่เกิดขึ้นตั้งแต่เริ่มใช้สะพาน (cycles)	387190	417615	377809	271891	242002	227402
จำนวนรอบที่เหลืออยู่ (cycles)	129722620	391430151	108919114	72523912	509187178	153633256
อายุการใช้งานที่เหลือ (ปี)	347	931	282	260	2096	669

ตารางที่ 4-14 แสดงอายุการใช้งานที่เหลืออย่างปลอดภัยของสะพานตัวอย่างทั้ง 6 สะพาน

วิธีการ	B 1	B 2	B 3	B 4	B 5	B 6
วิธีการที่ 1.1	24	20	24	48	124	69
วิธีการที่ 1.2	78	158	61	50	583	102
วิธีการที่ 1.3	102	283	82	76	644	202
วิธีการที่ 2	347	931	282	260	2096	669

ตารางที่ 5-1 แสดงอายุการใช้งานที่เหลือของสะพานทั้ง 6 สะพาน เมื่อมีการเพิ่มปริมาณการจราจร

อายุการใช้งานที่เหลือ (ปี)						
อัตราการเพิ่ม (%)	B1	B2	B3	B4	B5	B6
0	103	283	82	76	644	202
0.5	71	139	61	57	216	114
1	57	101	49	47	147	85
1.5	48	73	42	40	109	69
2	42	55	37	36	82	60
2.5	38	44	34	32	66	52
3	35	36	31	30	55	47
3.5	32	31	29	27	47	43

ตารางที่ 5-2 แสดงอายุการใช้งานที่เหลือของสะพานทั้ง 6 สะพาน เมื่อข้อมังคับทาง กรุงเทพมหานครใช้ได้อย่างสมบูรณ์

	B 1	B 2	B 3	B 4	B 5	B 6
ค่าช่วงความเค้น (ksc.)						
รถบรรทุก 6 ล้อ	219	186	248	240	134	190
รถบัส	254	177	258	225	166	203
ADTT (passages/lane/day)						
รถบรรทุก 6 ล้อ	654	917	860	450	372	327
รถบัส	289	157	123	196	254	220
Ta	943	1074	983	646	626	547
S _m (ksc.)	231	185	249	235	149	196
R _s	1.4875	1.4875	1.4875	1.4875	1.4875	1.4875
Y _f	146	255	110	204	859	428

ตารางที่ 5-3 แสดงอายุการใช้งานที่เหลือของสะพานทั้ง 6 สะพาน เมื่อให้รถบรรทุกใช้สะพานได้
อย่างถูกกฎหมาย

	B 1	B 2	B 3	B 4	B 5	B 6
ค่าช่วงความเค้น (ksc.)						
รถบรรทุก 6 ล้อ	219	186	248	240	134	190
รถบัส	254	177	258	225	166	203
รถบรรทุก 10 ล้อ	440	324	470	583	237	308
รถบรรทุกกึ่งพ่วง	704	198	685	624	340	0
รถบรรทุกพ่วง	957	611	966	903	526	839
ADTT (passages/lane/day)						
รถบรรทุก 6 ล้อ	654	917	860	450	372	327
รถบัส	289	157	123	196	254	220
รถบรรทุก 10 ล้อ	327	459	430	225	186	163
รถบรรทุกกึ่งพ่วง	49	69	65	34	28	0
รถบรรทุกพ่วง	49	69	65	34	28	24
Ta	1368	1671	1543	939	868	758
S _a (ksc.)	417	285	449	451	223	312
R _s	1.4875	1.4875	1.4875	1.4875	1.4875	1.4875
Y _i	11	39	5	13	176	70

ตารางที่ 5-4 แสดงค่าหน่วยแรงสูงสุดที่เกิดขึ้นในสะพานทั้ง 6 สะพาน

Bridge	span (m.)	Max. weight (tons)	F _y (ksc.)	stress (ksc.)			(S _{DL} + S _{LLmax})/F _y	Predicted Max. Truck W. (tons)
				S _{DL}	S _{LLmax}	S _{DL} + S _{LLmax}		
B 1	35	60.1 *	5000	2397	1187.5	3584.5	0.717	131
B 2	35	48.6 **	5000	2397	987.5	3384.5	0.677	128
B 3	35	58.1 **	5000	2397	1182.7	3579.7	0.716	128
B 4	40	69.9 **	5000	2003	1208.2	3211.2	0.642	173
B 5	45	65.9 **	5000	2068	980.5	3048.5	0.610	197
B 6	50	67.5 **	5000	2841	1087.5	3928.5	0.786	151

* รถบรรทุกกึ่งพ่วง

** รถบรรทุกพ่วง

ตารางที่ 5-5 แสดงอายุการใช้งานที่เหลืออย่างปลอดภัยของสะพาน 6 สะพานที่ได้มาจากการประเมินตามแนวทางของ AASHTO จริงๆ

ตัวแปร	B 1	B 2	B 3	B 4	B 5	B 6
ความยาวช่วงสะพาน (ม.)	35	35	35	40	45	50
D	22	22	22	23	23	23
ค่าสัมประสิทธิ์การกระจายน้ำหนัก (DF _w)	0.554	0.554	0.554	0.554	0.608	0.554
ค่าสัมประสิทธิ์การกระทบ	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
โมเมนต์มากที่สุดที่เกิดขึ้น (kg-m.)						
รถบรรทุกมาตรฐาน	106170	106170	108170	128468	148823	168078
ค่าโมเมนต์รอบแกนเฉื่อย (cm ⁴) ; I	3271098	3271098	3271098	4546222	6294177	5601492
C _b (cm.)	127	127	127	126	119	111
I / C _b (cm ³)	25748	25748	25748	35836	52732	50291
ค่าปรับแก้ค่า I / C _b	0.8692	0.8692	0.8892	0.8692	0.8692	0.8692
Modified (I / C _b) (cm ³)	22380	22380	22380	31149	45835	43713
รถบรรทุกมาตรฐาน	474	474	474	406	320	384
ADTT (passage / day / lane)						
รถบรรทุก 10 ล้อ	57	56	41	75	33	53
รถบรรทุกกึ่งพวง	3	5	4	7	2	0
รถบรรทุกพวง	4	9	6	9	3	16
Ta (passage / day / lane)	63	70	52	91	38	72
category to use	B'	B'	B'	B'	B'	B'
K for this category	17	17	17	17	17	17
R _s (reliability factor)	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75
C (cycles per truck passage)	1	1	1	1	1	1
a (years)	7	7	7	7	7	7
อายุการใช้งานที่เหลือ (ปี)						
safe life	156	141	192	174	872	264
mean life	1744	1580	2126	1931	9419	2897

ตารางที่ 5-6 แสดงค่าการพังทลายต่อวันของรถทั้ง 5 ประเภท สำหรับสะพานทั้ง 6 สะพานที่ได้มาจากการสุ่มตัวอย่าง

ค่าการพังทลาย (Damage x 10⁻⁸)

	B 1	B 2	B 3	B 4	B 5	B 6
รถบรรทุก 6 ล้อ	325.1	281.7	622.1	294.3	42.8	107.6
รถบัส	225.7	41.2	100.0	105.5	54.9	86.9
รถบรรทุก 10 ล้อ	229.3	90.0	201.8	703.2	20.9	73.7
รถบรรทุกกึ่งพวง	49.4	6.2	60.8	80.3	3.7	0.0
รถบรรทุกพ่วง	165.7	97.3	255.6	313.1	20.6	505.1

ตารางที่ 5-7 แสดงค่าช่วงความเค้นที่คำนวณมาจากรถบรรทุกมาตรฐานที่ได้เสนอขึ้นมาใช้แทนมาตรฐาน AASHTO ของทั้ง 6 สะพาน

	B 1	B 2	B 3	B 4	B 5	B 6
ช่วงสะพาน (เมตร)	35	35	35	40	45	50
Modified (1 / C _b) (cm ³)	22380	22380	22380	31149	45835	43713
Impact factor	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
DF _s	0.554	0.554	0.554	0.554	0.608	0.554
น้ำหนักบรรทุกรวม (ตัน)						
รถบรรทุก 6 ล้อ	9	9	9	9	9	9
รถบัส	11	11	11	11	11	11
รถบรรทุก 10 ล้อ	19	19	19	19	19	19
รถบรรทุกกึ่งพวง	39	39	39	39	39	39
รถบรรทุกพ่วง	49	49	49	49	49	49
ค่าช่วงความเค้น (ksc.)						
รถบรรทุก 6 ล้อ	208	208	208	172	145	155
รถบัส	255	255	255	212	179	192
รถบรรทุก 10 ล้อ	446	446	446	402	310	364
รถบรรทุกกึ่งพวง	763	763	763	651	562	611
รถบรรทุกพ่วง	1001	1001	1001	851	732	794

ตารางที่ 5-8 ค่าช่วงความเค้นเสมือนที่คำนวณได้ของรถทั้ง 5 ประเภท เปรียบเทียบกับค่าช่วง
ความเค้นเสมือนที่เกิดขึ้นจริงของสะพานทั้ง 6 สะพาน

	B 1	B 2	B 3	B 4	B 5	B 6
<i>ค่าช่วงความเค้น (ksc.)</i>						
รถบรรทุก 6 ล้อ	208	208	208	172	145	155
รถบัล	255	255	255	212	179	192
รถบรรทุก 10 ล้อ	446	446	446	402	310	364
รถบรรทุกกึ่งพ่วง	763	763	763	651	562	611
รถบรรทุกพ่วง	1001	1001	1001	851	732	794
<i>ADTT</i> <i>(passage / day / lane)</i>						
รถบรรทุก 6 ล้อ	654	917	860	450	372	327
รถบัล	289	157	123	196	254	220
รถบรรทุก 10 ล้อ	57	56	41	75	33	53
รถบรรทุกกึ่งพ่วง	3	5	4	7	2	0
รถบรรทุกพ่วง	4	9	6	9	3	18
<i>ค่าช่วงความเค้นเสมือน</i>						
รถบรรทุกที่เสนอใหม่	274	288	280	281	184	286
Rainflow	253	175	268	307	160	239
ratio	1.083	1.641	1.042	0.914	1.146	1.195
ratio ³	1.270	4.425	1.133	0.765	1.508	1.706

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5-9 แสดงอายุการใช้งานที่เหลือเมื่อใช้ค่าความน่าเชื่อถือเท่ากับ 1.0 โดยเปรียบเทียบกันระหว่างค่าของความเค้นเสมือนที่ได้มาจากการคำนวณจากรถบรรทุกมาตรฐานที่เสนอขึ้นมาใหม่ กับจากการทำเรนโพล์วเคาน์ติง (Rainflow counting)

	B 1	B 2	B 3	B 4	B 5	B 6
$S_{e \text{ new fatigue tr.}}$ (ksc.)	274	288	280	281	184	286
$S_{e \text{ real traf.}}$ (ksc.)	253	175	268	307	160	239
Ta (passage / day / lane)	1006	1144	1035	745	663	623
category to use	B'	B'	B'	B'	B'	B'
K for this category	17	17	17	17	17	17
Rs (reliability factor)	1	1	1	1	1	1
C (cycles per truck passage)	1	1	1	1	1	1
a (years)	7	7	7	7	7	7
อายุการใช้งานที่เหลือ (ปี)						
new fatigue tr.	277	209	253	349	1413	396
real traffic	353	948	287	265	2135	681
ratio	1.275	4.541	1.135	0.760	1.511	1.718

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5-10 แสดงอายุการใช้งานที่เหลือเมื่อใช้ค่าความน่าเชื่อถือเท่ากับ 1.75 และ 1.4875 ตามลำดับ โดยเปรียบเทียบกันระหว่างค่าช่วงความเค้นเสมือนที่ได้มาจากการคำนวณจากรถบรรทุกมาตรฐานที่เสนอขึ้นมาใหม่ กับจากการทำเรนไฟลว์เคาน์ติง (Rainflow counting)

	B 1	B 2	B 3	B 4	B 5	B 6
$S_{e, \text{new fatigue tr.}}$ (ksc.)	274	288	280	281	184	286
$S_{e, \text{real traf.}}$ (ksc.)	253	175	268	307	160	239
Ta (passage / day / lane)	1006	1144	1035	745	663	623
category to use	B'	B'	B'	B'	B'	B'
K for this category	17	17	17	17	17	17
Rs (reliability factor)	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75
Rs (reliability factor)	1.4875	1.4875	1.4875	1.4875	1.4875	1.4875
C (cycles per truck passage)	1	1	1	1	1	1
a (years)	7	7	7	7	7	7
อายุการใช้งานที่เหลือ (ปี)						
new fatigue tr.	46	33	41	59	258	68
real traffic	102	283	82	76	644	202
ratio	2.242	8.509	1.977	1.280	2.496	2.959

ตารางที่ 5-11 แสดงอายุการใช้งานที่เหลือจากการประเมินด้วยวิธีการทั้ง 4 วิธีการในบทที่ 4 และการใช้ค่าช่วงความเค้นที่เกิดจากรถบรรทุกมาตรฐานขึ้นมาใหม่ โดยใช้วิธีการเช่นเดียวกับในหัวข้อที่ 4.1.1 ในบทที่ 4

วิธีการประเมิน	B1	B2	B3	B4	B5	B6
หัวข้อ 1.1 ในบทที่ 4	24	20	24	48	124	69
หัวข้อ 1.2 ในบทที่ 4	78	158	61	50	583	102
หัวข้อ 1.3 ในบทที่ 4	103	283	82	76	644	202
หัวข้อ 2 ในบทที่ 4	347	931	282	260	2096	669
รถบรรทุกมาตรฐานที่เสนอขึ้นมาใหม่	46	33	41	59	258	68

ตารางที่ 5-12 แสดงค่าช่วงความเค้นในการประเมินหาอายุการใช้งานที่เหลือ ของทุกสะพาน โดยที่ค่าช่วงความเค้นดังกล่าวจะอยู่บนพื้นฐานของค่า ADTT ที่เท่ากัน

วิธีการประเมิน	B1	B2	B3	B4	B5	B6
หัวข้อ 1.1 ในบทที่ 4	329	330	324	309	233	285
หัวข้อ 1.2 ในบทที่ 4	275	211	295	348	166	297
หัวข้อ 1.3 ในบทที่ 4	253	175	268	307	160	239
หัวข้อ 2 ในบทที่ 4	253	175	268	307	160	239
รถบรรทุกมาตรฐานที่เสนอขึ้นมาใหม่	274	288	280	281	184	286
ADTT	1006	1144	1035	745	663	623

ตารางที่ 5-13 แสดงค่าช่วงความเค้นที่ได้จากตารางที่ (5-10) แต่มีการคูณค่าความน่าเชื่อถือเพิ่มเติมเข้าไป

วิธีการประเมิน	B1	B2	B3	B4	B5	B6	R_s
หัวข้อ 1.1 ในบทที่ 4	577	577	567	541	408	500	1.75
หัวข้อ 1.2 ในบทที่ 4	410	315	438	518	246	442	1.4875
หัวข้อ 1.3 ในบทที่ 4	377	261	426	457	239	356	1.4875
หัวข้อ 2 ในบทที่ 4	253	175	286	307	160	239	1
รถบรรทุกมาตรฐานที่เสนอขึ้นมาใหม่	480	504	490	492	322	501	1.75

ตารางที่ 5-14 แสดงน้ำหนักบรรทุกรวมของรถทั้ง 5 ประเภท ที่ได้มาจากการสมมติตัวอย่าง ทั้ง 6 สะพาน

ประเภทรถ	B1	B2	B3	B4	B5	B6	เสนอใหม่
รถบรรทุก 6 ล้อ	9	8	11	13	9	11	9
รถบัส	11	8	12	14	12	12	11
รถบรรทุก 10 ล้อ	19	14	21	31	16	19	19
รถบรรทุกกึ่งพ่วง	39	16	33	39	30	0	39
รถบรรทุกพ่วง	49	34	50	53	39	51	49

ตารางที่ 5-15 แสดงน้ำหนักบรรทุกเปรียบเทียบที่ได้จากการตรวจวัดจริง น้ำหนักบรรทุกมาตรฐานที่เสนอขึ้นมาใหม่หลังจากที่คูณสัมประสิทธิ์การปรับแก้น้ำหนัก และน้ำหนักตามที่กรมทางหลวงกำหนด

	น้ำหนักบรรทุกเฉลี่ยจากการจราจรจริง (ตัน)	น้ำหนักบรรทุกมาตรฐานที่เสนอใหม่ (ตัน)	น้ำหนักบรรทุกตามมาตรฐานกรมทางหลวง (ตัน)
รถบรรทุก 6 ล้อ	10	9	12.0
รถบัส	11	11	14.0
รถบรรทุก 10 ล้อ	22	19	21.0
รถบรรทุกกึ่งพ่วง	34	39	37.4
รถบรรทุกพ่วง	49	49	39.2

ตารางที่ 5-16 แสดงค่าของความเค้นที่ได้จากรถบรรทุกตามมาตรฐานกรมทางหลวงประเทศไทย เมื่อใช้ค่าการกระจายน้ำหนักลงสู่คานตัวนอก และค่าการกระแทกตามมาตรฐาน AASHTO

	B1	B2	B3	B4	B5	B6
น้ำหนัก (ตัน)						
รถบรรทุก 6 ล้อ	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0
รถบัส	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0
รถบรรทุก 10 ล้อ	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0
รถบรรทุกกึ่งพ่วง	37.4	37.4	37.4	37.4	37.4	37.4
รถบรรทุกพ่วง	39.2	39.2	39.2	39.2	39.2	39.2
R_1	22380	22380	22380	31149	45835	43713
DF_0	0.554	0.554	0.554	0.554	0.608	0.554
impact	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
S_r (ksc.)						
รถบรรทุก 6 ล้อ	292	292	292	242	204	218
รถบัส	332	332	332	276	233	250
รถบรรทุก 10 ล้อ	446	446	446	402	310	364
รถบรรทุกกึ่งพ่วง	739	739	739	630	544	591
รถบรรทุกพ่วง	797	797	797	677	583	631

ตารางที่ 5-17 แสดงอายุการใช้งานที่เหลือที่ได้จากการประเมินตามแนวทางของ AASHTO เมื่อใช้ค่าช่วงความเค้นที่ได้จากการตรวจวัดจริง. น้ำหนักตามมาตรฐานของกรมทางหลวงประเทศไทย และจากรถบรรทุกมาตรฐานที่เสนอขึ้นมาใหม่หลังจากที่มีการคูณค่าสัมประสิทธิ์การปรับแก้น้ำหนักแล้ว

ค่าช่วงความเค้น	B1	B2	B3	B4	B5	B6
การตรวจวัดจริง	102	283	82	76	644	202
รถบรรทุกมาตรฐานที่เสนอใหม่	46	34	44	64	203	71
กรมทางหลวง	24	20	25	50	122	73

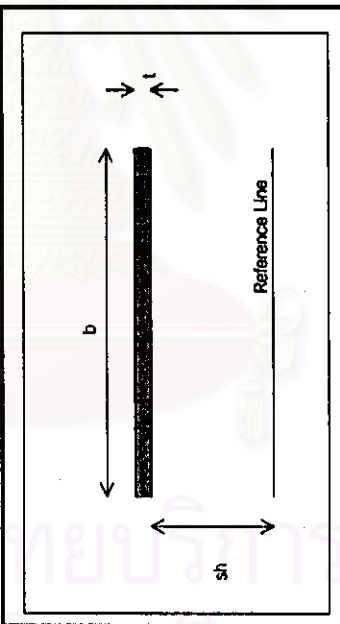
ตารางที่ 5-18 แสดงค่าช่วงความเค้นของรถทั้ง 5 ประเภทจากมาตรฐานกรมทางหลวง (ไทย) และรถบรรทุกมาตรฐานที่เสนอใหม่ ของสะพานทั้ง 6 สะพาน

	B1	B2	B3	B4	B5	B6
Sr (ksc.)						
รถบรรทุก 6 ล้อ	292	292	292	242	204	218
รถบัส	332	332	332	276	233	250
รถบรรทุก 10 ล้อ	446	446	446	402	310	364
รถบรรทุกกึ่งพ่วง	739	739	739	630	544	591
รถบรรทุกพ่วง	797	797	797	677	583	631
S _{mnc} (ksc.) จากรถบรรทุกมาตรฐานใหม่						
รถบรรทุก 6 ล้อ	208	208	208	172	145	155
รถบัส	255	255	255	212	179	192
รถบรรทุก 10 ล้อ	446	446	446	402	310	364
รถบรรทุกกึ่งพ่วง	763	763	763	651	562	611
รถบรรทุกพ่วง	1001	1001	1001	851	732	794

ตารางที่ ก-1 แสดงการคำนวณหาค่าโมเมนต์ความเฉื่อยของสะพาน B1

Moment of Inertia calculation sheet

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16		
dimension	No.	cm.	cm.	cm.2	cm.4	cm.	cm.	cm.3	cm.2	cm.3	cm.	cm.	cm.3	cm.4	cm.4	remark	code
①	1	173	1.2	207.6	24.9	177.2	177.8	36911.28	747	94897.18	127.04	50.76	10538.25	534945.51	534970.42	deck plate	3-DK2A-1
②	4	-	-	149.86	2440.0	-	160.81	24102.20	747	94897.18	127.04	33.77	5061.79	170948.14	693552.56	unequal angle	3-DK-2A-6
③	1	1.4	47.8	66.92	12741.8	129.4	153.3	10258.84	747	94897.18	127.04	26.26	1757.47	48155.21	58897.00	plate at deck	3-DK-2A-9
④	1	1.2	175	210	535937.5	2.2	89.7	18837.00	747	94897.18	127.04	37.34	7840.92	292762.16	826699.66	web plate	3-DK-2A-11
⑤	1	33	2.2	72.6	29.3	0	1.1	79.86	747	94897.18	127.04	125.94	9143.08	1151458.50	1151487.79	flange for G1	3-DK-2A-12
⑥	1	40	1	40	3.3	117.2	117.7	4708.00	747	94897.18	127.04	9.34	373.51	3487.72	3491.06		3-DK-2A-16

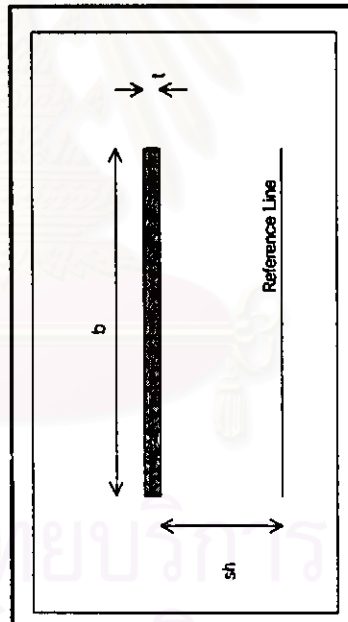


sum inertia	3271098.48	cm.4	0.03	m.4
sum Area	747.00	cm.2	0.07	m.2
sum A*d	34715.02	cm.3	0.03	m.3
delta	178.40	cm.	1.78	m.
cb	127.04	cm.	1.27	m.
ct	51.36	cm.	0.51	m.
1/Cb	25749.03	cm.	0.03	m.

ตารางที่ ก-2 แสดงการคำนวณหาค่าโมเมนต์ความเฉื่อยของสะพาน B2

Moment of Inertia calculation sheet

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	remark	code
dimension	No.	cm.	cm.	cm.2	cm.4	cm.	cm.	cm.3	cm.2	cm.3	cm.	cm.	cm.3	cm.4	cm.4		
		b	t	Area	$I = (b^3t^3)/12$	sh	sh + t/2	5*9	sum area	sum(9)	Cb	d	A*d	A*d^2	I + A*d^2	deck plate	
①	1	173	1.2	207.6	24.9	177.2	177.8	36911.28	747	94897.18	127.04	50.76	10538.25	534945.51	534970.42		3-DK2A-1
②	4	-	-	149.88	2440.0	-	160.81	24102.20	747	94897.18	127.04	33.77	5061.79	170948.14	693552.56	unequal angle	3-DK-2A-6
③	1	1.4	47.8	66.92	12741.8	129.4	153.3	10258.84	747	94897.18	127.04	28.26	1757.47	48155.21	58697.00	plate at deck	3-DK-2A-9
④	1	1.2	175	210	535937.5	2.2	89.7	18637.00	747	94897.18	127.04	37.34	7840.92	292762.16	828699.66	web plate	3-DK-2A-11
⑤	1	33	2.2	72.6	29.3	0	1.1	79.86	747	94897.18	127.04	125.84	9143.08	1151458.50	1151487.79	Range for G1	3-DK-2A-12
⑥	1	40	1	40	3.3	117.2	117.7	4708.00	747	94897.18	127.04	9.34	373.51	3487.72	3491.06		3-DK-2A-16

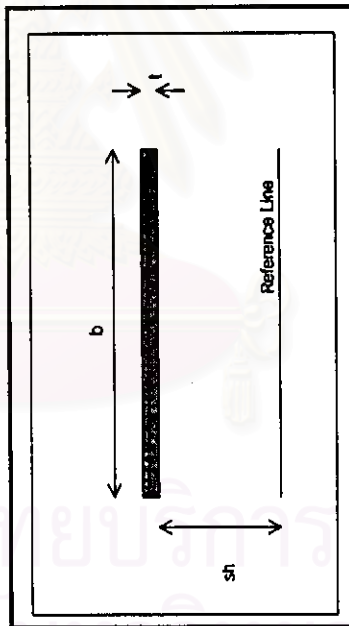


sum inertia	3271098.48	cm.4	0.03	m.4
sum Area	747.00	cm.2	0.07	m.2
sum A*d	34715.02	cm.3	0.03	m.3
delta	178.40	cm.	1.78	m.
cb	127.04	cm.	1.27	m.
ct	51.36	cm.	0.51	m.
I / Cb	25749.03	cm.	0.03	m.

ตารางที่ ก-3 แสดงการคำนวณหาค่าโมเมนต์ความเฉื่อยของสะพาน B3

Moment of Inertia calculation sheet

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	code	
dimension	No.	cm.	cm.	cm.2	cm.4	cm.	cm.	cm.3	cm.2	cm.3	cm.	cm.	cm.3	cm.4	cm.4	remark	
		b	t	Area	$I = (b \cdot t^3) / 12$	sh	sh + t/2	5 th	sum area	sum(9)	Cb	d	A ² d	A ³ d ²	I + A ² d ²		
①	1	173	1.2	207.6	24.9	177.2	177.8	36911.28	747	94897.18	127.04	50.76	10538.25	534945.51	534970.42	deck plate	3-DK2A-1
②	4	-	-	149.88	2440.0	-	160.81	24102.20	747	94897.18	127.04	33.77	5061.79	170948.14	693552.56	unequal angle	3-DK-2A-6
③	1	1.4	47.8	66.92	12741.8	129.4	153.3	10258.84	747	94897.18	127.04	26.26	1757.47	46155.21	58897.00	plate at deck	3-DK-2A-9
④	1	1.2	175	210	535937.5	2.2	89.7	18837.00	747	94897.18	127.04	37.34	7840.92	292762.16	828699.66	web plate	3-DK-2A-11
⑤	1	33	2.2	72.6	29.3	0	1.1	79.86	747	94897.18	127.04	125.94	9143.08	1151458.50	1151487.79	flange for G1	3-DK-2A-12
⑥	1	40	1	40	3.3	117.2	117.7	4708.00	747	94897.18	127.04	9.34	373.51	3487.72	3491.06		3-DK-2A-16



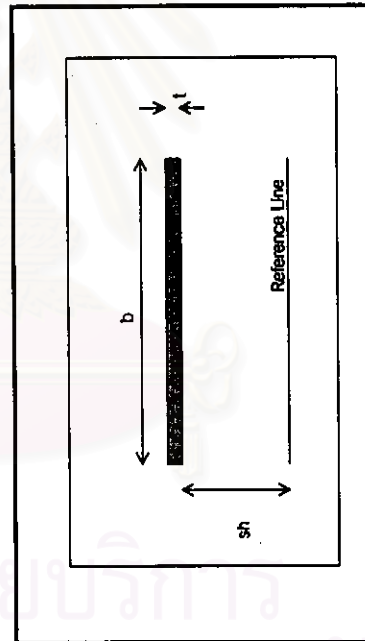
sum Inertia	3271098.48	cm.4	0.03	m.4
sum Area	747.00	cm.2	0.07	m.2
sum A ² d	34715.02	cm.3	0.03	m.3
delta	178.40	cm.	1.78	m.
cb	127.04	cm.	1.27	m.
cl	51.36	cm.	0.51	m.
I/Cb	25749.03	cm.	0.03	m.

ตารางที่ ก-4 แสดงการคำนวณหาค่าโมเมนต์ความเฉื่อยของสะพาน B4

Moment of inertia calculation sheet

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	remark
dimension	No.	cm.	cm.	cm.2	cm.4	cm	cm.	cm.3	cm.2	cm.3	cm	cm	cm.3	cm.4	cm.4	
		b	t	Area	$I = (b \cdot t^3) / 12$	sh	sh + 1/2	5*9	sum area	sum(9)	Cb	d	A*d	A*d ²	1 + A*d ²	
①	1	173.00	1.90	328.70	98.88	177.50	178.45	58656.52	939.33	119163.37	126.86	51.59	16957.65	874845.53	874844.42	deck plate
②	4	-	-	149.88	2440.00	-	161.11	24147.17	939.33	119163.37	126.86	34.25	5133.40	175818.98	713035.94	unequal angle
③	1	1.90	42.50	80.75	12154.56	135.00	156.25	12617.19	939.33	119163.37	126.86	29.39	2373.25	69749.77	81904.33	plate at deck
④	1	1.20	175.00	210.00	536937.50	2.50	90.00	18900.00	939.33	119163.37	126.86	36.86	7740.59	285317.95	821255.45	web plate
⑤	1	52.00	2.50	130.00	67.71	0.00	1.25	162.50	939.33	119163.37	126.86	125.61	16329.30	2051122.17	2051189.89	flange for G1
⑥	1	40.00	1.00	40.00	3.33	116.50	117.00	4690.00	939.33	119163.37	126.86	9.86	394.40	3888.76	3892.09	

sum inertia	4546222.10	cm.4	0.05	m.4
sum Area	939.33	cm.2	0.09	m.2
sum A*d	48928.57	cm.3	0.05	m.3
delta	178.60	cm.	1.79	m.
cb	126.86	cm.	1.27	m.
ct	51.74	cm.	0.52	m.
1/Cb	35836.54	cm.	0.04	m.

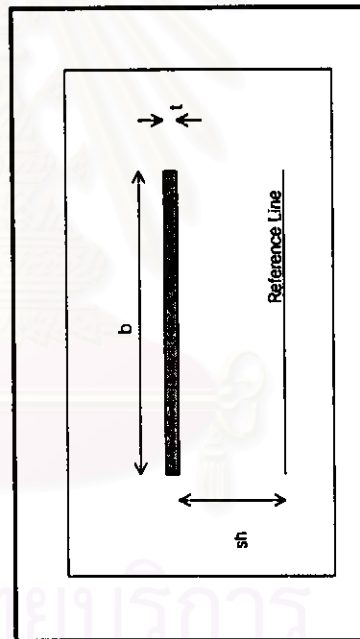


ตารางที่ ก-5 แสดงการคำนวณหาค่าโมเมนต์ความเฉื่อยของสะพาน B5

Moment of inertia calculation sheet

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	remark
dimension	No.	cm.	cm.	cm.2	cm.4	cm	cm.	cm.3	cm.2	cm.3	cm	cm	cm.3	cm.4	cm.4	
	b		t	Area	$I = (b^3t)/12$	sh	sh + 1/2	5*9	sum area	sum(9)	Cb	d	A*d	A*d ²	I + A*d ²	
①	191.5	1.9	1.9	363.85	109.5	178.2	179.15	65183.73	1435.16	171304.8	119.36	59.79	21753.54	1300591.72	1300691.18	deck plate
②	-	-	-	149.88	2440.0	-	161.81	24252.06	1435.16	171304.8	119.36	42.45	6361.97	270047.49	1089949.96	unequal angle
③	1	1.9	47.7	90.63	17184.1	130.5	154.35	13988.74	1435.16	171304.8	119.36	34.99	3170.88	110940.05	128124.18	plate at deck
④	1	1.2	175	210	535937.5	3.2	90.7	19047.00	1435.16	171304.8	119.36	28.66	6019.20	172527.74	708465.24	web plate
⑤	1	69	3.2	220.8	188.4	0	1.5	353.28	1435.16	171304.8	119.36	117.76	26002.04	3062075.57	3062263.99	flange for G1
⑥	1	40	10	400	3333.3	116.2	121.2	48480.00	1435.16	171304.8	119.36	1.84	734.85	1950.00	4683.34	

sum Inertia	6294177.89	cm.4	0.08	m.4
sum Area	1435.16	cm.2	0.14	m.2
sum A*d	64042.50	cm.3	0.08	m.3
delta	178.60	cm.	1.79	m.
cb	119.36	cm.	1.19	m.
ct	59.24	cm.	0.59	m.
I / Cb	52731.45	cm.	0.06	m.

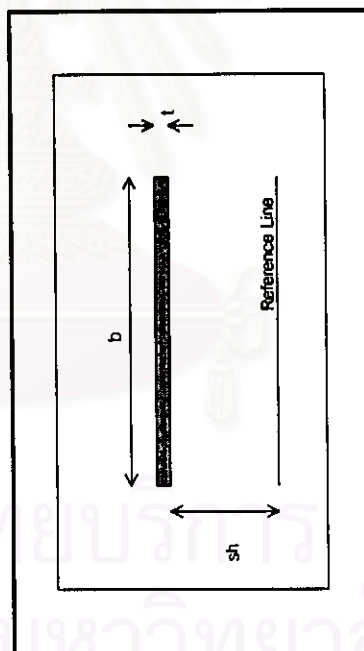


ตารางที่ ก-6 แสดงการคำนวณหาค่าโมเมนต์ความเฉื่อยของสะพาน B6

Moment of Inertia calculation sheet

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	remark
dimension	No.	cm.	cm.	cm.2	cm.4	cm	cm.	cm.3	cm.2	cm.3	cm	cm	cm.3	cm.4	cm.4	
①	1	173	1.2	207.6	24.9	178.2	178.8	37118.88	863.62	96193.45	111.38	67.42	13995.56	943524.82	943549.73	check plate
②	4	-	-	149.88	2440.0	-	161.81	24252.06	863.62	96193.45	111.38	50.43	7557.85	381112.11	1534208.44	unequal angle
③	1	1.9	46.6	88.54	18022.5	131.6	154.9	13714.85	863.62	96193.45	111.38	43.52	3852.91	167863.10	183685.59	plate at deck
④	1	1.2	175	210	535937.5	3.2	90.7	19047.00	863.62	96193.45	111.38	20.68	4343.64	89843.84	625781.34	web plate
⑤	1	60	3.2	192	163.8	0	1.6	307.20	863.62	96193.45	111.38	109.78	21078.53	2314085.06	2314248.90	flange for G1
⑥	1	13	1.2	15.6	1.9	111.8	112.4	1753.44	863.62	96193.45	111.38	1.02	15.85	16.10	17.98	

sum inertia	5601491.97	cm.4	0.06	m.4
sum Area	863.62	cm.2	0.09	m.2
sum A*d	50944.33	cm.3	0.05	m.3
delta	178.60	cm.	1.79	m.
cb	111.38	cm.	1.11	m.
cl	67.22	cm.	0.67	m.
I/Cb	50291.92	cm.	0.05	m.



ตาราง ก-7 แสดงค่าปรับแก้ค่า (I/C_b) ของสะพานทั้ง 6 สะพาน

	dynamic test	B 1	B 2	B 3	B 4	B 5	B 6
ค่าโมเมนต์ความเฉื่อย (cm^4) ; I	-	3271098	3271098	3271098	4546222	6294178	5601492
C_b (cm.)	-	127	127	127	126	119	111
I/C_b (cm^3)	22381	25748	25748	25748	35836	52732	50291
ค่าปรับแก้ค่า I/C_b	1	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87
Modified (I/C_b) (cm^3)	22381	22380	22380	22380	31149	45835	43713

ตารางที่ ก-8 แสดงค่าช่วงความเครียดเสมือนของรถทั้ง 5 ประเภทที่ได้จากการล้มตัวอย่าง

ประเภท	Quasi strain ($\times 10^{-6}$)
รถบรรทุก 6 ล้อ	86.98
รถบัส	106.53
รถบรรทุก 10 ล้อ	187.85
รถบรรทุกกึ่งพ่วง	318.01
รถบรรทุกพ่วง	417.44

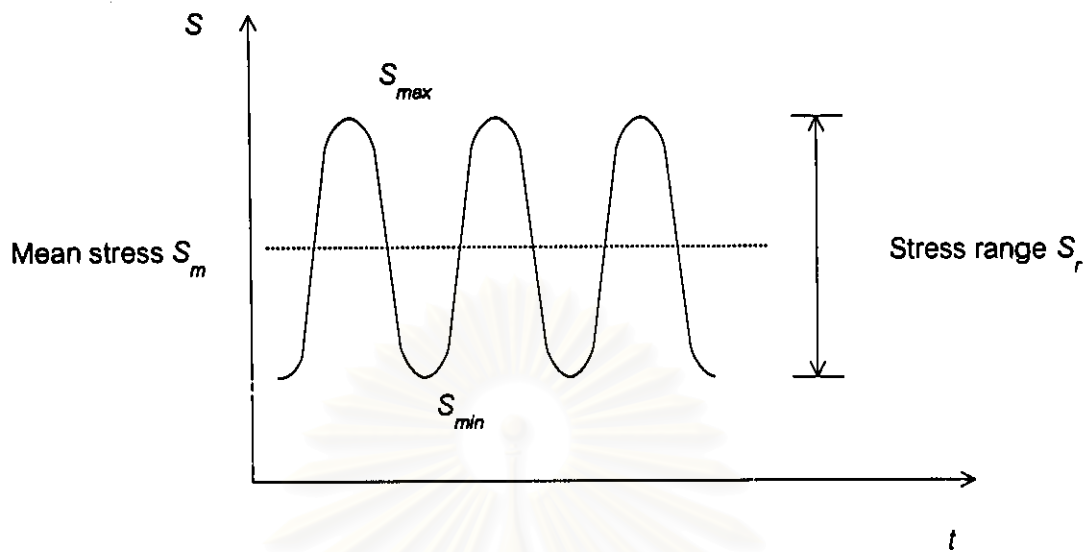
ตารางที่ ก-9 ค่าสัมประสิทธิ์การปรับแก้น้ำหนัก (γ) และน้ำหนักรถบรรทุกมาตรฐานของรถทั้ง 5 ประเภทที่เสนอขึ้นมาแทนมาตรฐาน AASHTO หลังจากที่มีการคูณค่าปรับแก้ น้ำหนักแล้ว เทียบกับรถที่กำหนดโดยกรมทางหลวงของประเทศไทย

	ค่าสัมประสิทธิ์การ ปรับแก้ น้ำหนัก, γ	น้ำหนักรวม (ตัน) ของรถบรรทุกมาตรฐาน	น้ำหนักรวม (ตัน) ของกรมทางหลวง
รถบรรทุก 6 ล้อ	0.35	9	12.0
รถบัส	0.44	11	14.0
รถบรรทุก 10 ล้อ	0.77	19	21.0
รถบรรทุกกึ่งพ่วง	1.58	39	37.4
รถบรรทุกพ่วง	2.01	49	39.2

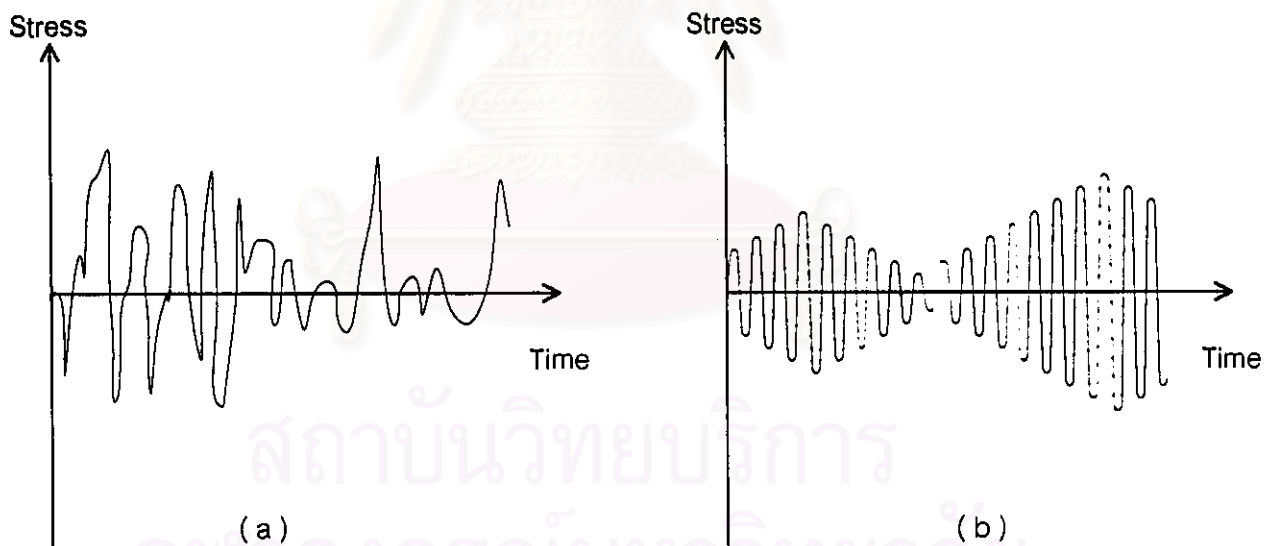
ตารางที่ ก-10 แสดงภาระน้ำหนักรถบรรทุกทั้ง 5 ประเภทด้วยวิธีการประมาณ

	B1	B2	B3	B4	B5	B6
ช่วงคานหลัก (เมตร)	35	35	35	40	45	50
$S_{r \text{ equal static}}$ (ksc.)						
รถบรรทุก 6 ล้อ	173	161	225	211	129	170
รถบัส	213	164	234	222	161	176
รถบรรทุก 10 ล้อ	375	283	423	508	230	285
รถบรรทุกกึ่งพ่วง	636	265	550	554	361	0
รถบรรทุกพ่วง	834	575	847	766	484	680
R_I	22380	22380	22380	31149	45835	43713
DF_o	0.554	0.554	0.554	0.554	0.608	0.554
น้ำหนัก (ตัน)						
รถบรรทุก 6 ล้อ	9	8	11	13	9	11
รถบัส	11	8	12	14	12	12
รถบรรทุก 10 ล้อ	19	14	21	31	16	19
รถบรรทุกกึ่งพ่วง	39	16	33	39	30	0
รถบรรทุกพ่วง	49	34	50	53	39	51

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



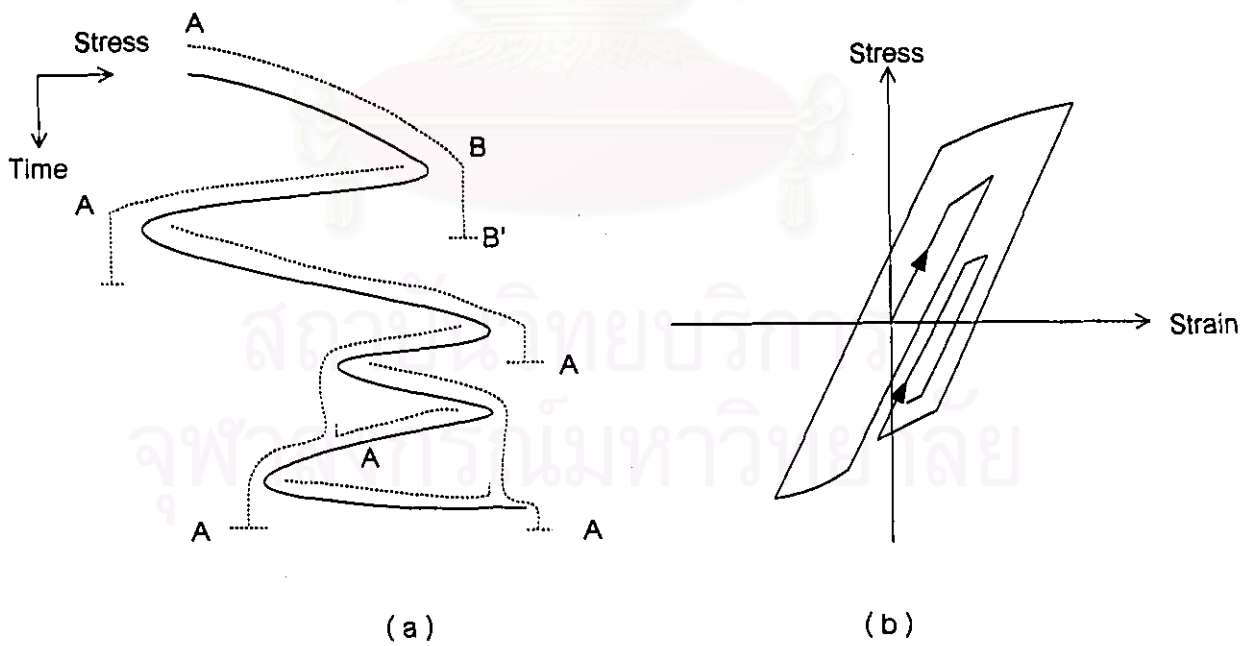
รูปที่ 2-1 รูปแสดงค่าของความเค้นที่ได้จากการหาในกรณีที่มีลักษณะขนาดของหน่วยแรงคงที่ (constant amplitude)



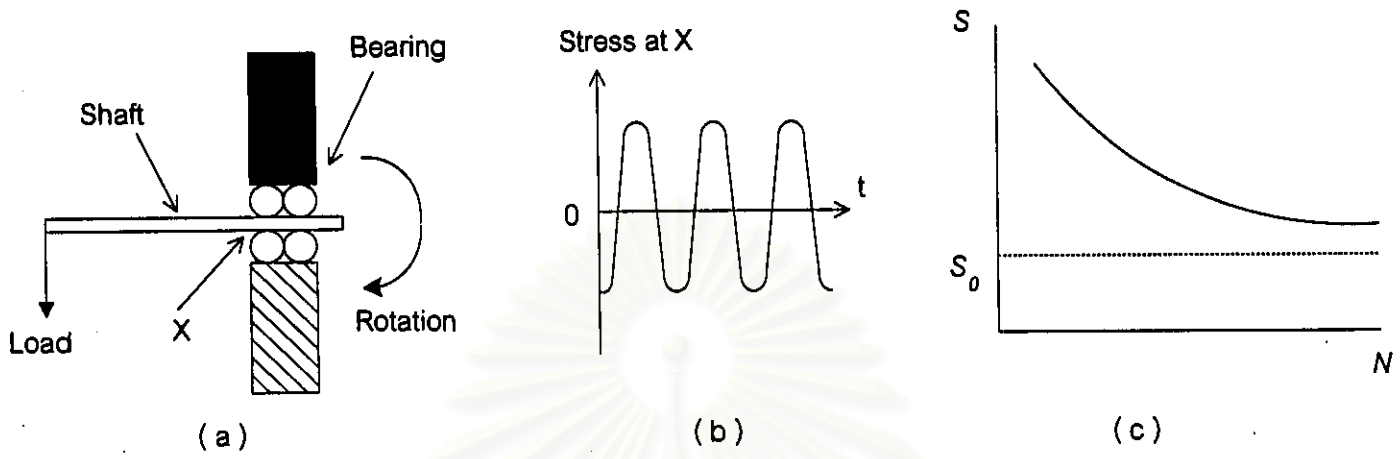
รูปที่ 2-2 แสดงลักษณะสัญญาณค่าความเค้น (a) แบบที่มีความเปลี่ยนแปลงไม่คงที่ (b) แบบที่เป็นสัญญาณแบบแถบแคบๆ (narrow band)



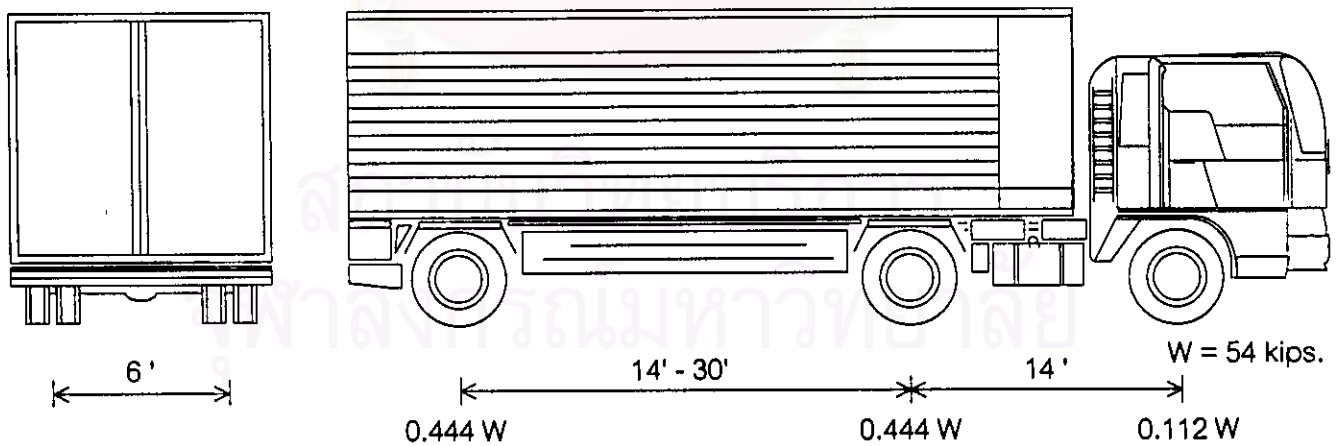
รูปที่ 2-3 แผนภูมิแท่งสำหรับจำนวนรอบในแต่ละค่าของความเค้น (stress histogram)



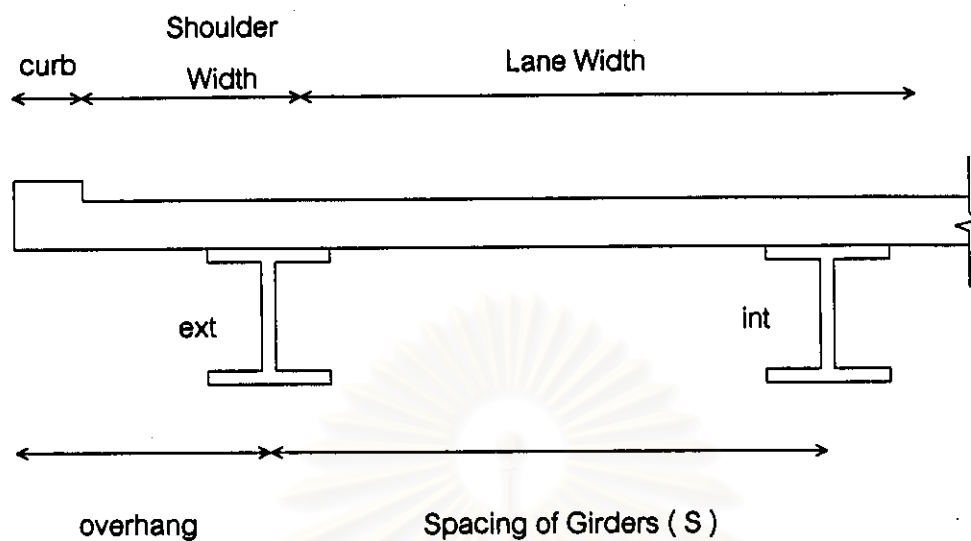
รูปที่ 2-4 (a) สัญญาณที่แสดงหลักการของเรนไฟลวเคาน์ติงเมทอด (Rainflow counting method) (b) วงรอบฮิสเตอรีซิส (Hysteresis loop)



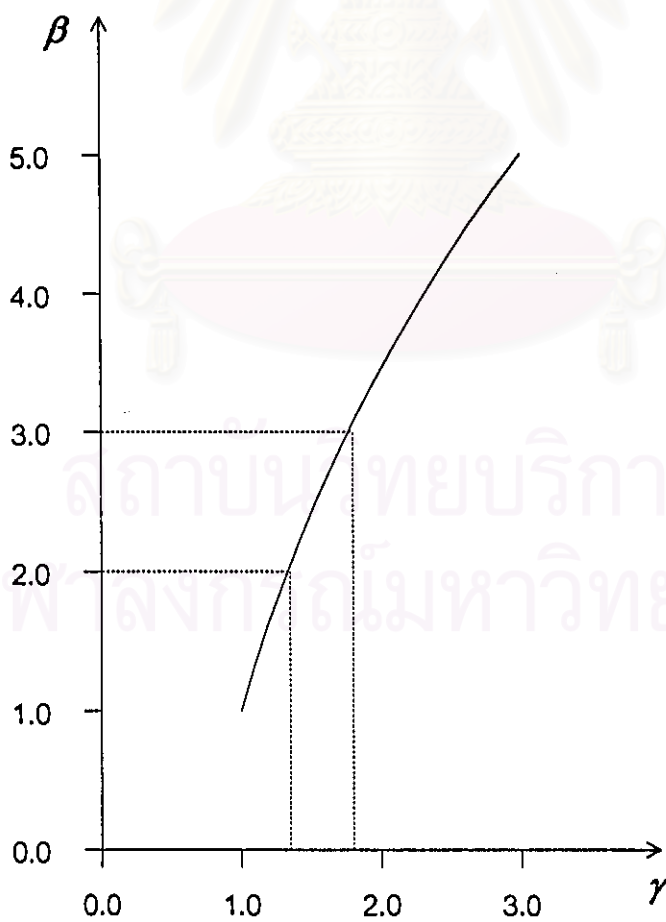
รูปที่ 2-5 (a) แบบจำลองที่ใช้ในการทดลอง (b) หน่วยแรงที่ทำการให้กระทำต่อแบบจำลอง (c) กราฟ S-N ที่ได้จากการทดลอง



รูปที่ 2-6 แสดงรถบรรทุกมาตรฐานที่กำหนดโดยมาตรฐาน AASHTO



รูปที่ 2-7 แสดงระยะระหว่างคาน (Spacing of girder, S)



รูปที่ 2-8 กราฟแสดงความสัมพันธ์กันระหว่างค่า β กับค่า γ



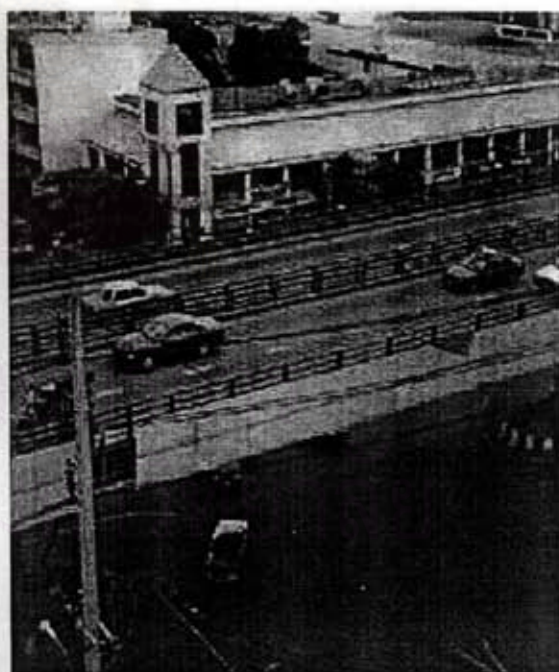
รูปที่ 3-1 รูปโดยรวมของสะพานที่ได้ทำการศึกษา และแสดงให้เห็นถึงข้อมูลการจราจรเบื้องต้น



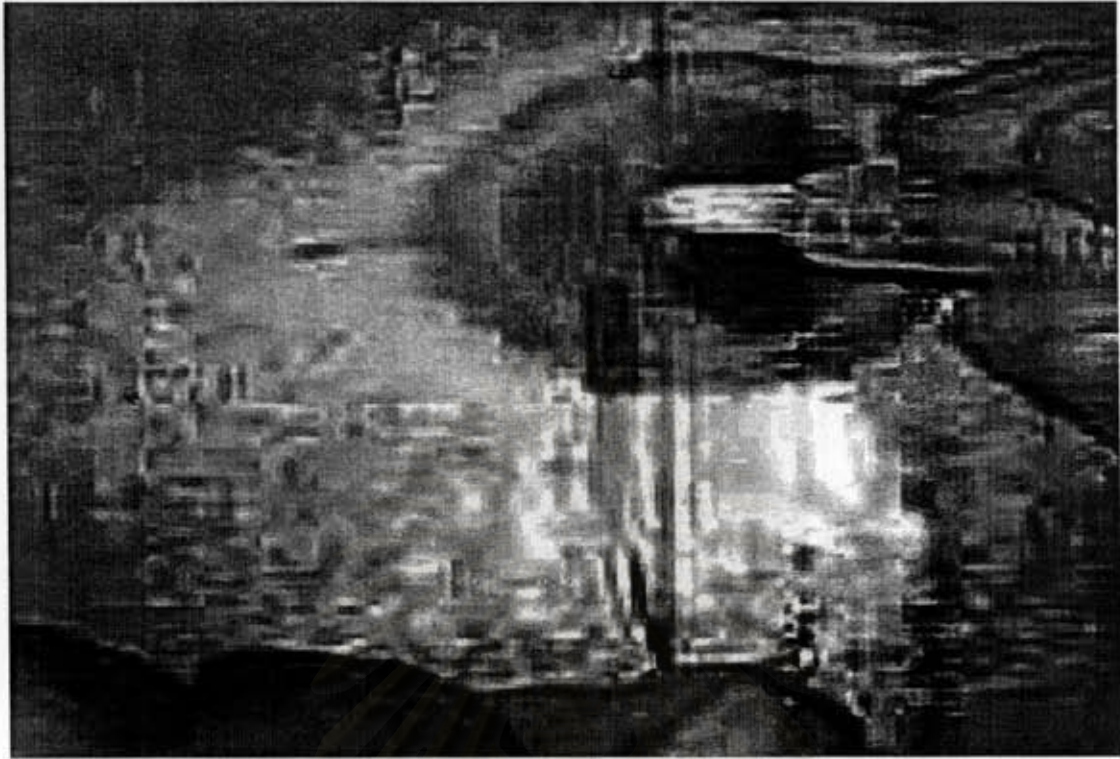
รูปที่ 3-2 รูปแสดงบริเวณที่จะทำการติดตั้งอุปกรณ์การตรวจวัด



รูปที่ 3-3 แสดงตำแหน่งที่ตั้งของตู้เคบิน



รูปที่ 3-4 แสดง (a) สถานที่ที่ใช้ในการตรวจนับปริมาณการจราจร (b) ภาพมองจากตำแหน่งตรวจวัดดังกล่าว



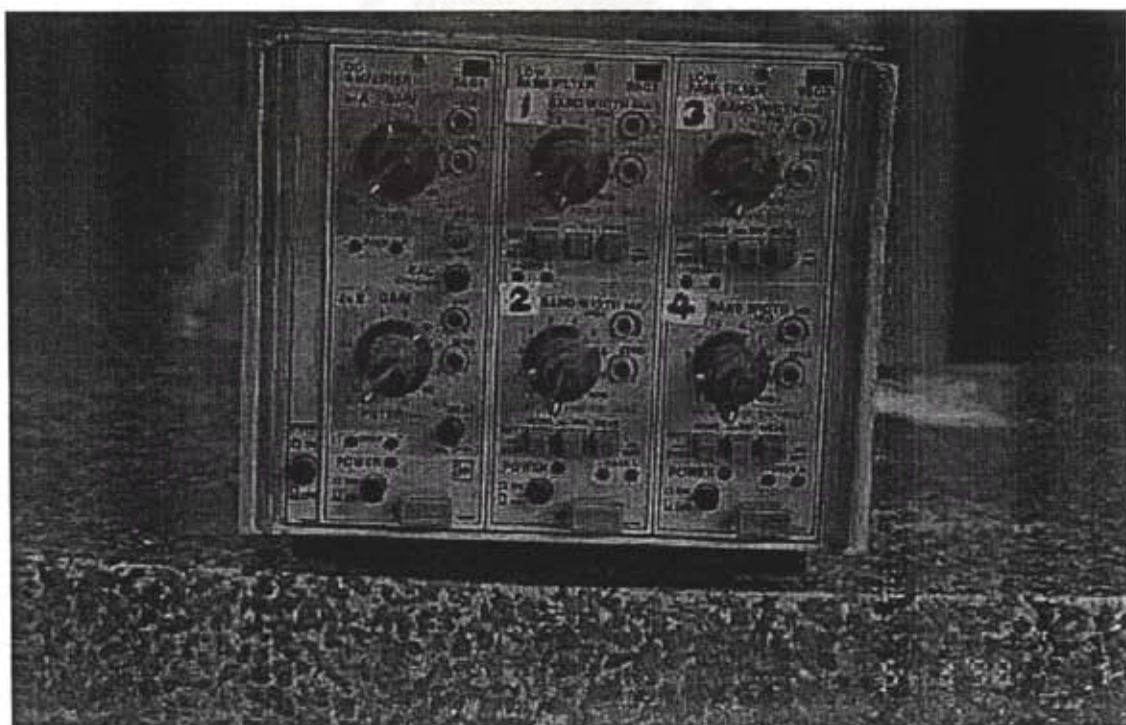
รูปที่ 3-5 ลักษณะของสเตรนเกจ (strain gage) ที่ใช้ในการศึกษา



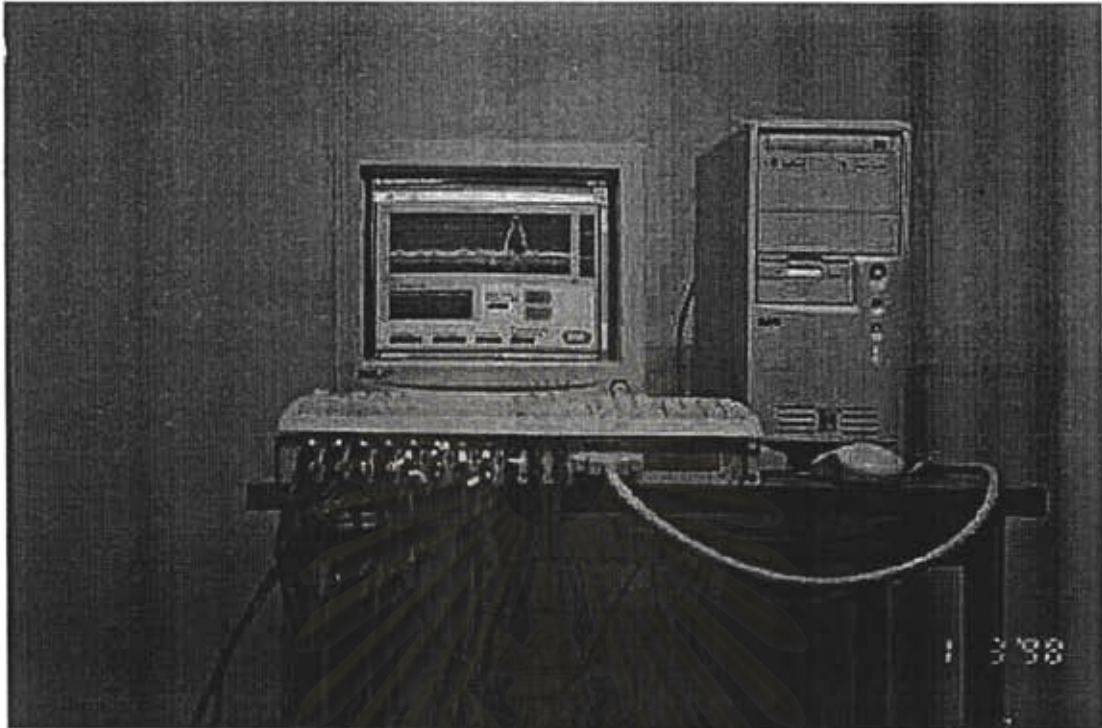
รูปที่ 3-6 แสดงชิลด์เคเบิล (shield cable) ที่ใช้ในการตรวจวัด



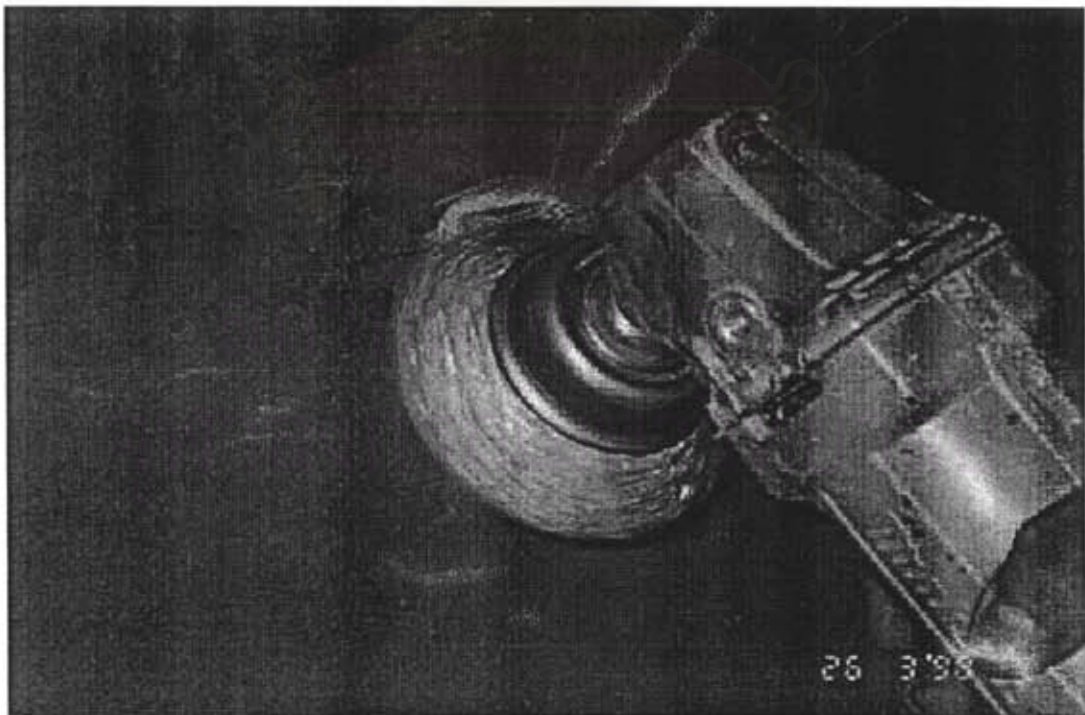
รูปที่ 3-7 แสดงไดนามิกสเตรนแอมพลิไฟเออร์ (dynamic strain amplifier) ที่ใช้ในการตรวจวัด



รูปที่ 3-8 แสดงอนาล็อกโลว์พาสฟิลเตอร์ (analog lowpass filter) ที่ใช้ในการศึกษา



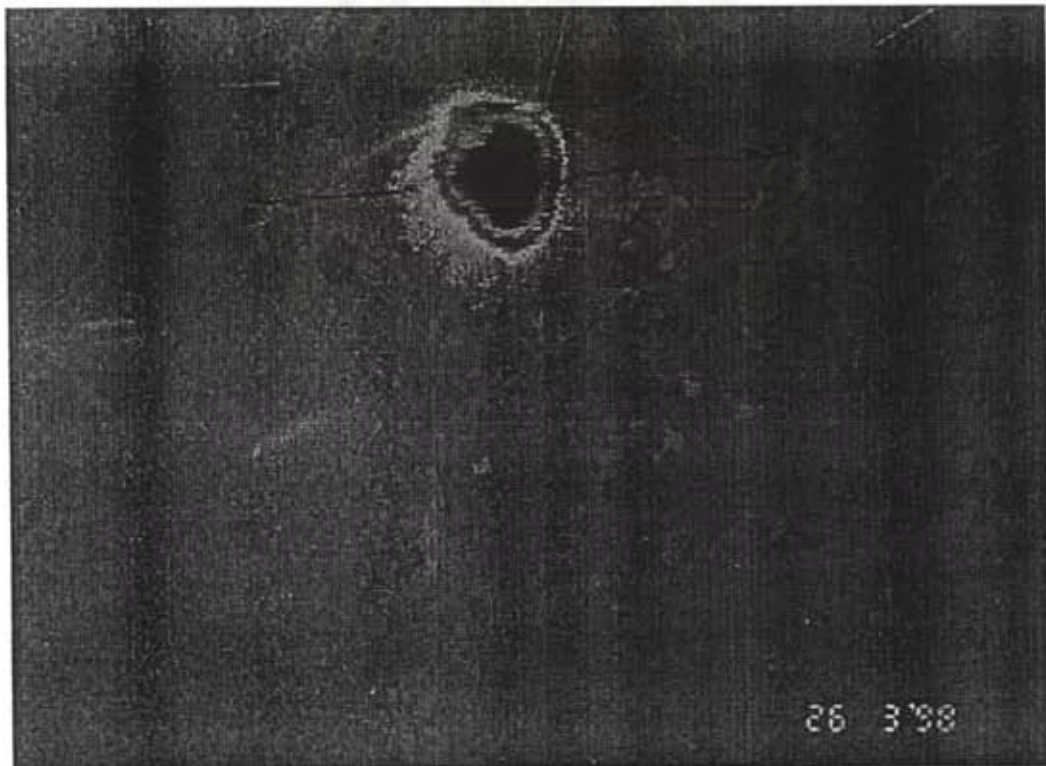
รูปที่ 3-9 แสดงอนาลอกทูดิจิตอลคอนเวอร์เตอร์ (analog-to-digital converter) และคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการศึกษา



รูปที่ 3-10 แสดงการตัดลอกสีด้วยเครื่องตัดในขั้นต้นตอนแรก



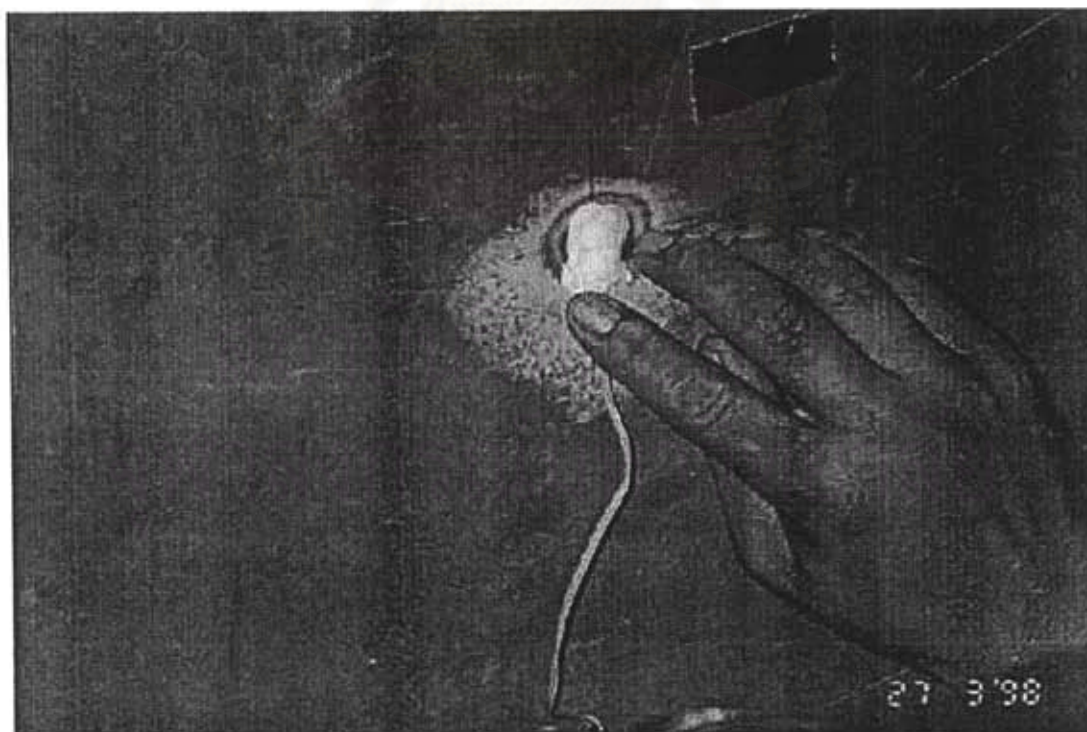
รูปที่ 3-11 แสดงการทำความสะอาดบริเวณที่จะทำการติดตั้งเดรนเกจ ต่อจากขั้นตอนการขัดสี



รูปที่ 3-12 แสดงให้เห็นผิวโลหะในบริเวณที่ได้มีการทำความสะอาดแล้ว



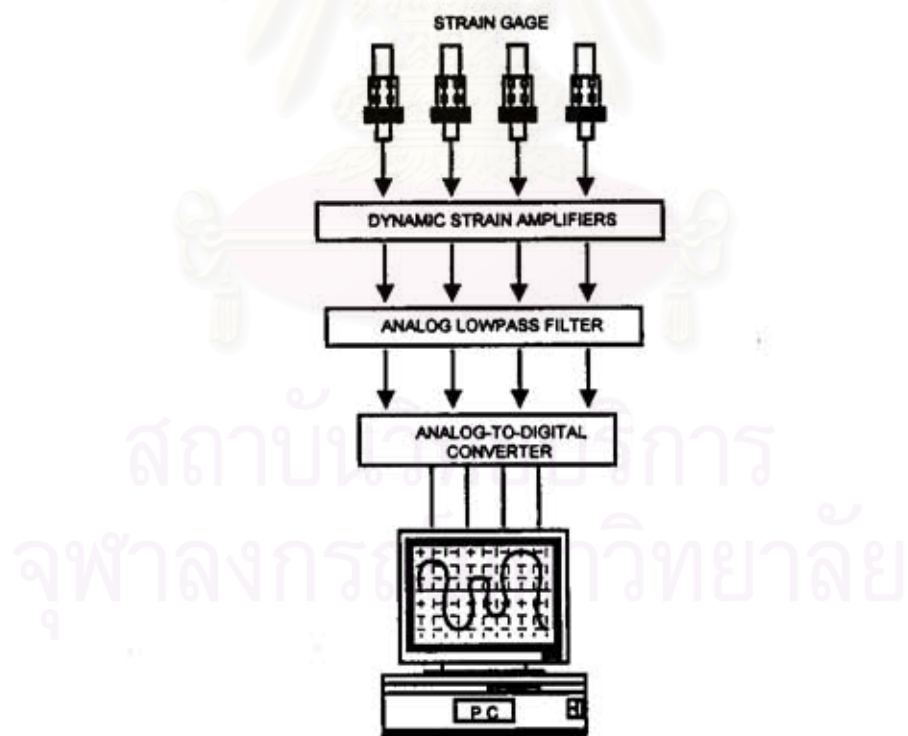
รูปที่ 3-13 แสดงการนำเมทอลฟอยล์สเตรนเกจ (metal foil strain gage มาทากาวติดกับเนื้อเหล็ก ด้วยไซยาโนอะครีเลทซีเมนต์ (Cyanoacrylate cement)



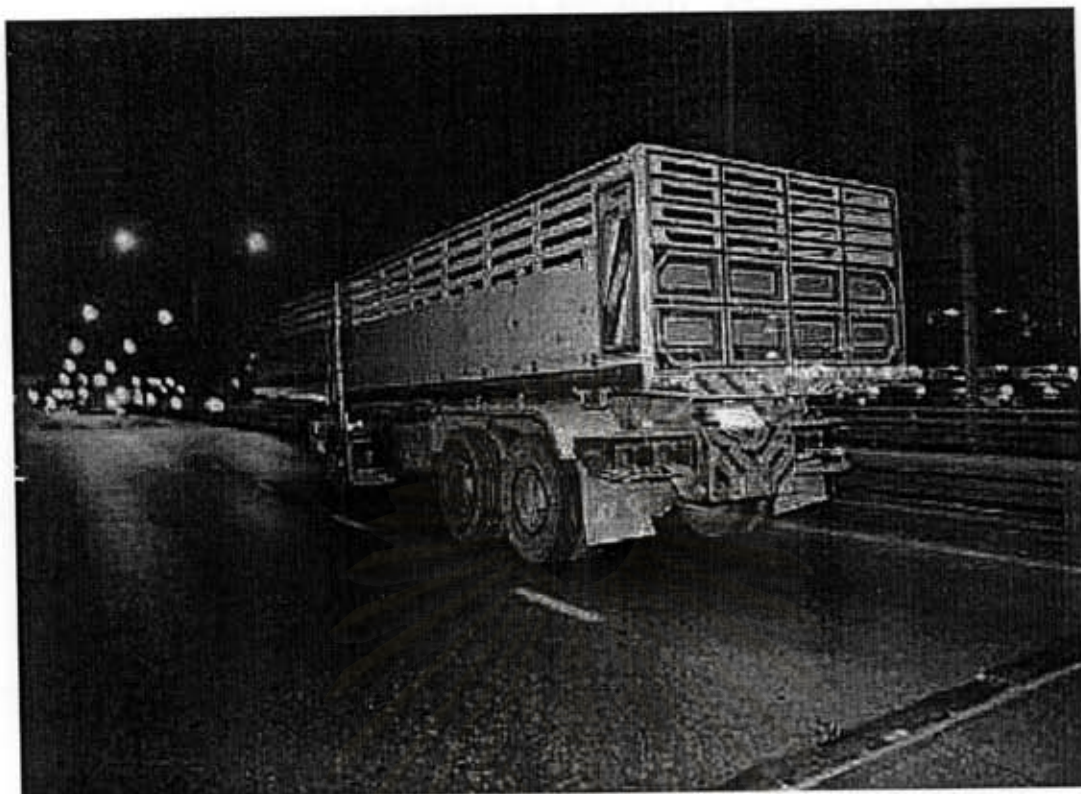
รูปที่ 3-14 แสดงเอสบีกับเบอร์ (SB rubber) ที่ติดกับสเตรนเกจ ณ ตำแหน่งที่ทำการติดตั้งสเตรนเกจ



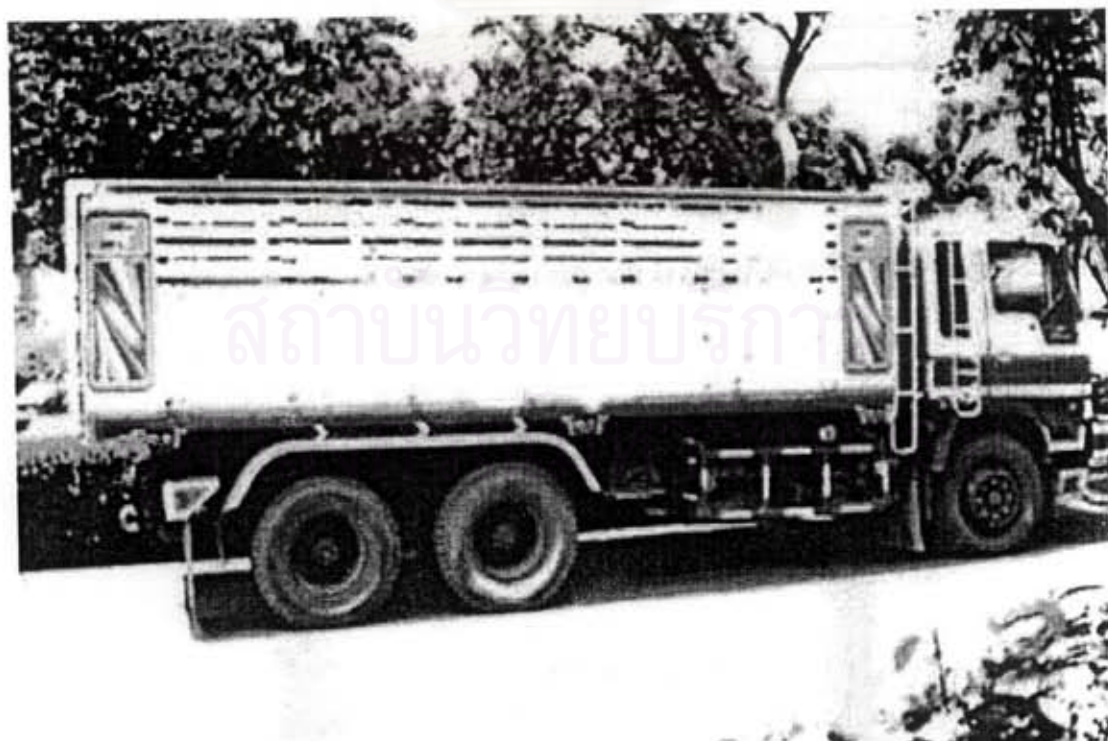
รูปที่ 3-15 แสดงอุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจวัดค่าความเครียด



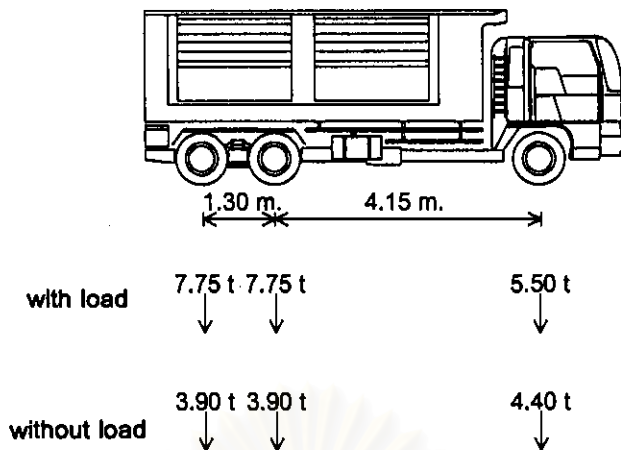
รูปที่ 3-16 แผนภูมิแสดงการตรวจวัดค่าความเครียด



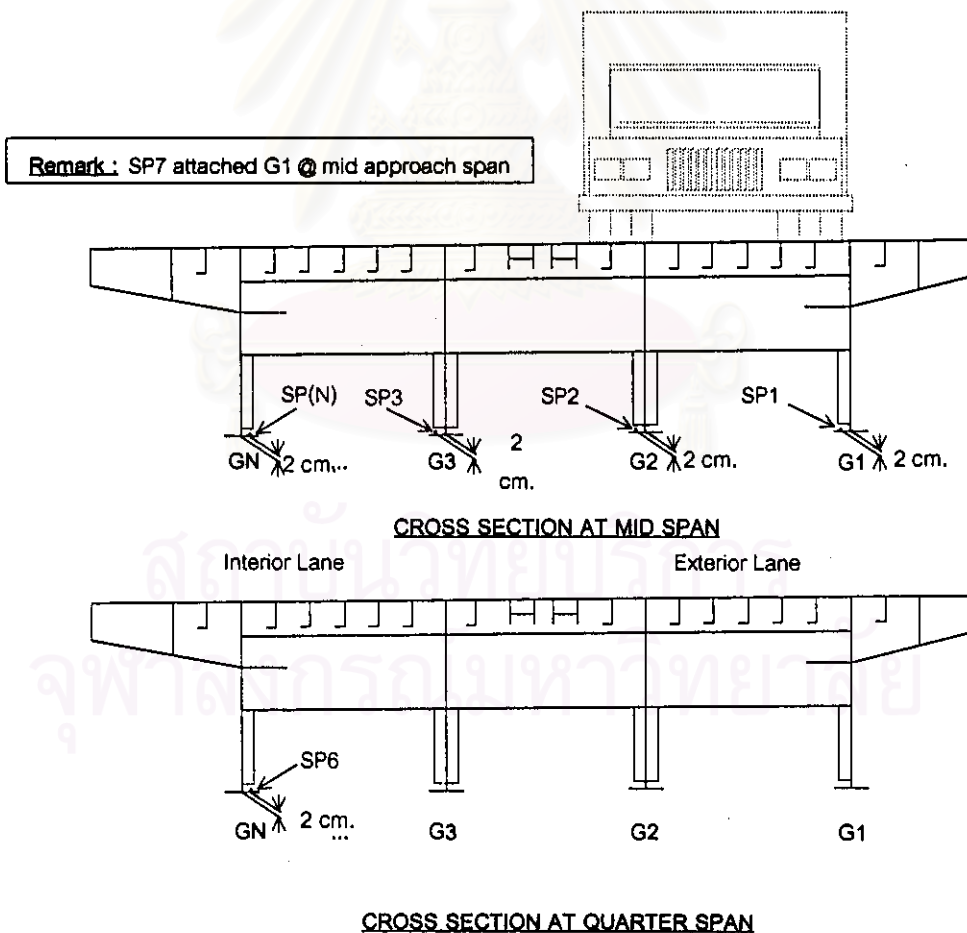
รูปที่ 3-17 แสดงการทดสอบแบบพลศาสตร์ (Dynamic test)



รูปที่ 3-18 แสดงรถบรรทุก 10 ล้อ ที่นำมาใช้ในการทดสอบแบบพลศาสตร์

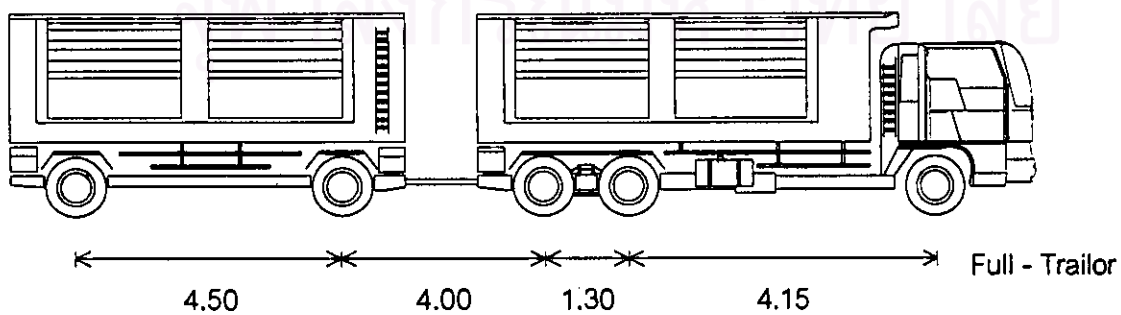
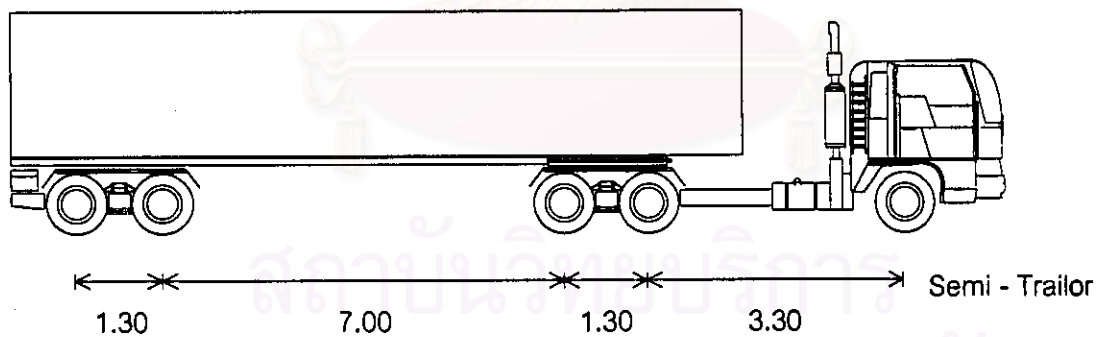
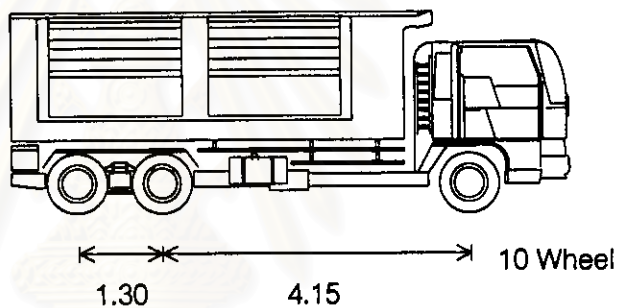
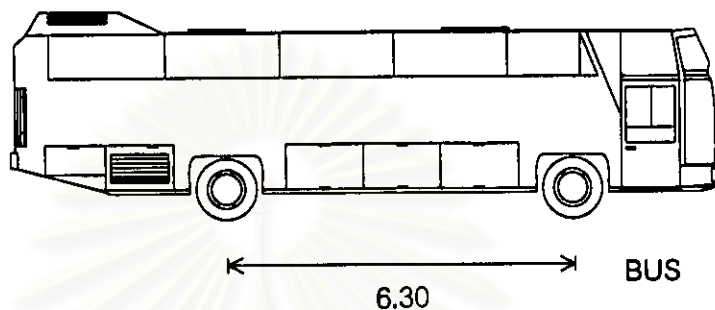
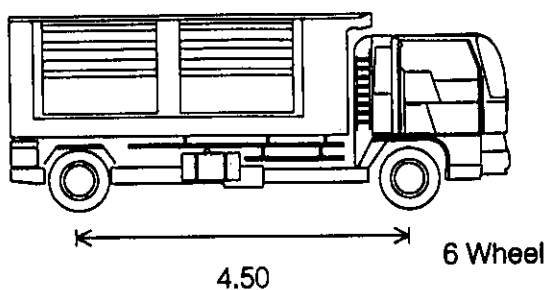


รูปที่ 3-19 แสดงลักษณะของรถ 10 ล้อ ที่ใช้ในการทดสอบแบบพลศาสตร์ แสดงให้เห็นระยะห่างระหว่างเพลา, การกระจายน้ำหนักลงในแต่ละเพลาทั้งในกรณีที่มีรถทุกหินเกล็ด และกรณีที่ไม่มีการบรรทุก



รูปที่ 3-20 ตำแหน่งการติดตั้งสเตรนเกจ สำหรับสะพานที่ได้ทำการตรวจวัดค่าความเครียด

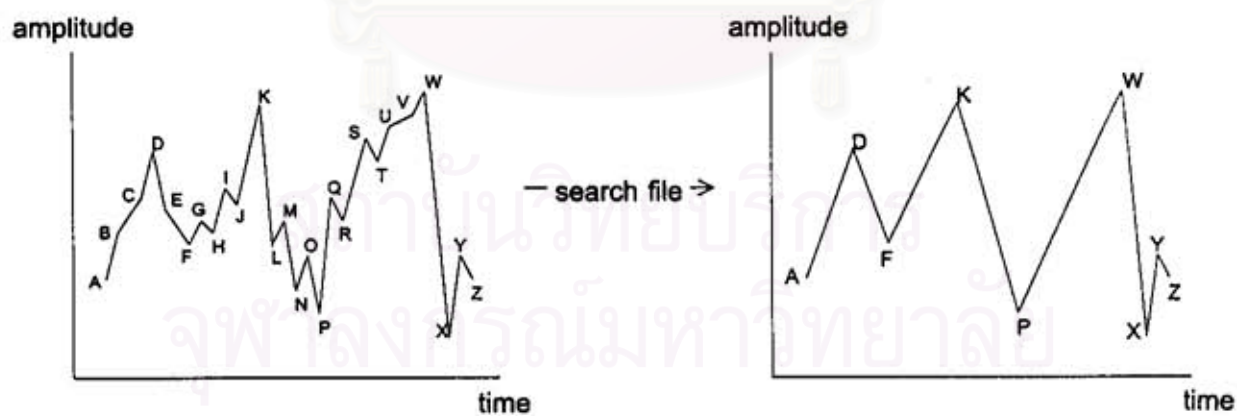
Dimension in m.



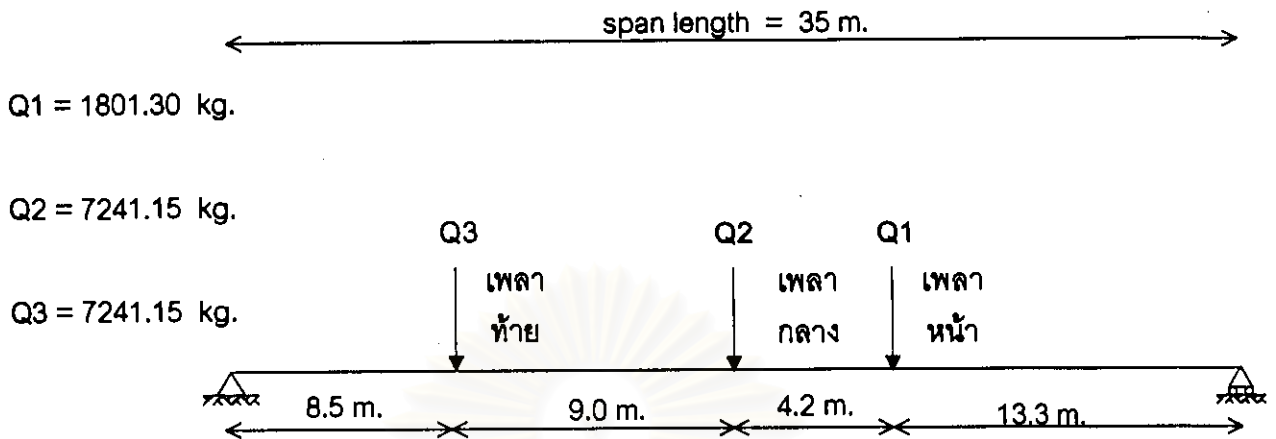
รูปที่ 3-21 แสดงลักษณะของรถบรรทุกทั้ง 5 ประเภทที่ได้ทำการตรวจวัด



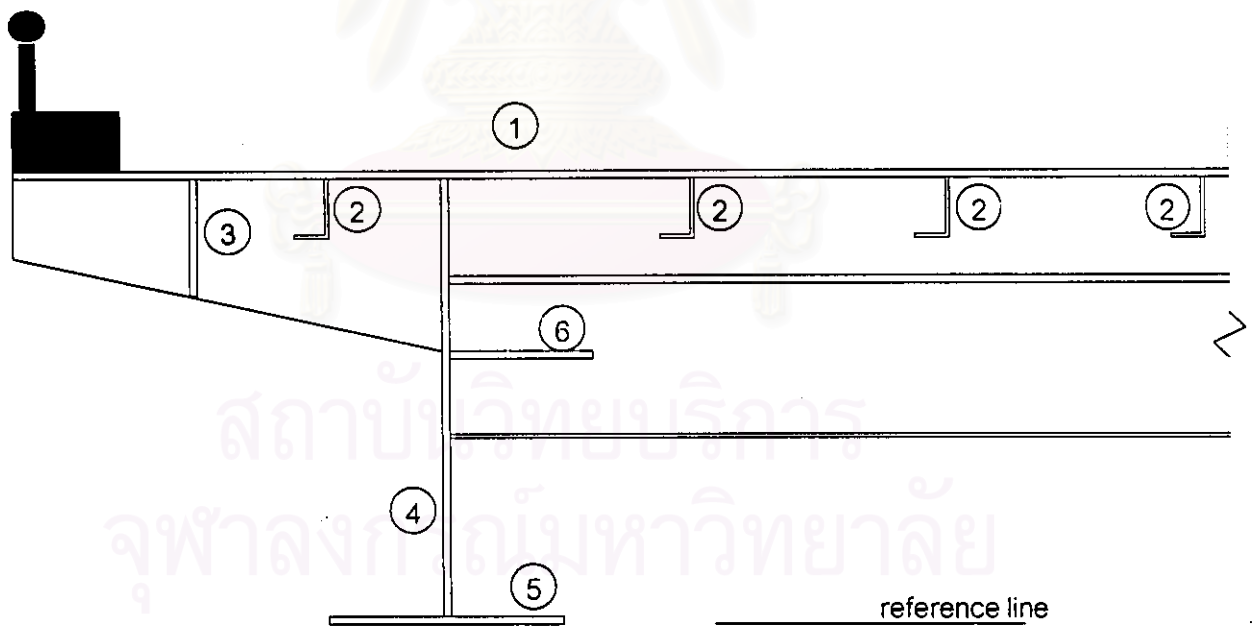
รูปที่ 3-22 แสดงการบันทึกข้อมูลการจราจรในแบบการบันทึกวิดีโอ และให้คนจดบันทึกไปด้วย
พร้อมๆกัน



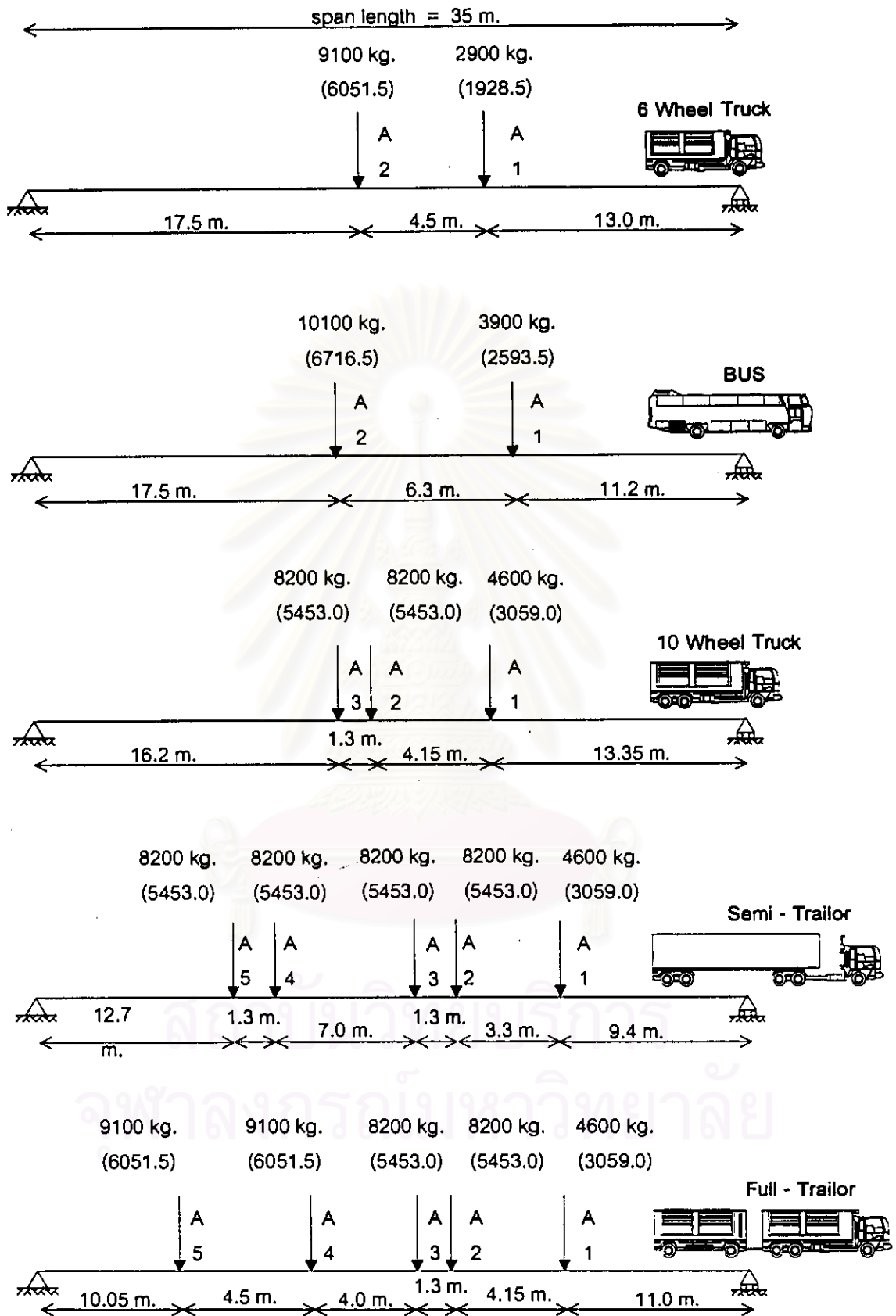
รูปที่ 3-23 แสดงการหาจุดต่ำสุด - สูงสุดของสัญญาณที่ทำควาวิเคราะห์



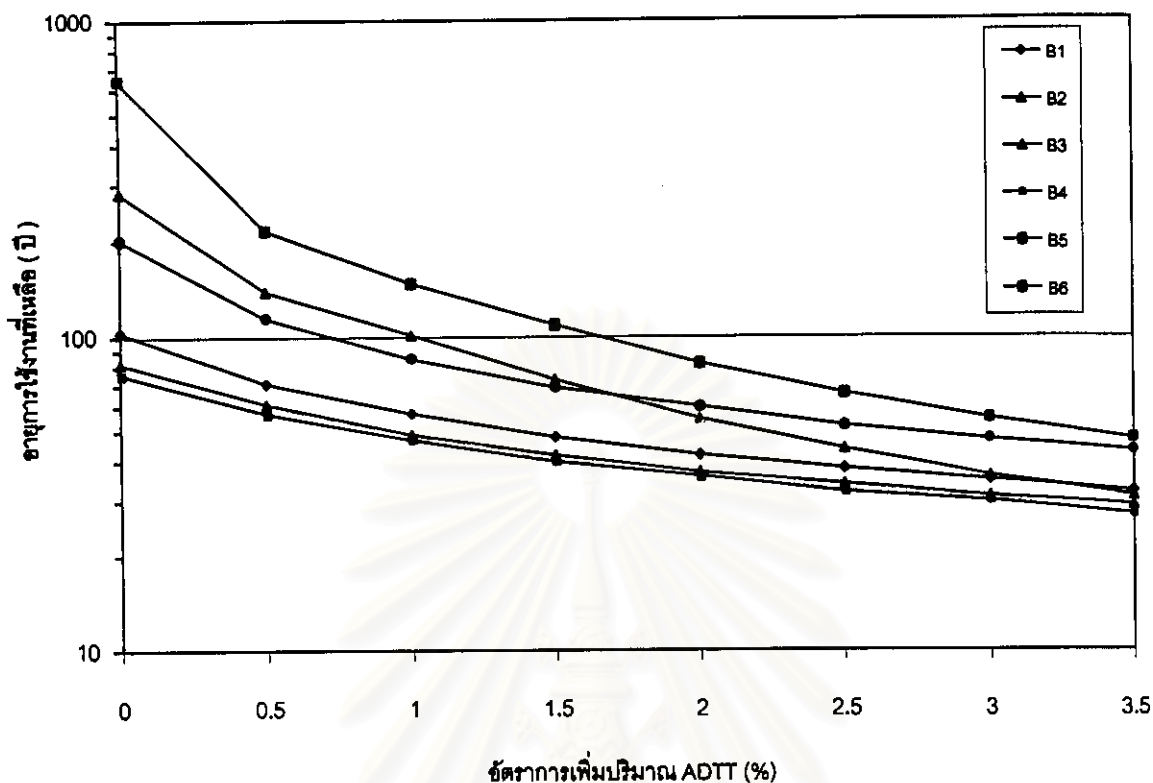
รูปที่ 4-1 รูปแบบการจัดน้ำหนักของรถบรรทุกมาตรฐานที่กำหนดโดย AASHTO ที่จะทำให้เกิดค่าโมเมนต์มากที่สุด



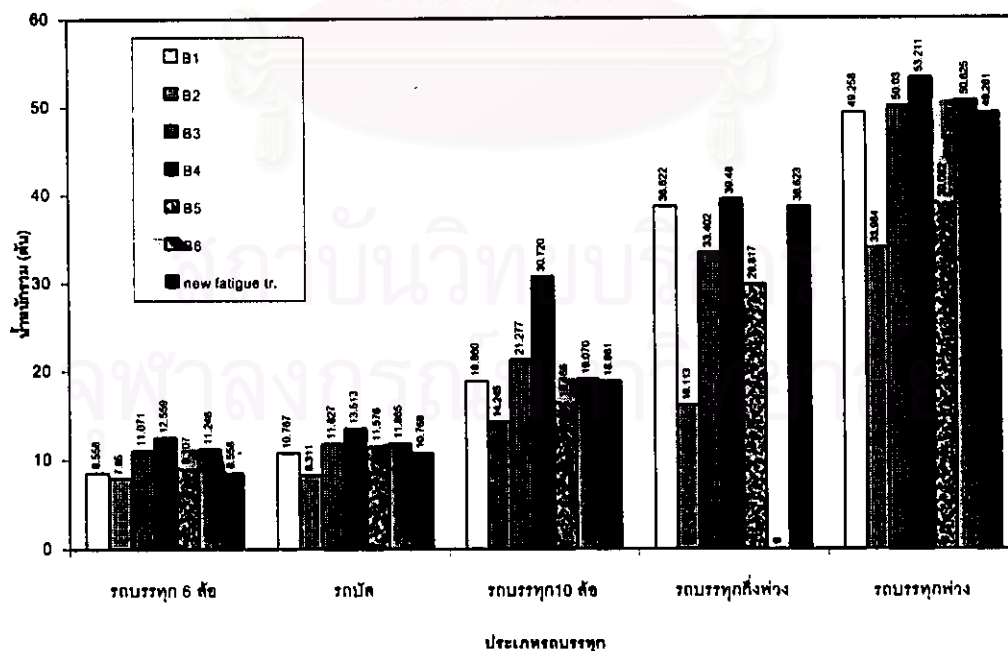
รูปที่ 4-2 ชิ้นส่วน 6 ชิ้นส่วนที่สำคัญในการหาค่าโมเมนต์ความเฉื่อย (moment of inertia)



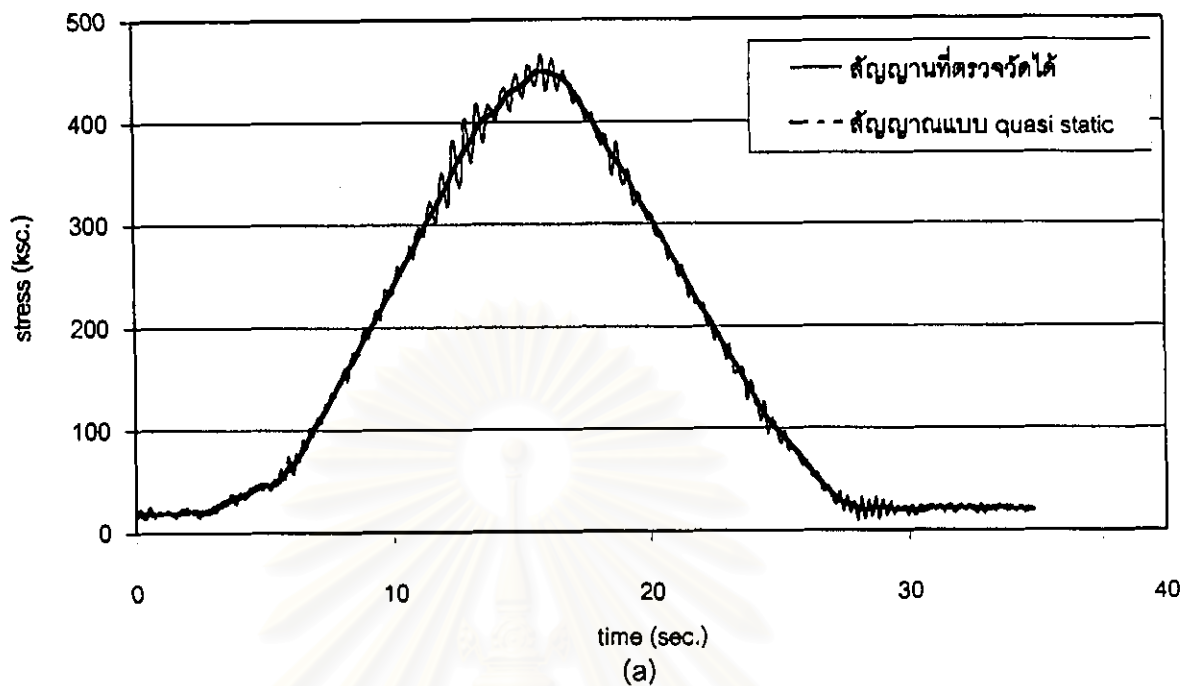
รูปที่ 4-3 รูปแบบการจัดวางน้ำหนักที่ทำให้เกิดค่าโมเมนต์มากที่สุด สำหรับรถบรรทุกทั้ง 5 ประเภท



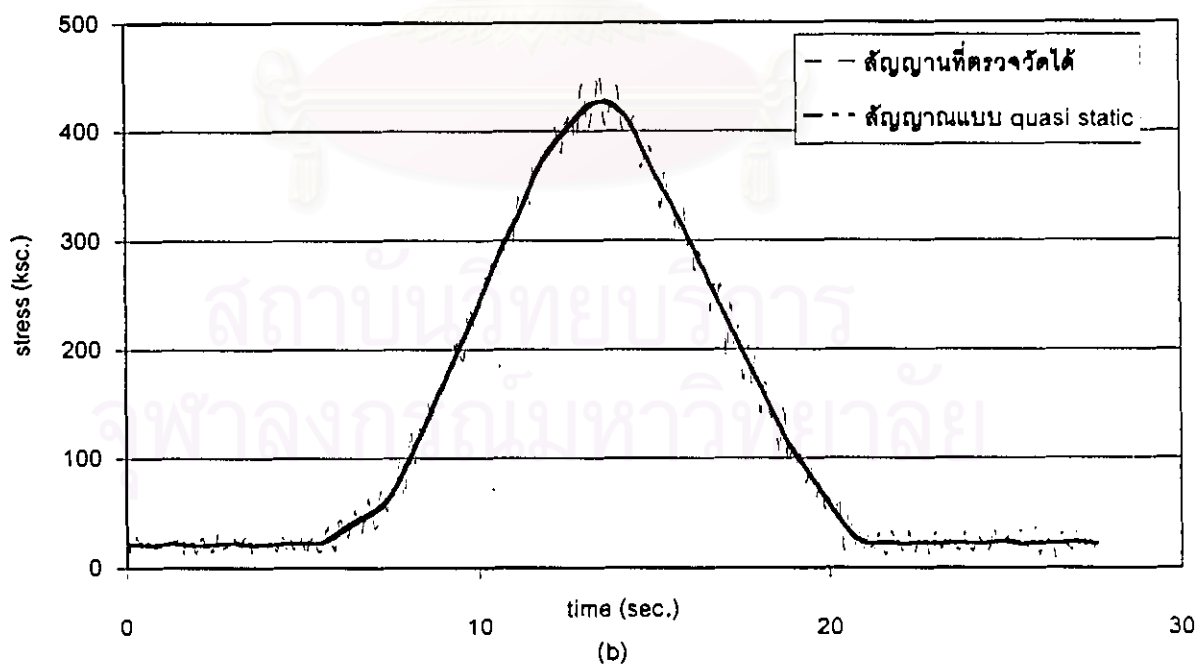
รูปที่ 5-1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอายุการใช้งานที่เหลือกับอัตราการเพิ่มปริมาณการจราจรของสะพานทั้ง 6 สะพาน



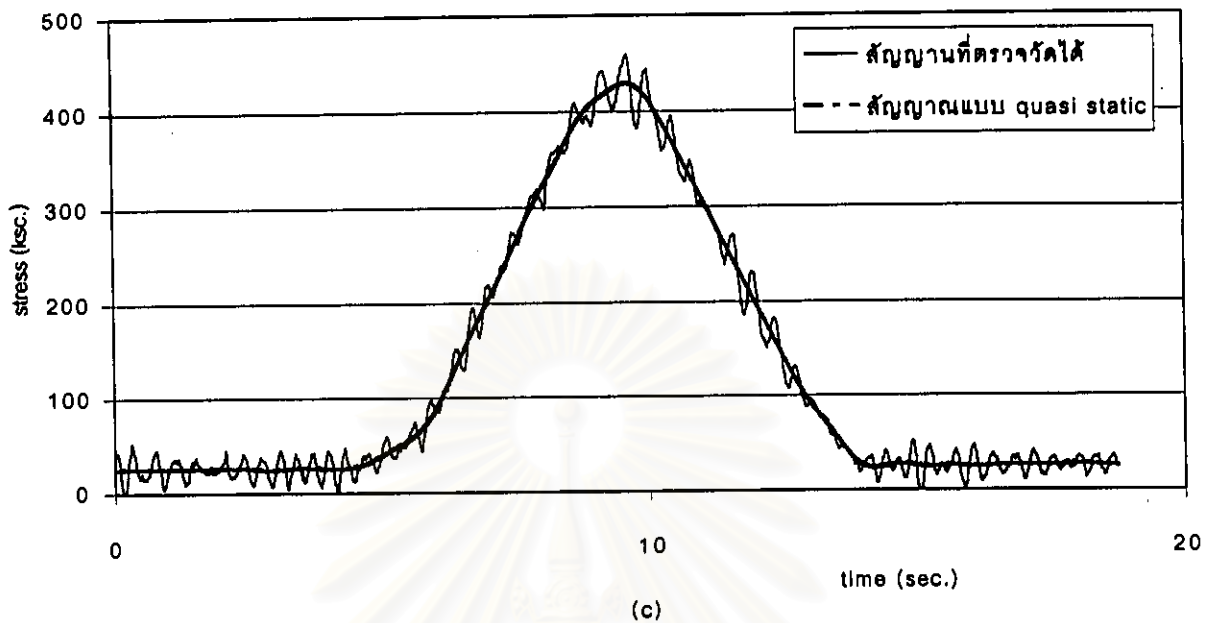
รูปที่ 5-2 แสดงน้ำหนักของรถทั้ง 5 ประเภท ที่สุ่มมาจาก 6 สะพาน เปรียบเทียบกับน้ำหนักบรรทุกมาตรฐานที่เสนอขึ้นมาแทนรถบรรทุกมาตรฐาน AASHTO



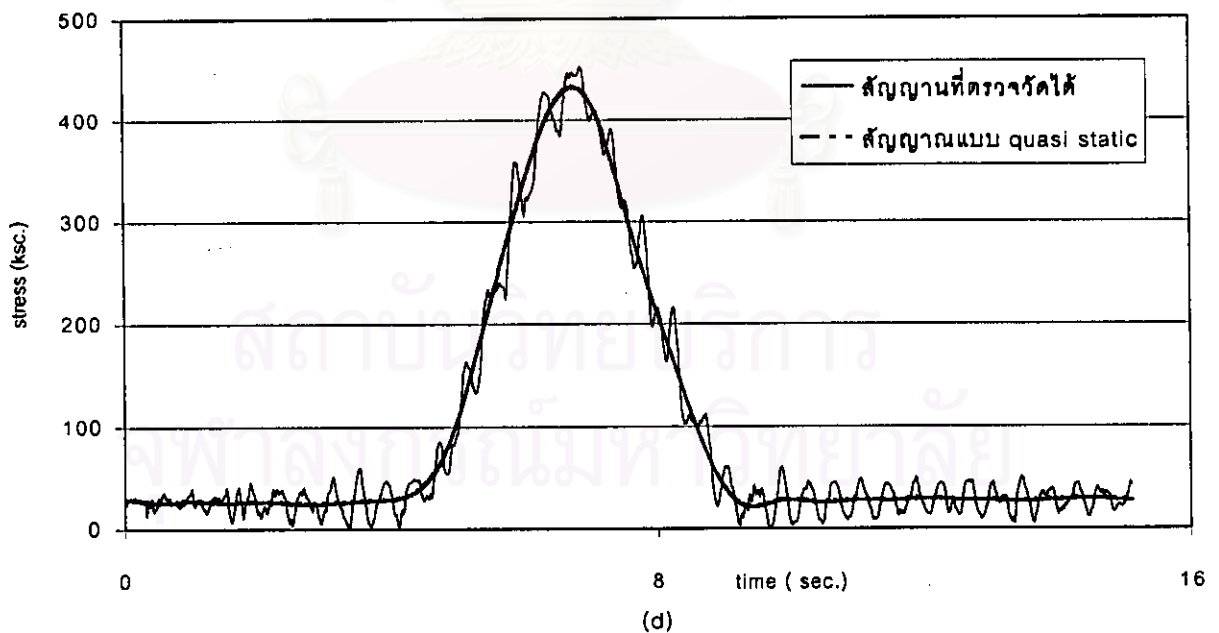
รูปที่ ก-1a แสดงสัญญาณที่ได้จากการตรวจวัดและสัญญาณดังกล่าวในแบบของแบบควอซิสแตติก (quasi static) ของรถบรรทุกทดสอบที่ความเร็ว 5 กม./ชม.



รูปที่ ก-1b แสดงสัญญาณที่ได้จากการตรวจวัดและสัญญาณดังกล่าวในแบบของแบบควอซิสแตติก (quasi static) ของรถบรรทุกทดสอบที่ความเร็ว 15 กม./ชม.

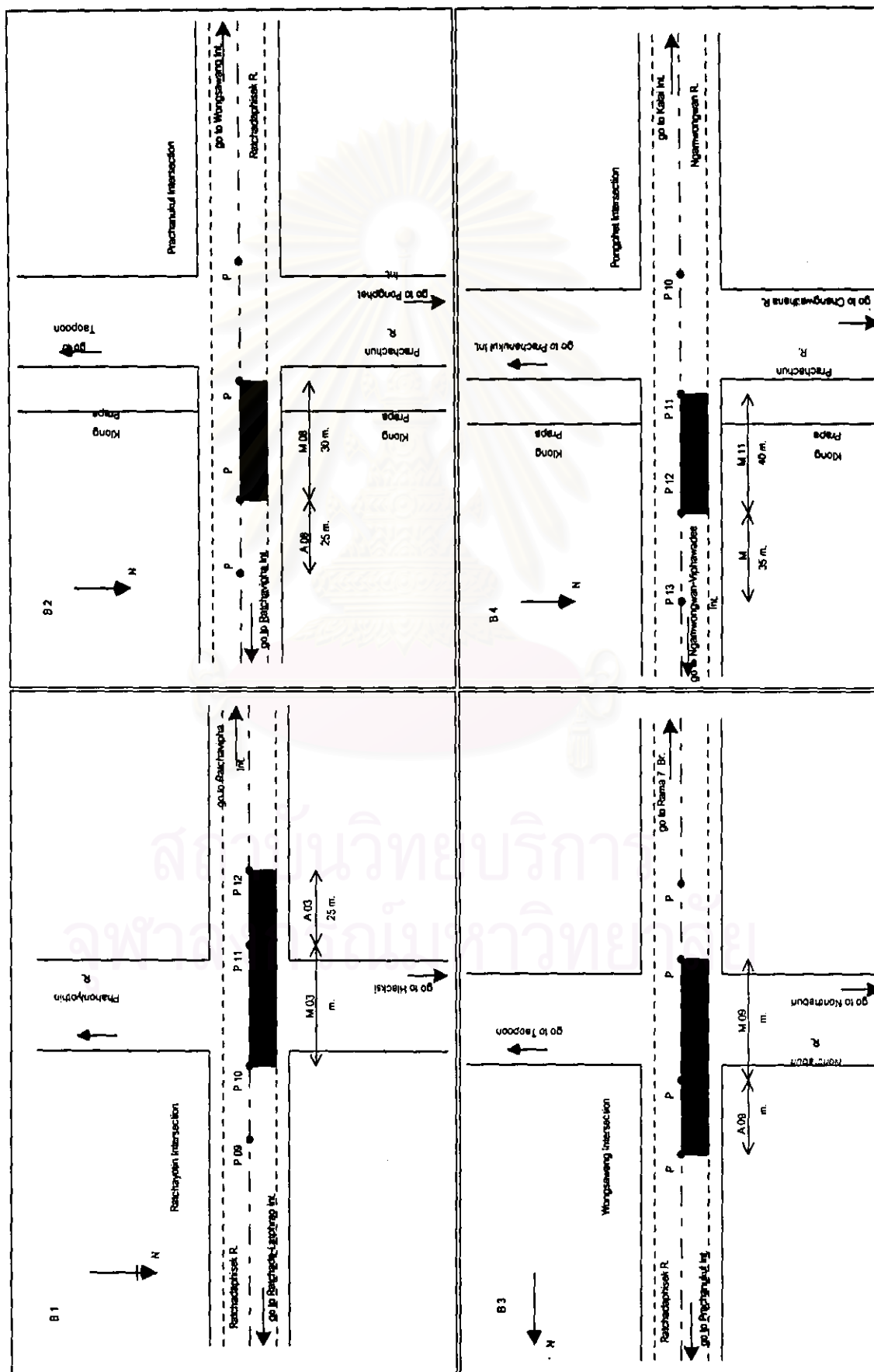


รูปที่ ก-1c แสดงสัญญาณที่ได้จากการตรวจวัดและสัญญาณดังกล่าวในแบบของแบบควอซิสแตติก (quasi static) ของรถบรรทุกทดสอบที่ความเร็ว 30 กม./ชม.

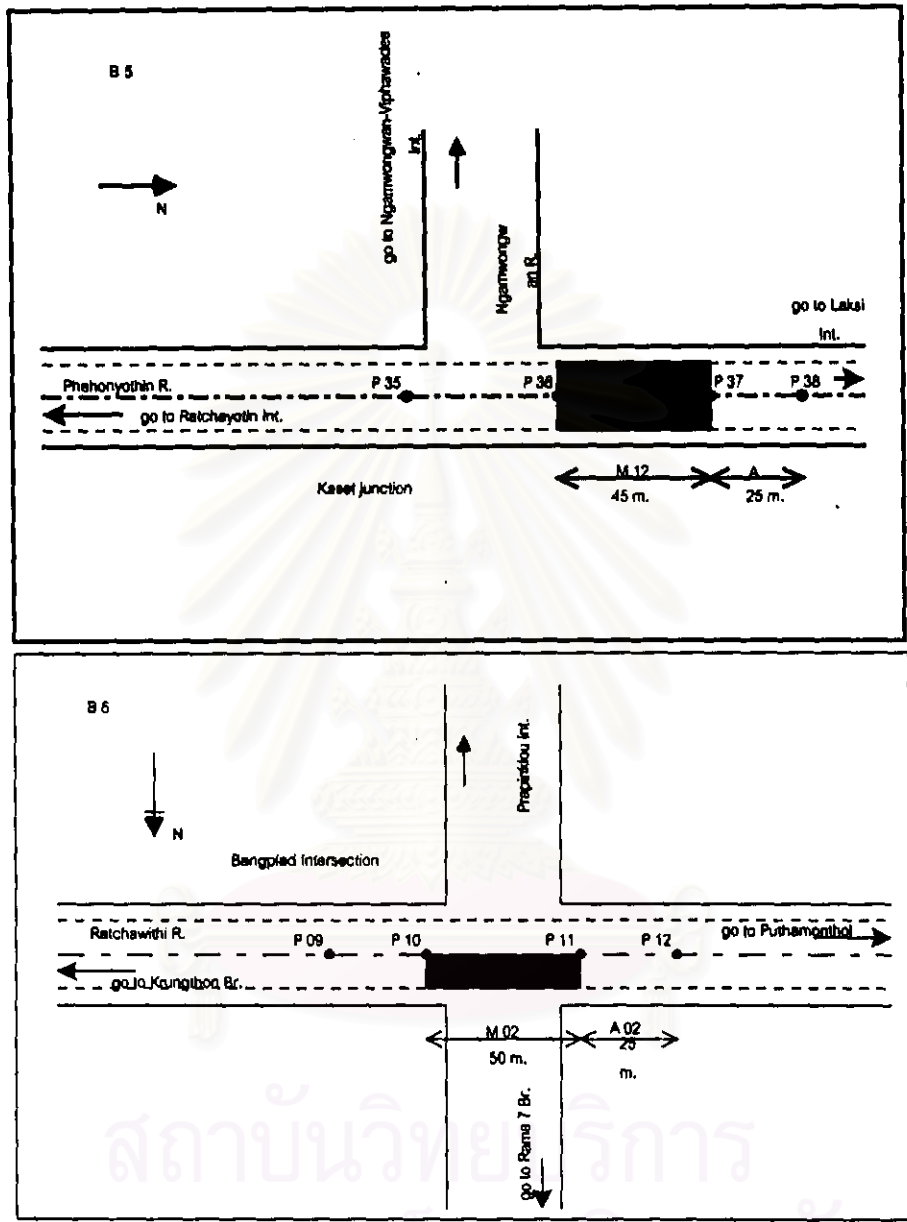


รูปที่ ก-1d แสดงสัญญาณที่ได้จากการตรวจวัดและสัญญาณดังกล่าวในแบบของแบบควอซิสแตติก (quasi static) ของรถบรรทุกทดสอบที่ความเร็ว 60 กม./ชม.

แผนที่ที่ 3-1 แสดงตำแหน่งที่ตั้งของสะพาน, การวางตัวของช่วงคานหลัก และช่วงสะพานที่ทำการตรวจวัด



แผนที่ที่ 3-1 แสดงตำแหน่งที่ตั้งของสะพาน, การวางตัวของช่วงคนหลัก และช่วงสะพานที่ทำการตรวจวัด (ต่อ)



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียน

นาย กุมุท บุญวรรณ เกิดวันที่ 9 พฤษภาคม พ.ศ. 2518 ที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ในปีการศึกษา 2538 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อ พ.ศ. 2539



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย