# บทที่ 1
# บทนำ

## 1.1 บทนำ

ปัจจุบันการจราจรในกรุงเทพมหานครมีปัญหาเกี่ยวกับการจราจรที่ติดขัดตามทางแยก ดังนั้นเพื่อเป็นการแก้ไขปัญหาการจราจรที่วิกฤต ทางเลือกหนึ่งที่นิยมเลือกใช้คือ การสร้างสะพานลอยข้ามทางแยกที่เป็นโครงสร้างเหล็ก เนื่องจากสามารถทำการก่อสร้างได้รวดเร็วจึงลดปัญหาการจราจรติดขัดที่เป็นอยู่และลดผลกระทบเนื่องจากการดำเนินงานก่อสร้าง แต่สะพานลอยข้ามทางแยกที่เป็นโครงสร้างเหล็กมักจะมีน้ำหนักเบา ดังนั้นเมื่อมียานพาหนะแล่นผ่านโครงสร้าง สะพานจะได้รับหน่วยแรงกระทำขึ้น-ลงแบบซ้ำ ๆ ซึ่งทำให้เกิดผลทางด้านความล้าต่อโครงสร้างเหล็ก และในยานพาหนะที่มีน้ำหนักมาก เช่น รถบรรทุก จะทำให้เกิดหน่วยแรงขึ้น-ลงแบบซ้ำ ๆ ที่สูง ยิ่งมีผลทำให้โครงสร้างสะพานอาจได้รับความเสียหายหรือพังทลายเนื่องจากความล้าได้

ในการประเมินอัตราความเสียหายของสะพานเหล็กเนื่องจากความล้าได้ทำการประเมินเป็นอายุการใช้งานของสะพาน โดยมีวิธีการประเมินหลายวิธี เช่น การประเมินอายุการใช้งานจากความเค้นที่ได้จากการตรวจวัดในสภาพการใช้งานจริง ซึ่งจะให้ความถูกต้องสูงในการประเมินแต่จะเสียค่าใช้จ่ายสูงในการเก็บข้อมูล รวมทั้งมีความยุ่งยากในการดำเนินงานอีกด้วย หรือการประเมินอายุการใช้งานตามมาตรฐานของ AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials) [18] ที่เสนอให้ใช้แบบจำลองรถบรรทุกในการประเมินความล้า (fatigue truck) ทำการประเมินอายุการใช้งาน แต่วิธีการนี้อาจจะไม่เหมาะกับน้ำหนักของรถที่ใช้ในประเทศไทย เนื่องจากน้ำหนักรถบรรทุกที่ AASHTO เสนอเป็นค่าเฉลี่ยของน้ำหนักรถบรรทุกที่ใช้ในอเมริกา ซึ่ง กุมุท บุญวรรณ [2] ได้เสนอแบบจำลองรถบรรทุก แต่ยังมีความคลาดเคลื่อนอยู่มากพอสมควร

ดังนั้นในการศึกษานี้จึงได้ทำการสร้างแบบจำลองของรถเพื่อใช้ในการประเมินอายุการใช้งานของสะพานเหล็กข้ามทางแยกขึ้นเพื่อเป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายในการเก็บข้อมูล รวมทั้งมีความสะดวก รวดเร็ว เหมาะสมและถูกต้องในการประเมินอายุการใช้งานมากกว่าการใช้แบบจำลองตามมาตรฐานของ AASHTO โดยที่แบบจำลองที่เสนอจะทำการแบ่งประเภทของรถออกเป็น 5 ประเภท คือ รถบรรทุกหกล้อ รถบัส รถบรรทุกสิบล้อ รถบรรทุกกึ่งพ่วง และรถบรรทุกพ่วง และประเมินหาน้ำหนักที่มีความเหมาะสมของรถแต่ละประเภทในการประเมินอายุการใช้งานของสะพานเหล็ก รวมทั้งได้ศึกษาอัตราความเสียหายที่เกิดเนื่องจากรถแต่ละประเภท เพื่อใช้เป็นแนวทางในการประเมินอายุการใช้งานของสะพานจากแบบจำลองและการกำหนดแนวทางในการป้องกันการเสื่อมสภาพของสะพานเนื่องจากความล้าที่เกิดจากรถแต่ละประเภท

## 1.2 งานวิจัยที่ผ่านมา

### 1.2.1 ความล้าของวัสดุ

Fisher J.W.(1983) ได้ทำการศึกษาชิ้นส่วนของสะพานเหล็กภายใต้น้ำหนักที่มีการแปรเปลี่ยนทำให้เกิดความล้า โดยได้ทำการศึกษาความเสียหายของชิ้นส่วนแผ่นประกับเหล็ก (gusset plate) แผ่นเหล็กทาบ (cover plate) พบว่า ในกรณีที่มีค่าช่วงความเค้น (stress range) ไม่เกินขีดจำกัดความล้าสำหรับหน่วยแรงคงที่ (constant amplitude fatigue limit , CAFL) จะเกิดรอยแตกขนาดเล็กหลังจาก 100 ล้านรอบ ในทางกลับกันแม้ว่าช่วงความเค้นประสิทธิผล (effective stress range) ไม่เกินขีดจำกัดความล้าสำหรับหน่วยแรงคงที่ก็ตาม แต่มีช่วงของความเค้นเกินขีดจำกัดความล้าจะทำให้เกิดรอยร้าวในชิ้นส่วน และในปี ค.ศ.1992 ได้ทำการทดสอบเพิ่มเติมในชิ้นส่วนของแผ่นเหล็กที่เอว (web attachment) แผ่นเหล็กทาบ ที่มีการเชื่อมในกลุ่ม E'(category E') และแผ่นเหล็กเสริมตามขวาง (transverse stiffener) แผ่นเหล็กต่อ (connection plate) ที่มีการเชื่อมในกลุ่ม C โดยที่ถ้าค่าช่วงความเค้นเกินค่าขีดจำกัดความล้าสำหรับหน่วยแรงคงที่แล้วแม้ว่าค่าความเค้นประสิทธิผลจะต่ำกว่าก็ตาม จะส่งผลให้ชิ้นส่วนเกิดรอยร้าวได้ และยังพบอีกว่าชิ้นส่วนที่เป็นแผ่นเหล็กเสริมตามขวางมีโอกาสเกิดรอยร้าวได้น้อยกว่าชิ้นส่วนอื่น ๆ และชิ้นส่วนที่มีโอกาสเกิดความเสียหายมากที่สุดคือ ที่รอยเชื่อมต่อที่เอวซึ่งเป็นขีดจำกัดต่ำสุดที่ควบคุมอายุการใช้งานเนื่องจากความล้า(lower bound fatigue life)ในการศึกษานี้

### 1.2.2 การประเมินอายุของสะพานเหล็ก

ในปี ค.ศ. 1970 Yellow Mill Pond Viaduct Bridgeport เกิดการวิบัติที่แผ่นเหล็กทาบด้านในโดยรอยร้าวเกิดที่ปลายรอยเชื่อม ดังนั้นจึงได้มีการตรวจสอบสะพานที่ถูกสร้างขึ้นในช่วงเดียวกันคือ Leslie Street Overpass และ Humber River Bridge ซึ่ง Cicci F. และ Csagoly L.E.(1974) ได้ทำการประเมินอายุของ Leslie Street Overpass โดยได้ติดตั้งเกจวัดความเครียด (strain gauge) ที่ตำแหน่งต่าง ๆ เพื่อหาค่าความเครียดที่เกิดขึ้นสูงสุด และนำไปหาค่าช่วงความเค้นเพื่อที่จะนำไปประเมินอายุการใช้งานของสะพานกับผลการทดสอบจากกราฟ S-N ของ Fisher J.W.(1970) และพบว่า ค่าความเค้นที่เกิดขึ้นนั้น มีค่าน้อยกว่าค่าความเค้นที่ใช้ในการออกแบบประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งชี้ให้เห็นว่าความเครียดที่เกิดขึ้นมีโอกาสน้อยมากที่จะเกิดขึ้นเท่ากับความเครียดที่ออกแบบ ดังนั้นความล้าแทบไม่มีผลต่อสะพานนี้เลย ต่อมา Dvorak I.J. และ Zimmer D.C.(1982) ได้ศึกษาและทำการประเมินอายุการใช้งานของสะพาน 10 สะพานโดยวิธีของ AASHTO (1977) ซึ่งได้ทำการวัดความเครียดจากการจราจรในสภาพปกติ ซึ่งพบว่ามี 2 สะพานเริ่มเกิดรอยร้าว และยังแสดงให้เห็นว่าความบกพร่องของสะพานมีผลทำให้อายุการใช้งานสะพานลดลง นั่นคือ รอยต่อพื้นที่มากเกินไปและไม่เสมอกัน รวมทั้งรอยต่อแนวตั้งที่ไม่ตรงแนวจะทำให้เกิดแรงกระแทกเนื่องจากน้ำหนักรถที่เคลื่อนที่ผ่าน และถ้าโครงสร้างนั้นมีความหน่วง (damping) ที่ต่ำด้วยแล้ว รถบรรทุก 1 คัน อาจทำให้เกิดความเครียดที่มีค่าสูง ๆ ถึง 15 รอบ ดังนั้น อายุการใช้งานของสะพานเนื่องจากความล้าอาจจะถูกลดลงอย่างมาก และ Moses F., Schilling C.G. และ Raju K.S.(1987) ได้ศึกษาวิธีการประเมินอายุของโครงสร้างสะพานเหล็กเนื่องจากความล้า โดยขั้นตอนการประเมินใช้กับโครงสร้างสะพานเหล็กที่ได้รับแรงเค้นเป็นลำดับแรก เป็นโครงสร้างที่ไม่เกิดการกัดกร่อน ไม่เกิดการวิบัติทางกล และยังไม่เคยผ่านการซ่อมแซมมาก่อน

รวมทั้งไม่นำแรงเค้นลำดับที่สองมาคำนวณ โดยที่อายุการใช้งานที่เหลือจริง (actual remaining life) มีความเป็นไปได้ 50 เปอร์เซ็นต์ที่มากกว่าค่ากลางอายุการใช้งานที่เหลือ (remaining mean life) และอายุการใช้งานที่เหลือจริงมีความเป็นไปได้ 97.7 และ 99.9 เปอร์เซ็นต์ที่มากกว่าค่าอายุการใช้งานที่เหลืออย่างปลอดภัย (remaining safe life) สำหรับโครงสร้างที่เป็นแบบเสถียรภาพเกิน (redundant) และแบบเสถียรภาพ (non-redundant) และจากผลการศึกษานี้ทางด้าน AASHTO Manual for Maintenance Inspection of Bridge ได้ทำการออกมาตรฐานในการประเมินอายุการใช้งานและการออกแบบสะพาน

หลังจากนั้น Frank K.H. (1992) ได้ทำการประเมินอายุการใช้งานของสะพาน เนื่องจากผลของการเพิ่มปริมาณการจราจรและน้ำหนักของรถจากอดีตซึ่งจะมีผลต่อการลดอายุการใช้งานของสะพานจากการออกแบบ โดยได้ทำการเก็บข้อมูลของความเครียดจากการจราจรปกติ 1 สัปดาห์ จากนั้นทำการเปลี่ยนความเค้นที่ซับซ้อน (complex stress) ให้เป็นความเค้นประสิทธิผล โดยวิธีการของเรนโฟล์วเคาน์ติ้ง และประเมินอายุการใช้งานของสะพาน รวมทั้งได้ทำการเปรียบเทียบการประเมินอายุของสะพานโดยการรวมผลของความเค้นที่เกิดขึ้นทั้งหมด และคิดเฉพาะค่าความเค้นที่เกิน 0.09 ของค่าช่วงความเค้นสูงสุด ซึ่งมีแค่ 25 เปอร์เซ็นต์ แต่จากผลการประเมินอายุการใช้งานของสะพานต่างกันเพียง 1.4 เปอร์เซ็นต์ และยังชี้ให้เห็นอีกว่าถ้าค่าเฉลี่ยการจราจรต่อวันในอนาคตมีค่าเปลี่ยนไป จะทำให้อายุการใช้งานของสะพานที่ประเมินได้เปลี่ยนไปจากที่ประเมินในขณะนั้น

Zuraski P.D. (1993) ได้ทำการประเมินอายุการใช้งานของสะพาน โดยพิจารณาที่ปลายของแผ่นเหล็กทาบ 10 สะพาน ตาม AASTHO guideline 1990 และค่าตัวประกอบการกระจายด้านข้าง (lateral distribution factor) ใช้ตาม AASTHO ส่วนค่าตัวประกอบการกระแทก (Impact factor) ใช้ 10 เปอร์เซ็นต์ และจากการประเมินค่ากลางอายุของสะพาน (mean life) พบว่า 8 ใน 10 สะพาน ที่ปลายของแผ่นเหล็กทาบ อายุที่ใช้งานจริงนั้นเกินอายุที่ทำการประเมิน แต่จากการตรวจสอบอย่างละเอียดนั้นยังไม่ปรากฏรอยร้าวเกิดขึ้น ซึ่งการที่อายุที่ประเมินได้น้อยกว่าอาจจะเป็นผลมาจาก ค่าคุณสมบัติของรอยเชื่อม (detail constant, K) ควรมีค่าสูงขึ้นเนื่องจากถ้ามีการเชื่อมที่ดีแล้ว จะสามารถลดความหนาแน่นของความเค้นบริเวณรอยเชื่อมได้ และค่าปริมาณการจราจรต่อวัน ซึ่งถ้าใช้มากไปจะทำให้อายุการใช้งานที่ประเมินได้ต่ำกว่าความเป็นจริง

### 1.2.3 สถิติน้ำหนักบรรทุกของรถและการใช้รถ

ในปี ค.ศ. 1980 Page J. และ Tilly G.P. ได้ศึกษาผลของความเสียหายของสะพานจากรถที่ใช้ในเชิงพาณิชย์และการขนส่ง (commercial vehicle) โดยได้ทำการแบ่งประเภทของรถออกเป็น 30 ชนิด ซึ่งพบว่ารถประเภท class 31 (2-axle commercial vehicle) และ class 52 (2-axle tractor,2-axle semi-tractor) มากถึง 46.7 และ 24.4 เปอร์เซ็นต์ ในสะพาน Forth bridge ส่วนสะพาน Manchester road bridge พบ 63.5 และ 15.7 เปอร์เซ็นต์ และความเสียหายเนื่องจากความล้าจะเกิด 0.51 0.19 และ 0.35 0.31 ตามลำดับประเภทของรถและสะพาน ต่อมา Hwang E. และ Nowak A.S.(1991) ได้ทำการเลียนแบบน้ำหนักพลศาสตร์ (dynamic load) ที่กระทำต่อสะพาน และพบว่าตัวประกอบน้ำหนักพลศาสตร์ (dynamic load factor,DLF=dynamic

deflection/static deflection) จะลดลงเมื่อน้ำหนักของรถเพิ่มขึ้น การที่ DLF ลดลงนั้นเป็นผลเนื่องจากการโก่งตัวสถิตศาสตร์ (static deflection) เพิ่มขึ้นนั้นเอง และผลของความเร็วรถที่มีผลต่อค่า DLF นั้นจะขึ้นกับทั้งความเร็วและน้ำหนักรถ ส่วนผลจากระยะระหว่างเพลาของรถบรรทุกนั้นสำหรับสะพานที่มีความยาว ค่า DLF จะเพิ่มขึ้นเมื่อระยะระหว่างเพลาเพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นผลจากการโก่งตัวพลศาสตร์ที่กลางช่วงคาน (dynamic mid span deflection) เพิ่มขึ้น ส่วนการโก่งตัวสถิตศาสตร์ที่กลางช่วงคาน (static mid span deflection) จะลดลง

ต่อมา Decleli M. และ Bruneau M. (1995) ได้ศึกษาผลของรถบรรทุกหนักว่ามีผลต่อการลดอายุการใช้งานของสะพานอย่างไร และพบว่าสะพานสามารถรับน้ำหนักรถบรรทุกหนักที่อนุญาตใหม่ได้และเมื่อพิจารณาขีดจำกัดของความล้าของสะพาน พบว่าสะพานเกือบทุกสะพานจะถูกจำกัดด้วยขีดจำกัดความล้า และจากการวิเคราะห์ปริมาณการจราจรของรถบรรทุก 1000 คันต่อเดือน โดยมีรถบรรทุกหนัก 100 คันต่อเดือน พบว่าเปอร์เซ็นต์การลดอายุของสะพานเนื่องจากความล้าจะเพิ่มขึ้นเมื่อความเค้นเพิ่มขึ้น โดยที่ ความเค้นต่อ CAFL เท่ากับ 1 1.5 และ 2 จะลดอายุสะพานลง 0.8 2.6 และ 6 เปอร์เซ็นต์ และ Chou C.J. and Ching C. (1995) ได้พิจารณารถที่มีน้ำหนักเกินกฎหมายควบคุมน้ำหนักรถในไต้หวัน พบว่ารถที่ใช้มากที่สุดคือ U11(รถบรรทุกที่มีเพลาหน้าและเพลาหลัง 1 เพลา) และ S112(รถกึ่งพ่วงที่มีเพลาหน้าและเพลากลาง 1 เพลา ส่วนเพลาหลังมี 2 เพลา) คือ 16.13 และ 7.53 เปอร์เซ็นต์ของรถทั้งหมด หรือ 87 เปอร์เซ็นต์ของรถบรรทุกหนัก และมีการบรรทุกเกินข้อกำหนดของกฎหมายควบคุมน้ำหนักรถ 10.2 และ 24.2 เปอร์เซ็นต์ และยังพบรถชนิด S122(เพลาหน้า 1 เพลา ส่วนเพลากลางและเพลาหลังมีอย่างละ 2 เพลา) บรรทุกเกินข้อกำหนดของกฎหมายถึง 48.9 เปอร์เซ็นต์ ส่วนเวลาที่พบรถบรรทุกเกินน้ำหนักอยู่ในช่วงเวลา 0.00-6.00 นาฬิกา เมื่อพิจารณาเฉพาะน้ำหนักลงเพลาพบว่า รถ S112 เกินข้อกำหนดของกฎหมายควบคุมน้ำหนักรถถึง 71.1 เปอร์เซ็นต์ และในปี ค.ศ.1996 Chou C.J. ได้พิจารณารถที่มีน้ำหนักเกินกฎหมายควบคุมน้ำหนักรถในไต้หวันอีก และจากการศึกษาก็ให้ผลใกล้เคียงกับที่ได้ศึกษาในปี ค.ศ.1995

จากการศึกษาข้างต้นจะเห็นได้ว่าในการประเมินอายุการใช้งานของสะพานเนื่องจากความล้านั้นจะประเมินจากการตรวจวัดหน่วยแรงในสภาวะการใช้งานจริงซึ่งต้องเสียค่าใช้จ่ายในการประเมินที่สูงหรือการประเมินอายุการใช้งานจากแบบจำลองรถบรรทุกที่เสนอโดย AASHTO ซึ่งไม่เหมาะสมกับลักษณะของรถที่ใช้งานอยู่ในประเทศไทย ดังนั้นในการศึกษานี้จะทำการสร้างแบบจำลองน้ำหนักของรถที่จะนำมาใช้ในการประเมินอายุการใช้งานของสะพานเหล็ก ศึกษาประเภทของรถที่มีผลต่อความเสียหายของสะพาน รวมทั้งได้เสนอแนวทางในการลดความเสียหายของสะพานที่เกิดเนื่องจากความล้าและแนวทางในการใช้แบบจำลองในการประเมินอายุการใช้งานของสะพาน

## 1.3 วัตถุประสงค์ในงานวิจัย

1.3.1 ศึกษาพฤติกรรมการสั่นไหวของสะพานเนื่องจากรถประเภทต่าง ๆ จากสัญญาณการตรวจวัด

1.3.2 ประเมินถึงค่าตัวประกอบการขยายพลวัตและน้ำหนักของรถจากสัญญาณการตรวจวัด

1.3.3 ศึกษาประเภทรถที่มีผลต่อความเสียหายของสะพานเนื่องจากความล้าในสภาวะการจราจรปกติ

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย


1.3.4 พัฒนาแบบจำลอง เพื่อหาตัวแทนตัวประกอบการขยายพลวัตและตัวแทนน้ำหนักของรถแต่ละประเภทในการประเมินอายุการใช้งานของสะพานเหล็กเนื่องจากความล้า

1.3.5 ใช้แบบจำลองในการประเมินอายุการใช้งานของสะพานเหล็ก

## 1.4 ขอบเขตการศึกษาในงานวิจัย

1.4.1 ทำการศึกษาข้อมูลความเค้นของสะพานข้ามแยกที่เป็นโครงสร้างเหล็กซึ่งมีระบบคานเป็นแบบแผ่นเหล็ก (plate girder) และมีระบบแผ่นพื้นเป็นแบบออร์โทโทปิค (orthotopic deck)

1.4.2 ทำการศึกษาในส่วนช่วงคานหลักของสะพาน (main girder) โดยพิจารณาการเกิดความล้าที่ตำแหน่งกึ่งกลางช่วงคานหลักของสะพาน

1.4.3 พิจารณาสะพานข้ามทางแยกในเขตกรุงเทพมหานคร จำนวน 5 สะพานที่มีความยาวช่วงคานหลักประมาณ 35 ถึง 50 เมตร

1.4.4 ศึกษาเฉพาะประเภทของรถที่มีน้ำหนักบรรทุกมาก ได้แก่ รถบรรทุกหกล้อ รถบัส รถบรรทุกสิบล้อ รถบรรทุกกึ่งพ่วง และรถบรรทุกพ่วง

## 1.5 ขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัย

1.5.1 ทบทวนข้อมูลและศึกษางานวิจัยที่ผ่านมา

เป็นการศึกษาค้นคว้าและหาข้อมูลเกี่ยวกับงานวิจัยที่ผ่านมาพร้อมทั้งศึกษาหลักการและทฤษฎีต่าง ๆ ที่จะนำมาประยุกต์ใช้กับงานวิจัยนี้

1.5.2 การวิเคราะห์ข้อมูล

1.5.2.1 ทำการศึกษาและเลือกข้อมูลสัญญาณการสั่นไหวของสะพานที่มีระบบคานเป็นแบบแผ่นเหล็ก

1.5.2.2 ทำการแยกสัญญาณการสั่นไหวที่ได้จากการตรวจวัดออกตามประเภทของรถ ได้แก่ รถบรรทุกหกล้อ รถบัส รถบรรทุกสิบล้อ รถบรรทุกกึ่งพ่วง และรถบรรทุกพ่วง

1.5.2.3 คำนวณค่าโมดูลัสของหน้าตัด (section modulus) ในแต่ละสะพาน

1.5.2.4 ทำการประเมินตัวประกอบการขยายพลวัตและน้ำหนักของรถในแต่ละคัน

1.5.2.5 ทำการคำนวณความเค้นประสิทธิผล น้ำหนักประสิทธิผล และตัวประกอบการขยายพลวัตประสิทธิผลของรถแต่ละประเภทในแต่ละสะพาน

1.5.3 การประเมินอายุการใช้งานของสะพานเหล็ก

1.5.3.1 ทำการประเมินอายุการใช้งานของสะพานจากการตรวจวัดความเค้นในสภาพการใช้งาน

1.5.3.2 ทำการประเมินอายุการใช้งานของสะพานจากมาตรฐานของ AASHTO ที่เสนอให้ใช้แบบจำลองของรถบรรทุกตามมาตรฐานของ AASHTO ในการประเมินอายุการใช้งาน

1.5.4 การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการหาตัวแทนของน้ำหนักและตัวประกอบการขยายพลวัตของรถแต่ละประเภท เพื่อใช้ในการประเมินอายุการใช้งานของสะพานเหล็ก

1.5.4.1 ทำการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์โดยพิจารณาถึง ความคลาดเคลื่อนกำลังสองของอัตราความเสียหาย

1.5.4.2 ทำการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์โดยพิจารณาถึง ความคลาดเคลื่อนกำลังสองของอายุการใช้งานของสะพาน

1.5.4.3 ทำการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์โดยพิจารณาถึง ความคลาดเคลื่อนกำลังสองของความเสียหายที่เกิดเนื่องจากรถแต่ละประเภท

1.5.5 ทำการเปรียบเทียบ วิเคราะห์ และสรุปผลของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

1.5.6 เสนอตัวแทนน้ำหนักและตัวประกอบการขยายพลวัตของรถแต่ละประเภท เพื่อนำไปใช้ในการประเมินอายุการใช้งานของสะพานเหล็ก

## 1.6 ผลที่ได้รับจากงานวิจัย

1.6.1 ทราบถึงลักษณะการสั่นไหวของสะพานเนื่องจากรถแต่ละประเภท

1.6.2 ทราบถึงอัตราความเสียหายที่เกิดขึ้นเนื่องจากรถแต่ละประเภท

1.6.3 ทราบถึงปริมาณการกระจายน้ำหนักของรถแต่ละประเภท

1.6.4 สามารถประเมินอายุการใช้งานของสะพานจากการตรวจวัดความเครียดในสภาพการใช้งานจริง และจากแบบจำลองรถบรรทุกของ AASHTO

1.6.5 สามารถใช้แบบจำลองที่เสนอในการประเมินอายุการใช้งานของสะพานเหล็ก

1.6.6 สามารถกำหนดแนวทางในการใช้ยวดยานแต่ละประเภทให้เหมาะสมในการลดอัตราการเสื่อมสภาพของสะพาน