

การประเมินอายุการใช้งานเนื่องจากความล้าของสะพานเหล็กข้ามทางแยก

นาย กุมุท บุญวรรณ



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา

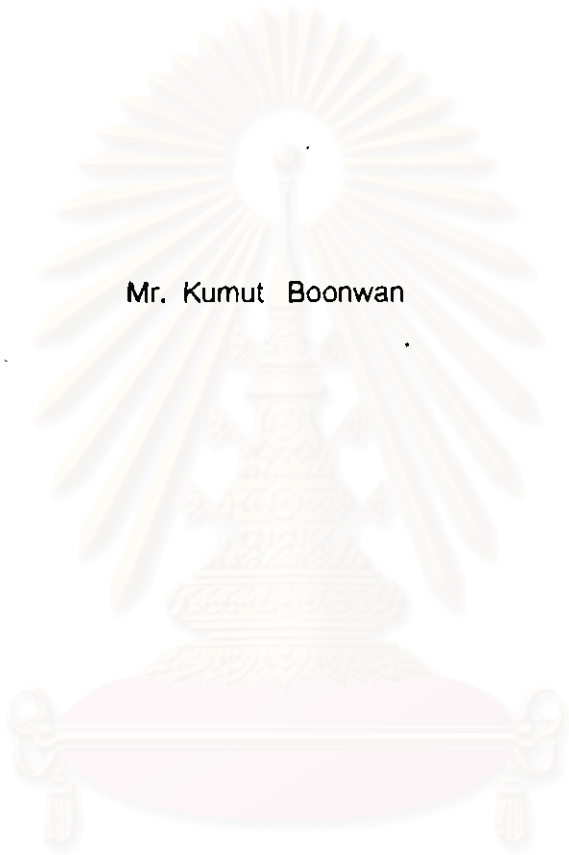
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2541

ISBN 974-331-722-8

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

FATIGUE LIFE EVALUATION OF STEEL OVERPASS BRIDGES



Mr. Kumut Boonwan

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering in Civil Engineering

Department of Civil Engineering

Graduate School


Chulalongkorn University

Academic Year 1998

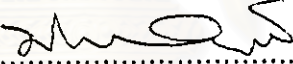
ISBN 974-331-722-8


หัวข้อวิทยานิพนธ์ การประเมินอายุการใช้งานเนื่องจากความล้าของสะพานเหล็กข้ามทางแยก
โดย นาย กุมุท บุญวรรณ
ภาควิชา วิศวกรรมโยธา
อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ ดร. ทศพล ปิ่นแก้ว

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยนี้เป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบัณฑิต


..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ นายแพทย์ ศุภวัฒน์ ชูติวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


..... ประธานกรรมการ
(ศาสตราจารย์ ดร. ปณิธาน ลักคุณะประสิทธิ์)


..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(อาจารย์ ดร. ทศพล ปิ่นแก้ว)


..... กรรมการ
(ศาสตราจารย์ ดร. ทักษิณ เทพชาตรี)

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสี่เหลี่ยมนี้เพื่อเผยแพร่

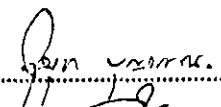
กฤษณ์ บุญวรรณ : การประเมินอายุการใช้งานเนื่องจากความล้าของสะพานเหล็กข้ามทางแยก (FATIGUE LIFE EVALUATION OF STEEL OVERPASS BRIDGES) อ. ที่ปรึกษา : ดร. ทศพล ปิ่นแก้ว , 127 หน้า, ISBN 974-331-722-8

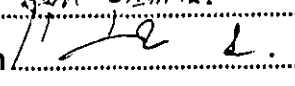
การศึกษานี้ทำการตรวจวัดค่าความเครียดกับสะพานโครงสร้างเหล็กจำนวน 6 สะพาน โดยติดตั้งสถานีวัดแรง ในบริเวณปีกกลางของคานตัวนอก ณ ตำแหน่งกึ่งกลางช่วงคานหลักและข้อมูลที่ได้มาจะถูกส่งผ่านอุปกรณ์ ไดนามิสมิเตอร์แอมพลิไฟเออร์, โลว์พาสฟิลเตอร์, เฮตติคคอนเวอร์เตอร์ และจัดเก็บด้วยคอมพิวเตอร์ ตามลำดับ การตรวจวัดนี้จะทำไปพร้อมกับการตรวจนับปริมาณการจราจรบนสะพานเป็นระยะเวลาต่อเนื่อง 72 ชั่วโมง สัญญาณค่าความเครียดที่ได้ออกมานั้นจะทำการแปลงเป็นค่าช่วงความเค้นโดยอาศัยวิธีการเรนไฟล์วเคาน์ติ้ง, หลักการของฮุก และหลักการของไมเนอร์ เข้ามาช่วย จากนั้นนำข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดทั้งสองมาทำการประเมินหาอายุการใช้งานที่เหลือ การศึกษานี้ทำการประเมิน 2 แนวทางคือ ตามแนวทาง AASHTO และตามแนวทางของ Palmgren-Miner พบว่าการประเมินตามแนวทางของ AASHTO โดยใช้ข้อมูลค่าช่วงความเค้นและปริมาณรถบรรทุกจากการตรวจวัดจริงมีอายุการใช้งานที่เหลือต่ำกว่ามากทั้งนี้เพราะทาง AASHTO ได้คำนึงถึงผลของความน่าเชื่อถือของข้อมูลที่ได้นำมาทำการประเมิน อย่างไรก็ตามอายุการใช้งานที่เหลือของสะพานทั้ง 6 สะพานก็ยังมีค่ามากกว่าอายุการใช้งานที่ได้ออกแบบไว้ (75 ปี ตาม AASHTO) นอกจากนี้ยังตรวจพบที่ค่าหน่วยแรงสูงสุดที่เกิดขึ้นนั้นอาจมีค่าถึง $0.8F_y$ โดยรถคันดังกล่าวเป็นรถบรรทุกพ่วงมีน้ำหนักรวมประมาณ 67.5 ตัน ซึ่งมีค่าประมาณ 1.7 เท่าของน้ำหนักที่กำหนดโดยกรมทางหลวงประเทศไทย รวมทั้งพบว่ารถบรรทุกมาตรฐานที่ AASHTO กำหนดให้ใช้ในการประเมินไม่มีความเหมาะสมกับการใช้งานในประเทศไทยเนื่องจากรถบรรทุกมาตรฐานคันดังกล่าว เป็นตัวแทนของรถบรรทุก 10 ล้อขึ้นไป แต่ความเป็นจริงทางกรุงเทพมหานครนั้นได้มีการบังคับไม่ให้รถบรรทุกที่มีขนาดตั้งแต่ 10 ล้อขึ้นไปทำการแล่นบนสะพาน ทำให้รถที่แล่นบนสะพานส่วนใหญ่เป็นรถบรรทุก 6 ล้อและรถบัส ซึ่งค่าการพังทลายสะสมของรถทั้งสองประเภทต่อวันมีค่าสูง ดังนั้นการศึกษานี้จึงได้เสนอรถบรรทุกมาตรฐานที่ใช้สำหรับการประเมินในประเทศไทยออกเป็น 5 ประเภท ได้แก่ รถบรรทุก 6 ล้อ, รถบัส, รถบรรทุก 10 ล้อ, รถบรรทุกกึ่งพ่วง และรถบรรทุกพ่วง โดยรถบรรทุกทั้ง 5 ประเภทนี้มีระยะระหว่างเพลลา และการกระจายน้ำหนักตามข้อบังคับของกรมทางหลวง พบว่าเมื่อใช้รถบรรทุกมาตรฐานทั้ง 5 ประเภทที่เสนอขึ้นมาทำการประเมินตามแนวทางของ AASHTO จะให้ผลที่มีความน่าเชื่อถือมากกว่า เนื่องจากรถบรรทุกมาตรฐานที่ได้อ้างอิงมานั้นมีความสอดคล้องกับรถบรรทุกหนักที่แล่นบนสะพานในสภาพการจราจรจริงของประเทศไทย

ภาควิชา วิศวกรรมโยธา

สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา

ปีการศึกษา 2541

ลายมือชื่อนิติذ 

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา 

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

พิมพ์ต้นฉบับขกัดย่อวิชาปริญญาโทสาขาวิศวกรรมโยธา

3970122021 : MAJOR CIVIL ENGINEERING

KEY WORD: FATIGUE LIFE / STEEL OVERPASS BRIDGES / FIELD MEASUREMENT

KUMUT BOONWAN : FATIGUE LIFE EVALUATION OF STEEL OVERPASS BRIDGES.

THESIS ADVISOR : TOSPOL PINKAEW, D. Eng. 127 pp. ISBN 974-331-722-8.

This thesis presents the evaluation of fatigue lives for six steel overpass bridges which were instrumented by attaching strain gages at the bottom flanges in midspan of the main girders. Measured data were sent respectively through dynamic strain amplifier, low pass filter, A/D converter and stored in computer. All passing vehicles were counted continuously in 72 hours. The strain signals were converted to stress ranges by adopting Rainflow Counting Method, Miner's Law and Hook's Law. Using the obtained stress ranges and traffic conditions the remaining lives of the bridges were evaluated using the method proposed by AASHTO and Palmgren-Miner method. The remaining lives of the overpass bridges, calculated from AASHTO were found to be longer than those from the Palmgren-Miner method. It was also found that the maximum stress, measured in all bridges, may reach about $0.8 F_y$ as a result of a 67.5 tons full-trailer passing. Finally, it was found that the fatigue truck specified by AASHTO was not appropriate for the traffic condition in Thailand. This is because the 6-wheel truck and bus, which are the main source of damage in Bangkok, are not included in life evaluation in the AASHTO specification. This thesis proposes the use of 5 different trucks consisting of 6-wheel truck, bus, 10-wheel truck, semi-trailer and full-trailer in life evaluation. Employing axle distances and weight distributions given by Department of Highway (Thailand), it was shown that the proposed trucks yield more reasonable fatigue life prediction than that calculated from the fatigue truck of AASHTO.

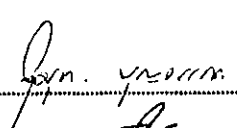
สถาบันวิทยบริการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา.....วิศวกรรมโยธา.....

สาขาวิชา.....วิศวกรรมโยธา.....

ปีการศึกษา 2544

ลายมือชื่อนิสิต.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาช่วย



กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลือสนับสนุนอย่างดียิ่งจากท่านเหล่านี้ ได้แก่ อาจารย์ ดร. ทศพล ปิ่นแก้ว อาจารย์ที่ปรึกษาที่ได้ให้คำปรึกษาและแนะนำการจัดทำวิทยานิพนธ์นี้ให้มีความสมบูรณ์มากที่สุด, ศาสตราจารย์ ดร. ปณิธาน ลักคุณะประสิทธิ์ ที่ได้ให้ความกรุณารับเป็นประธานของคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รวมทั้งได้ให้ความกรุณาในการตรวจแก้และให้คำปรึกษาในการทำวิทยานิพนธ์นี้, ศาสตราจารย์ ดร. ทักษิณ เทพชาติ ที่ได้ให้ความกรุณารับเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รวมทั้งได้ให้ความกรุณาในการตรวจแก้ และให้คำปรึกษาในการทำวิทยานิพนธ์นี้, รองศาสตราจารย์ ดร. เป็นหนึ่ง วาณิชชัย ที่ได้ช่วยเหลือให้คำแนะนำในการทำการศึกษาวิจัย และได้ให้ข้อเสนอแนะต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อการทำวิทยานิพนธ์นี้, ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พงุทธา ณ นคร, คุณโสภณ ขอโหม, คุณต่อศักดิ์ วีระณัชชัย, คุณชวลิต มัชฌิมดำรง, คุณกำพล ชูยศ, คุณสมศักดิ์ เหลืองวชิรบัญชา, ดร. วีระชาติ รื่นไกรฤกษ์, คุณอารียา สิงห์เสนีย์ ณ.อยุธยา, คุณนงลักษณ์ เปรมจิตประมวลผล, คุณชัยชาญ ยุวนะศิริ, คุณจารึก ถีระวงศ์, คุณอสิ อุไรกุล, คุณพิชัย ภัทรรัตนกุล, บุคลากรในบริษัท กรีนเอ็นจิเนียริง คอนซัลแตนท์ จำกัด ทุกท่าน, เจ้าหน้าที่ของทางกรุงเทพมหานครทุกท่าน และบุคคลที่เกี่ยวข้องทุกท่าน

นอกจากบุคคลท่านต่างๆ ที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น ยังได้รับความช่วยเหลือจากหน่วยงานต่างๆ ดังนี้ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้ให้เงินทุนสนับสนุนในการศึกษาวิจัย, กรุงเทพมหานคร ที่ได้อนุญาตให้ใช้ข้อมูลมาทำการศึกษาวิจัย, สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย, บริษัท อรุณ ชัยเสรี คอนซัลติ้ง เอนจิเนียริ่ง จำกัด, บริษัท กรีนเอ็นจิเนียริง คอนซัลแตนท์ จำกัด, โรงพยาบาล เกษมราษฎร์ ประชาชื่น, ห้างสรรพสินค้า เดอะมอลล์ งามวงศ์วาน, สถานีตำรวจดับเพลิง บางซ้อ, กรมทางหลวง, สถาบันเทคโนโลยีนานาชาติสิรินธร, หน่วยวิจัย แผ่นดินไหว จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ท้ายที่สุดนี้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ บิดา-มารดา, น้า และ พี่น้อง ที่ได้ให้การสนับสนุนในทุกๆ ด้านรวมทั้งได้ให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยในการศึกษาตั้งแต่เด็กจนถึงปัจจุบัน และหากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นประโยชน์ทางการศึกษาอยู่บ้าง ผู้วิจัยขออุทิศให้แก่ คุณตา คุณยาย และน้องชายของผู้วิจัยผู้ล่วงลับ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญตาราง	ญ
สารบัญภาพ	ท
บทที่	
1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมา	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตของการศึกษา	2
1.4 วิธีการดำเนินการศึกษา	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	5
2 หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	6
2.1 บทนำ	6
2.2 การประเมินตามหลักการของ AASHTO	10
2.3 การประเมินตามหลักการของ Palmgren – Miner	19
3 ข้อมูลการตรวจวัด	22
3.1 การตรวจวัดภาคสนาม	22
3.1.1 การสำรวจเบื้องต้น	22
3.1.2 การตรวจวัดค่าความเครียด	24
3.1.3 การตรวจวัดการใช้วดยาน	28
3.2 การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดภาคสนาม	29
4 การประเมินอายุการใช้งานที่เหลือของสะพาน	33
4.1 การประเมินหาอายุการใช้งานที่เหลือตามแนวทางของ AASHTO	33
4.1.1 การประเมินโดยใช้ข้อมูลปริมาณการจราจรจากการ ตรวจวัดจริง แต่คำนวณค่าช่วงความเค้นจากการ วิเคราะห์จากรถบรรทุกมาตรฐานของ AASHTO	34

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.1.2 การประเมินโดยใช้ข้อมูลปริมาณการจราจร และ ข้อมูลค่าความเครียดจากการตรวจวัดจริง ที่เกิดจาก น้ำหนักบรรทุกจร แต่จะหาโดยการเปรียบเทียบกับ รถบรรทุก 10 ล้อ	39
4.1.3 การประเมินโดยใช้ข้อมูลปริมาณการจราจร และ ข้อมูลค่าความเครียดจากการตรวจวัดจริง ที่เกิดจาก น้ำหนักบรรทุกจร	42
4.2 การประเมินหาอายุการใช้งานที่เหลือตามหลักการของ Palmgren – Miner	45
5 การอภิปรายผลการวิเคราะห์	47
5.1 การอภิปรายอายุการใช้งานที่เหลือของสะพานตัวอย่างทั้ง 6 สะพาน	47
5.2 การอภิปรายค่าหน่วยแรงสูงสุดที่เกิดขึ้น	53
5.3 การปรับปรุงมาตรฐานการประเมินหาอายุการใช้งานที่เหลือ ให้มีความเหมาะสมกับสภาพการใช้งานในประเทศไทย	54
6 สรุปผลการศึกษา	59
6.1 สรุปผลการศึกษา	59
6.2 ข้อเสนอแนะ	61
รายการอ้างอิง	62
ภาคผนวก	64
- การหาค่าโมเมนต์ความเฉื่อยของทั้ง 6 สะพาน	64
- การหาค่าตัวคูณปรับแก้ค่าอัตราส่วนโมเมนต์ความเฉื่อย กับระยะระหว่างแนวแกนสะเทินถึงมิดด้านล่างของหน้าตัด ที่คำนวณได้ให้เป็นค่าที่ใกล้เคียงกับความเป็นจริง	64
- การทำการหารรถบรรทุกที่เหมาะสมสำหรับการประเมิน หาอายุการใช้งานที่เหลือในประเทศไทย	67
- การทำการหาน้ำหนักรถบรรทุกทั้ง 5 ประเภทที่แล่นผ่านสะพาน ทั้ง 6 สะพาน โดยวิธีการประมาณ	69
- การทำการประเมินหาอายุการใช้งานที่เหลือโดยอาศัย รถบรรทุกมาตรฐานที่ได้เสนอขึ้นมาใหม่	72

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ประวัติผู้วิจัย 127



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2-1 ค่า K สำหรับแต่ละรูปแบบของรอยต่อ	73
ตารางที่ 3-1 รายงานสรุปสำรวจเบื้องต้นของสะพานทั้ง 6 สะพาน	74
ตารางที่ 3-2 แสดงคุณสมบัติของ strain gage ที่ใช้ในการศึกษา	75
ตารางที่ 3-3 ตัวอย่างการบันทึกข้อมูลที่ได้จากการตรวจนับปริมาณการจราจร	76
ตารางที่ 4-1 ค่าสัมประสิทธิ์ D ที่ใช้ในการคำนวณค่า DF	77
ตารางที่ 4-2 ค่าน้ำหนักที่ลงเพลาต่างๆ ของรถบรรทุกมาตรฐานที่นำไปใช้ในการ คำนวณหาค่าโมเมนต์มากที่สุด	77
ตารางที่ 4-3 แสดงค่าโมเมนต์ความเฉื่อย, ค่าระยะห่างระหว่างแนวแกน สะเทินถึงผิวด้านล่างของหน้าตัด และค่าอัตราส่วน I / C_o	77
ตารางที่ 4-4 แสดงการหาปริมาณรถบรรทุกเฉลี่ยต่อวันต่อช่องทางการจราจร ที่มีการแปลงโดยเทียบกับรถบรรทุก 10 ล้อ	78
ตารางที่ 4-5 แสดงค่า K, ค่า Allowable stress range และลักษณะการเชื่อม ของ AASHTO และ JSSC	78
ตารางที่ 4-6 แสดงปริมาณของรถประเภทต่างๆ ที่ได้ทำการสุ่มตัวอย่าง เพื่อที่จะได้ทำการหาค่าตัวแทนค่าช่วงความเค้น	79
ตารางที่ 4-7 แสดงค่าช่วงความเค้นที่ได้มาจากการคำนวณ และอัตราส่วน เมื่อเทียบกับรถบรรทุก 10 ล้อ	79
ตารางที่ 4-8 แสดงปริมาณรถบรรทุกเฉลี่ยต่อวันต่อช่องทางการจราจร ที่ทำการ แปลงเทียบกับรถบรรทุก 10 ล้อ	79
ตารางที่ 4-9 แสดงการหาค่าตัวแทนค่าช่วงความเค้นของสะพาน B1	80
ตารางที่ 4-10 การประเมินโดยใช้ข้อมูลปริมาณการจราจรจากการ ตรวจวัดจริง แต่คำนวณค่าช่วงความเค้นจากการ วิเคราะห์จากรถบรรทุกมาตรฐานของ AASHTO	81
ตารางที่ 4-11 การประเมินโดยใช้ข้อมูลปริมาณการจราจร และข้อมูลค่าความ เครียดจากการตรวจวัดจริง ที่เกิดจากน้ำหนักบรรทุกจร แต่จะหาโดยการเปรียบเทียบกับรถบรรทุก 10 ล้อ	83
ตารางที่ 4-12 การประเมินโดยใช้ข้อมูลปริมาณการจราจร และข้อมูลค่าความ เครียดจากการตรวจวัดจริง ที่เกิดจากน้ำหนักบรรทุกจร	84

สารบัญตาราง (ต่อ)

	หน้า
ตารางที่ 4-13 การประเมินอายุการใช้งานที่เหลือตามหลักการของ Palmgren – Miner	85
ตารางที่ 4-14 แสดงอายุการใช้งานที่เหลืออย่างปลอดภัยของ 6 สะพาน	85
ตารางที่ 5-1 แสดงอายุการใช้งานที่เหลือของสะพานทั้ง 6 สะพาน เมื่อมีการเพิ่มปริมาณการจราจร	86
ตารางที่ 5-2 แสดงอายุการใช้งานที่เหลือของทั้ง 6 สะพาน เมื่อข้อบังคับ ทางกรุงเทพมหานครใช้ได้อย่างสมบูรณ์	86
ตารางที่ 5-3 แสดงอายุการใช้งานที่เหลือของสะพานทั้ง 6 สะพาน เมื่อให้รถบรรทุกใช้สะพานได้อย่างถูกกฎหมาย	87
ตารางที่ 5-4 แสดงค่าหน่วยแรงสูงสุดที่เกิดขึ้นในสะพานทั้ง 6 สะพาน	87
ตารางที่ 5-5 แสดงอายุการใช้งานที่เหลืออย่างปลอดภัยของสะพาน 5 สะพานที่ได้มาจากการประเมินตามแนวทาง ของ AASHTO จริงๆ	88
ตารางที่ 5-6 แสดงค่าการพังทลายต่อวันของรถทั้ง 5 ประเภท สำหรับสะพานทั้ง 6 สะพานที่ได้มาจากการสุ่มตัวอย่าง	89
ตารางที่ 5-7 แสดงค่าช่วงความเค้นที่คำนวณมาจากรถบรรทุก มาตรฐานที่ได้เสนอขึ้นมาใช้แทนมาตรฐาน AASHTO ของทั้ง 6 สะพาน	89
ตารางที่ 5-8 ค่าช่วงความเค้นเสมือนที่คำนวณได้ของรถทั้ง 5 ประเภท เปรียบเทียบกับค่าช่วงความเค้นเสมือนที่เกิดขึ้นจริง ของสะพานทั้ง 6 สะพาน	90
ตารางที่ 5-9 แสดงอายุการใช้งานที่เหลือเมื่อใช้ค่าความน่าเชื่อถือ เท่ากับ 1.0 โดยเปรียบเทียบกันระหว่างค่าช่วงความเค้นเสมือน ที่ได้มาจากการคำนวณจากรถบรรทุกมาตรฐาน ที่เสนอขึ้นมาใหม่ กับจากการทำ Rainflow counting	91

สารบัญตาราง (ต่อ)

	หน้า
ตารางที่ 5-10 แสดงอายุการใช้งานที่เหลือเมื่อใช้ค่าความน่าเชื่อถือเท่ากับ 1.75 และ 1.4875 ตามลำดับ โดยเปรียบเทียบกันระหว่างค่าช่วงความเค้นเสมือนที่ได้มาจากการคำนวณจากรถบรรทุกมาตรฐานที่เสนอขึ้นมาใหม่ กับจากการทำ Rainflow counting	92
ตารางที่ 5-11 แสดงอายุการใช้งานที่เหลือจากการประเมินด้วยวิธีการทั้ง 4 วิธีการในบทที่ 4 และการใช้ค่าช่วงความเค้นที่เกิดจากรถบรรทุกมาตรฐานขึ้นมาใหม่ โดยใช้วิธีการเช่นเดียวกับในหัวข้อที่ 4.1.1 ในบทที่ 4	92
ตารางที่ 5-12 แสดงค่าช่วงความเค้นในการประเมินหาอายุการใช้งานที่เหลือของทุกสะพาน โดยที่ค่าช่วงความเค้นดังกล่าวจะอยู่บนพื้นฐานของค่า ADTT ที่เท่ากัน	93
ตารางที่ 5-13 แสดงค่าช่วงความเค้นที่ได้จากตารางที่ (5-10) แต่มีการคูณค่าความน่าเชื่อถือเพิ่มเข้าไป	93
ตารางที่ 5-14 แสดงน้ำหนักบรรทุกรวมของรถทั้ง 5 ประเภท ที่ได้มาจากการสุ่มตัวอย่าง ทั้ง 6 สะพาน	93
ตารางที่ 5-15 แสดงน้ำหนักบรรทุกเปรียบเทียบที่ได้จากการตรวจวัดจริง, น้ำหนักบรรทุกมาตรฐานที่เสนอขึ้นมาใหม่ และน้ำหนักตามที่กรมทางหลวงกำหนด	94
ตารางที่ 5-16 แสดงค่าช่วงความเค้นที่ได้จากรถบรรทุกตามมาตรฐานกรมทางหลวงประเทศไทยเมื่อใช้ค่าการกระจายน้ำหนักลงสู่คานตัวนอก และค่าการกระแทกตามมาตรฐาน AASHTO	94
ตารางที่ 5-17 แสดงอายุการใช้งานที่เหลือที่ได้จากการประเมินตามแนวทางของ AASHTO เมื่อใช้ค่าช่วงความเค้นที่ได้จากการตรวจวัดจริง, น้ำหนักตามมาตรฐานของกรมทางหลวงประเทศไทย และจากรถบรรทุกมาตรฐานที่เสนอขึ้นมาใหม่	95
ตารางที่ 5-18 แสดงค่าช่วงความเค้นของรถทั้ง 5 ประเภทจากมาตรฐานกรมทางหลวง (ไทย) และรถบรรทุกมาตรฐานที่เสนอใหม่ของสะพานทั้ง 6 สะพาน	95
ตารางที่ ก-1 แสดงการคำนวณหาค่าโมเมนต์ความเฉื่อยของสะพาน B1	96

สารบัญตาราง (ต่อ)

	หน้า
ตารางที่ ก-2 แสดงการคำนวณหาค่าโมเมนต์ความเฉื่อยของสะพาน B2	97
ตารางที่ ก-3 แสดงการคำนวณหาค่าโมเมนต์ความเฉื่อยของสะพาน B3	98
ตารางที่ ก-4 แสดงการคำนวณหาค่าโมเมนต์ความเฉื่อยของสะพาน B4	99
ตารางที่ ก-5 แสดงการคำนวณหาค่าโมเมนต์ความเฉื่อยของสะพาน B5	100
ตารางที่ ก-6 แสดงการคำนวณหาค่าโมเมนต์ความเฉื่อยของสะพาน B6	101
ตารางที่ ก-7 แสดงค่าปรับแก้ค่า (I / C_o) ของสะพานทั้ง 6 สะพาน	102
ตารางที่ ก-8 แสดงค่าช่วงความเครียดเสมือนของรถทั้ง 5 ประเภทที่ได้ จากการสุ่มตัวอย่าง	102
ตารางที่ ก-9 ค่าสัมประสิทธิ์การปรับแก้น้ำหนัก, น้ำหนักรถบรรทุกมาตรฐาน ของรถทั้ง 5 ประเภทที่เสนอขึ้นมาแทนมาตรฐาน AASHTO เทียบกับรถที่กำหนดโดยกรมทางหลวงของประเทศไทย	102
ตารางที่ ก-10 แสดงการหาน้ำหนักรถบรรทุกทั้ง 5 ประเภทด้วยวิธีการประมาณ	103

สารบัญภาพ

	หน้า
รูปที่ 2-1 รูปแสดงค่าช่วงความเค้นที่ได้จากการหาในกรณีที่ สัญญาณมีลักษณะหน่วยแรงคงที่ (constant amplitude)	104
รูปที่ 2-2 แสดงลักษณะสัญญาณค่าความเค้น (a) แบบที่มีความเปลี่ยนแปลงไม่คงที่ (b) แบบที่เป็นสัญญาณแบบแถบแคบๆ (narrow band)	104
รูปที่ 2-3 แผนภูมิแท่งสำหรับจำนวนรอบในแต่ละค่าช่วงความเค้น (stress histogram)	105
รูปที่ 2-4 (a) สัญญาณที่แสดงหลักการของ Rainflow counting method (b) Hysteresis loop	105
รูปที่ 2-5 (a) แบบจำลองที่ใช้ในการทดลอง (b) หน่วยแรงที่ทำให้กระทำต่อแบบจำลอง (c) กราฟ S-N ที่ได้จากการทดลอง	106
รูปที่ 2-6 แสดงรถบรรทุกมาตรฐานที่กำหนดโดยมาตรฐาน AASHTO	106
รูปที่ 2-7 แสดงระยะระหว่างคาน (spacing of girder, S)	107
รูปที่ 2-8 กราฟแสดงความสัมพันธ์กันระหว่างค่า β กับค่า γ	107
รูปที่ 3-1 รูปโดยรวมของสะพานที่ได้ทำการศึกษา และแสดงให้เห็นถึงข้อมูลการจราจรเบื้องต้น	108
รูปที่ 3-2 รูปแสดงบริเวณที่จะทำการติดตั้งอุปกรณ์การตรวจวัด	108
รูปที่ 3-3 แสดงตำแหน่งที่ตั้งของตู้เคบิน	109
รูปที่ 3-4 แสดง (a) สถานที่ที่ใช้ในการตรวจนับปริมาณการจราจร (b) การมองจากตำแหน่งตรวจวัดดังกล่าว	109
รูปที่ 3-5 ลักษณะของสเตรนเกจที่ใช้ในการศึกษา	110
รูปที่ 3-6 แสดงซีลเคเบิลที่ใช้ในการตรวจวัด	110
รูปที่ 3-7 แสดงไดนามิกสเตรนแอมพลิไฟเออร์ที่ใช้ในการตรวจวัด	111
รูปที่ 3-8 แสดงอนาล็อกโลว์พาสฟิลเตอร์ที่ใช้ในการศึกษา	111
รูปที่ 3-9 แสดง เกอูดีคอนเวอร์เทอร์ และ คอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการศึกษา	112
รูปที่ 3-10 แสดงการชดเชยด้วยเครื่องวัดในขั้นตอนแรก	112
รูปที่ 3-11 แสดงการทำความสะอาดบริเวณที่จะทำการติดตั้ง สเตรนเกจ ต่อจากขั้นตอนการชดเชย	113

สารบัญภาพ (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 3-12 แสดงให้เห็นผิวโลหะในบริเวณที่ได้มีการทำความสะอาดแล้ว	113
รูปที่ 3-13 แสดงการนำ metal foil strain gage มาทากาวติดกับเนื้อเหล็ก ด้วย Cyanoacrylate cement	114
รูปที่ 3-14 แสดง SB Rubber ที่ติดทับ strain gage ณ.ตำแหน่งที่ทำการติดตั้ง strain gage	114
รูปที่ 3-15 แสดงอุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจวัดค่าความเครียด	115
รูปที่ 3-16 แผนภูมิแสดงการตรวจวัดค่าความเครียด	115
รูปที่ 3-17 แสดงการทดสอบแบบพลศาสตร์ (Dynamic test)	116
รูปที่ 3-18 แสดงรถบรรทุก 10 ล้อ ที่นำมาใช้ในการทดสอบแบบพลศาสตร์	116
รูปที่ 3-19 แสดงลักษณะของรถ 10 ล้อ ที่ใช้ในการทดสอบแบบพลศาสตร์ แสดงให้เห็นระยะห่างระหว่างเพลลา, การกระจายน้ำหนักลง ในแต่ละเพลลาทั้งในกรณีที่บรรทุกหินเกล็ด และกรณีที่ไม่มีการบรรทุก	117
รูปที่ 3-20 ตำแหน่งการติดตั้ง strain gage สำหรับสะพาน ที่ได้ทำการตรวจวัดค่าความเครียด	117
รูปที่ 3-21 แสดงลักษณะของรถบรรทุกทั้ง 5 ประเภทที่ได้ทำการตรวจวัด	118
รูปที่ 3-22 แสดงการบันทึกข้อมูลการจราจรในแบบการบันทึก VDO และใช้คนจดบันทึกไปด้วยพร้อมๆกัน	119
รูปที่ 3-23 แสดงการหาจุดต่ำสุด - สูงสุดของสัญญาณที่ทำการวิเคราะห์	120
รูปที่ 4-1 รูปแบบการจัดน้ำหนักของรถบรรทุกมาตรฐานที่กำหนดโดย AASHTO ที่จะทำให้เกิดค่าโมเมนต์มากที่สุด	120
รูปที่ 4-2 ชิ้นส่วน 6 ชิ้นส่วนที่สำคัญในการหาค่าโมเมนต์ความ เจริญ	120
รูปที่ 4-3 รูปแบบการจัดวางน้ำหนักที่ทำให้เกิดค่าโมเมนต์มากที่สุด สำหรับรถบรรทุกทั้ง 5 ประเภท	121
รูปที่ 5-1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอายุการใช้งานที่เฉลี่ยกับ อัตราการเพิ่มปริมาณการจราจรของสะพานทั้ง 6 สะพาน	122
รูปที่ 5-2 แสดงน้ำหนักของรถทั้ง 5 ประเภท ที่สุ่มมาจาก 6 สะพาน เปรียบเทียบกับน้ำหนักบรรทุกมาตรฐานที่เสนอขึ้นมาแทน รถบรรทุกมาตรฐาน AASHTO	122

สารบัญญภาพ (ต่อ)

หน้า

รูปที่ ก-1a	แสดงสัญญาณที่ได้จากการตรวจวัดและสัญญาณดังกล่าวในแบบของ แบบ quasi static ของรถบรรทุกทดสอบที่ความเร็ว 5 กม./ชม.	123
รูปที่ ก-1b	แสดงสัญญาณที่ได้จากการตรวจวัดและสัญญาณดังกล่าวในแบบของ แบบ quasi static ของรถบรรทุกทดสอบที่ความเร็ว 15 กม./ชม.	123
รูปที่ ก-1c	แสดงสัญญาณที่ได้จากการตรวจวัดและสัญญาณดังกล่าวในแบบของ แบบ quasi static ของรถบรรทุกทดสอบที่ความเร็ว 30 กม./ชม.	124
รูปที่ ก-1d	แสดงสัญญาณที่ได้จากการตรวจวัดและสัญญาณดังกล่าวในแบบของ แบบ quasi static ของรถบรรทุกทดสอบที่ความเร็ว 60 กม./ชม.	124
แผนที่ที่ 3-1	แสดงตำแหน่งที่ตั้งของสะพาน, การวางตัวของช่วงคานหลัก, ช่วงสะพานที่ทำการตรวจวัด	125

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย