บทที่ 3
ข้อมูลการตรวจวัด

หลังจากที่ได้ทำการศึกษาข้อมูลและการวิจัยที่ผ่านมาในบทที่ 2 แล้วนั้นก็จะทำการดำเนินการวิจัยในการประเมินหาอายุการใช้งานของสะพานเหล็กข้ามทางแยกเนื่องจากความล้า โดยที่การศึกษาวิจัยนี้ได้ทำการแบ่งขั้นตอนของการศึกษาวิจัยเป็นหัวข้อต่างๆดังนี้

3.1 การตรวจวัดภาคสนาม
3.2 การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดภาคสนาม
โดยที่สามารถแสดงรายละเอียดของทั้ง 2 หัวข้อได้ดังนี้

3.1 การตรวจวัดภาคสนาม

การดำเนินการตรวจวัดจากสะพานภายใต้สภาพการใช้งานจริงนั้นเป็นวิธีการที่ยอมรับกันว่าจะนำไปสู่ผลการประเมินสภาพที่ถูกต้องและใกล้เคียงความเป็นจริงมากที่สุดเพราะสภาพโครงสร้างที่สลับซับซ้อนและการจราจรที่มีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาสามารถที่จะถูกบันทึกเพื่อนำมาใช้ในการประเมินได้ ดังนั้นเพื่อให้การประเมินผลของความล้าและระยะการใช้งานปลอดภัยของสะพานในการดำเนินการวิจัยครั้งนี้มีความถูกต้องใกล้เคียงความเป็นจริง จึงมีความจำเป็นที่จะต้องทำการตรวจวัดสะพานที่ทำการวิจัยในครั้งนี้ทั้ง 6 สะพาน ภายใต้สภาพการจราจรจริง โดยจะทำการตรวจวัดค่าความเครียด (strain) ในส่วนโครงสร้างสำคัญของสะพาน อีกทั้งจะได้ทำการบันทึกลักษณะและปริมาณการจราจรบนสะพานขณะทำการตรวจวัดไปพร้อมๆ กันด้วย การตรวจวัดภาคสนามนี้จะทำการสำรวจเบื้องต้นก่อน จากนั้นจะได้ทำการเก็บข้อมูลใน 2 ส่วนพร้อมๆกัน คือ ข้อมูลค่าความเครียดของโครงสร้าง และข้อมูลการใช้ยวดยานที่แล่นบนสะพาน ดังนั้นจึงสามารถที่จะแบ่งขั้นตอนการตรวจวัดภาคสนามออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

3.1.1 *การสำรวจเบื้องต้น*

เพื่อที่จะได้ข้อมูลที่จำเป็นสำหรับการวางแผนและการกำหนดรายละเอียดการตรวจวัดสะพานข้ามแยกทั้ง 6 สะพานได้อย่างถูกต้องและเหมาะสมตามหลักวิชาการ รวมทั้งให้มีผลกระทบต่อผู้ใช้รถระหว่างการตรวจวัดน้อยที่สุด การดำเนินการในส่วนของงานสำรวจเบื้องต้นได้ถูกกำหนดให้เป็นงานขั้นตอนแรกของขั้นตอนการตรวจวัด โดยจะทำการเก็บรวบรวมข้อมูลต่างๆ

ของสะพานเป็นระยะเวลารวมประมาณ 10 วัน โดยข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้ในการสำรวจเบื้องต้นนั้นสรุปไว้ในตารางที่ (3-1) ตามลำดับของสะพาน และตำแหน่งที่ตั้งของสะพานรวมทั้งลักษณะการวางตัวของช่วงคานหลักจะแสดงในแผนที่ที่ (3-1)

3.1.1.1 ลักษณะทั่วไปของสะพาน

เนื่องจากลักษณะและรูปแบบโครงสร้างของตัวสะพานนั้นมีผลอย่างมากต่อระดับค่าความเครียดที่เกิดขึ้นของสะพาน การกำหนดแผนการทดสอบของสะพานแต่ละแห่งจึงจำเป็นต้องให้ได้ข้อมูลที่จะมีประโยชน์สูงสุดต่อการประเมินสภาพ ดังนั้นการสำรวจลักษณะโดยทั่วไปของสะพานจึงได้ทำการเก็บข้อมูลรูปแบบโครงสร้างสะพานทั้งในส่วนของ ช่วงคานหลัก (main span) และช่วงคานรอง (approach span) ของสะพานทั้ง 6 สะพานที่จะได้ดำเนินการตรวจวัดและได้ทำการตรวจสอบกับแบบที่ใช้ในการก่อสร้างสะพานทั้ง 6 สะพาน

3.1.1.2 ข้อมูลการจราจรเบื้องต้น

นอกเหนือไปจากลักษณะโครงสร้างของสะพานแล้ว อีกปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อค่าความเครียดที่เกิดขึ้นของสะพาน ก็คือแรงสั่นสะเทือนที่เกิดจากการใช้สะพาน ดังนั้นจึงได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลการจราจรทั้งในแง่ของรูปแบบการใช้สะพาน ปริมาณการจราจร และลักษณะรถ (รูปที่ (3-1))

3.1.1.3 การติดตั้งอุปกรณ์การตรวจวัดค่าความเครียด (strain gage)

การตรวจวัดค่าระดับค่าความเครียดที่เกิดขึ้นจริงของสะพานในสภาพการจราจรปกติได้ถูกกำหนดให้เป็นข้อมูลหลักที่จะนำไปสู่การประเมินหาอายุการใช้งานที่เหลือของสะพาน ซึ่งการที่จะได้ข้อมูลดังกล่าวมานั้นต้องอาศัยการวัดจากอุปกรณ์ที่จะติดตั้งกับโครงสร้างของสะพาน แต่เนื่องจากการที่จะติดตั้งอุปกรณ์ดังกล่าวนั้นจำเป็นที่จะต้องปิดกั้นการจราจรบางส่วนบริเวณแยก ดังนั้นข้อมูลการสำรวจในส่วนนี้นอกจากจะใช้ประโยชน์ในการกำหนดตำแหน่งจุดติดตั้งอุปกรณ์ที่จะสามารถตรวจจับการสั่นสะเทือนของสะพานได้ถูกต้องแล้ว ยังใช้เพื่อการกำหนดการทำงานที่จะกระทบต่อผู้ใช้ยวดยานที่จะแล่นผ่านบริเวณแยกที่จะทำการตรวจวัดด้วย (รูปที่ (3-2))

3.1.1.4 ตำแหน่งตู้เคบิน

การเก็บข้อมูลจากอุปกรณ์การตรวจวัดค่าความเครียดที่เกิดขึ้นของสะพาน จะใช้ระบบดิจิตอลซึ่งอุปกรณ์ดังกล่าวนั้นจะอาศัยการสั่งงานจากเครื่องคอมพิวเตอร์ ตู้เคบินจะถูกใช้เพื่อการควบคุมและใช้เป็นห้องวางเครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ ขนาดของตู้เคบิน และตำแหน่งที่จะวางตู้เคบินนั้นจะถูกกำหนดโดยอาศัยข้อมูลจากการสำรวจเบื้องต้น (รูปที่ (3-3))

3.1.1.5 การตรวจนับปริมาณการจราจร

ในระหว่างการตรวจวัดค่าความเครียดที่เกิดขึ้นของสะพานจะได้ทำการบันทึกปริมาณการจราจรและลักษณะของยวดยานที่แล่นผ่านบนสะพานไว้ ซึ่งการบันทึกดังกล่าวจะใช้ทั้งการบันทึกด้วยคน และจากเครื่องบันทึกเทปวีดีโอ สำหรับสะพานบางสะพาน ดังนั้นการสำรวจเบื้องต้นจึงได้รวบรวมข้อมูลทั้งตำแหน่งของมุมกล้องและสถานที่ที่จะใช้ในการตรวจนับปริมาณการจราจร โดยพิจารณาทั้งในแง่ของ ความชัดเจนของการมองเห็นยวดยาน ระยะทางจากตำแหน่งของตู้เคบินถึงช่วงของคานหลักของสะพาน (ในการติดต่อสื่อสารกันระหว่างตู้เคบินกับผู้ตรวจนับปริมาณการจราจรจะใช้การติดต่อทางวิทยุสื่อสาร) ความปลอดภัยในยามค่ำคืน และความยากง่ายในการขออนุญาตเข้าสถานที่ (รูปที่ ที่(3-4a) และ (3-4b))

3.1.2 *การตรวจวัดค่าความเครียด*

การตรวจวัดค่าความเครียดนี้จะทำการตรวจวัดค่าความเครียดที่เกิดขึ้นจากสภาพการจราจรจริงของสะพานเหล็กข้ามทางแยกทุกสะพานที่ได้กำหนดไว้ในการทำการศึกษาในครั้งนี้ โดยการตรวจวัดค่าความเครียดนี้ จะทำการใช้อุปกรณ์การตรวจวัดดังต่อไปนี้

ก. สเตรนเกจ (strain gage) (รูปที่ (3-5))

ข. ชีลเคเบิล (shield cable) (รูปที่ (3-6))

ค. ไดนามิสเตรนแอมพลิไฟเออร์ (dynamic strain amplifier) (รูปที่ (3-7))

ง. อนาลอกโลว์พาสฟิลเตอร์ (analog lowpass filter) (รูปที่ (3-8))

จ. อนาลอกทูดิจิตอลคอนเวอร์ทเตอร์ (analog-to–digital converter) (รูปที่ (3-9))

ฉ. คอมพิวเตอร์ (computer) (รูปที่ (3-9))

จากอุปกรณ์ทั้ง 6 อย่างข้างต้นนั้นจะเป็นอุปกรณ์หลักที่สำคัญสำหรับการตรวจวัดค่าความเครียดที่เกิดขึ้น ส่วนหน้าที่การทำงานของอุปกรณ์ทั้ง 6 อย่าง และการติดตั้งรวมทั้งการเชื่อมต่อกันระหว่างอุปกรณ์ดังกล่าวนั้นสามารถที่จะอธิบายได้ดังต่อไปนี้

สเตรนเกจ (strain gage) จะเป็นอุปกรณ์ส่วนหนึ่งสำหรับการวัดค่าความเครียดที่เกิดขึ้น โดยที่เสตรนเกจที่ใช้เป็นเกจแบบต้านทานไฟฟ้ากล่าวคือ เป็นเกจที่นำคุณสมบัติในการเปลี่ยนค่าความต้านทานไฟฟ้าเมื่อมีการยืดหรือหดตัวมาใช้ในการวัดค่าความเครียด (strain) มีลักษณะเป็นเมทอลฟลอยเกจ (metal foil gage) แผ่นบางๆ คุณสมบัติของสเตรนเกจนี้แสดงดังตารางที่ (3-2) การติดตั้ง สเตรนเกจนั้นจะเริ่มด้วยการขัดลอกสี (รูปที่ (3-10)) และทำความสะอาด ณ ตำแหน่งที่จะต้องการตรวจวัด (รูปที่ (3-11)) จนเห็นผิวโลหะ (รูปที่ (3-12)) จึงนำเมทอลฟลอยเกจมาทากาวติดกับเนื้อเหล็กด้วย ไซยาโนอะซีเลทซีเมนต์ (cyanoacrylate cement) ซึ่งสามารถแข็งตัวได้ภายในเวลา 1 นาที (รูปที่ (3-13)) ภายหลังจากที่กาวแข็งตัวแล้วจึงทำการปิดทับด้วยสเตรนเกจด้วย เอสบีรับเบอร์ (SB Rubber) ซึ่งมีลักษณะเป็นเทปหนาประมาณ 3 มิลลิเมตรเอสบีรับเบอร์นี้สามารถที่จะสมานตัวยึดติดกับผิวโลหะได้ดี ซึ่งจะทำหน้าที่ป้องกันสเตรนเกจและกาวจากน้ำและความชื้นในอากาศ (รูปที่ (3-14)) สเตรนเกจเหล่านี้ได้ถูกเชื่อมต่อเข้ากับสายไฟที่มีความยาวประมาณ 50 เมตร โดยสายไฟที่นำมาใช้นั้นเป็นสายไฟที่มีความต้านทานไฟฟ้าต่ำ (ประมาณ 0.05 โอห์มต่อเมตร) มีลักษณะเป็น **ชีลเคเบิล** (shield cable) เพื่อป้องกันสัญญาณรบกวน shield cable เหล่านี้ทำหน้าที่เชื่อมสเตรนเกจเข้ากับไดนามิกสเตรนแอมพลิไฟเออร์ ในตู้เคบินใต้สะพาน (รูปที่ (3-15)) โดยกำหนดให้อุปกรณ์ทำการสร้างวงจรไฟฟ้าแบบ วีทสโตนบริดจ์ (Wheatstone Bridge) สำหรับสเตรนเกจแต่ละตัว ในรูปแบบที่เรียกว่า ระบบควอเทอร์ บริดจ์ทรีวาย (Quarter Bridge - 3 Wires System) ซึ่งเป็นรูปแบบที่สามารถลดผลกระทบจากการใช้สายไฟยาวลงไปได้มากเมื่อเชื่อมต่อสมบูรณ์แล้ว **ไดนามิกสเตรนแอมพลิไฟเออร์** (Dynamic strain amplifier) จะทำหน้าที่สำคัญ 3 ประการคือ ประการแรกจะทำการขยายสัญญาณที่ได้จากการตรวจวัดมานั้นให้มีขนาดใหญ่ขึ้น เนื่องจากขนาดสัญญาณที่ได้จากการตรวจวัดมีขนาดเล็กมาก เพราะการยืดและหดตัวของโครงสร้างมีค่าเกิดขึ้นน้อย ประการที่สองคือ จะทำการเปลี่ยนค่าความเครียดที่จุดตรวจวัดเป็นสัญญาณไฟฟ้าแบบอนาลอก (analog signal) และประการสุดท้ายคือ อุปกรณ์ดังกล่าวจะทำหน้าที่ส่งไฟเลี้ยงไปยังสเตรนเกจเพราะถ้าไม่มีไฟเลี้ยงส่งไปยังสเตรนเกจแล้ว การเปลี่ยนแปลงความต่างศักย์ในสเตรนเกจก็จะไม่เกิดขึ้นด้วนเช่นกัน สัญญาณทางไฟฟ้านี้ถูกนำมากรองด้วยเครื่องกรองสัญญาณเพื่อขจัดสัญญาณรบกวน เครื่องกรองสัญญาณนี้คือ **อนาลอกโลว์พาสฟิลเตอร์** (Analog lowpass filter) ซึ่งยอมให้สัญญาณในย่านความถี่ที่ต่ำกว่าค่าความถี่ตัดออก (cut-off frequency, f_c) ผ่านได้โดยไม่มีการเปลี่ยนแปลง แต่จะปิดกั้นไม่ให้

สัญญาณที่อยู่ในย่านความถี่มีสูงกว่า f_c ผ่านทั้งนี้กำหนดให้ค่าความถี่ตัดออกมีค่าเท่ากับ 20 เฮิรทซ์ เนื่องจากพบว่าการสั่นสะเทือนของสะพานมีความถี่หลัก (natural frequency) อยู่ในช่วง 2 เฮิรทซ์ ถึง 4 เฮิรทซ์ และไม่มีสัญญาณการสั่นสะเทือนของสะพานที่มีความถี่สูงกว่า 20 เฮิรทซ์ และพบว่ามีสัญญาณรบกวนที่มีความถี่ประมาณ 50 เฮิรทซ์ (ความถี่ของกระแสไฟฟ้าที่ใช้สำหรับอุปกรณ์การตรวจวัดที่มีความต่างศักดิ์ 220 โวล์ท) สัญญาณทางไฟฟ้าที่ผ่านการกรองด้วย คือ อนาลอกโลว์พาสฟิลเตอร์ (Analog lowpass filter) แล้วจะถูกนำไปแปลงค่อเป็นสัญญาณดิจิตอลแบบ 16 บิท (digital data) ด้วยอุปกรณ์ที่มีชื่อว่า **อนาลอกทูดิจิตอลคอนเวอร์ทเตอร์** (Analog–to–digital converter) และส่งไปเก็บในหน่วยความจำหลัก (hard disk) ของ **คอมพิวเตอร์** (Computer) โดยคอมพิวเตอร์นี้จะมีโปรแกรมที่จะใช้ทำการเก็บ, เรียกดู และใช้งานจากสัญญาณต่างๆ ที่เก็บได้โปรแกรมนี้มีชื่อว่า LabVIEW หลังจากที่สัญญาณถูกแปลงมาอยู่ในรูปสัญญาณแบบ digital แล้วก็จะถูกนำมาจัดเก็บในลักษณะของไฟล์แบบไบนารี (binary file (*.bin)) เพื่อจะสามารถเรียกสัญญาณดังกล่าวออกมาใช้งานได้ง่าย อัตราความถี่ในการแปลงสัญญาณของการวิจัยนี้ ถูกกำหนดให้เป็น 50 ข้อมูลตัวเลขต่อวินาทีต่อช่องสัญญาณ ความถี่นี้สูงเพียงพอที่สัญญาณดิจิตอลจะรักษาลักษณะการเปลี่ยนแปลงขึ้น–ลง ของสัญญาณ analog ไว้ได้อย่างสมบูรณ์ ข้อมูลที่ได้จึงสามารถนำไปวิเคราะห์ต่อหรือนำไปแสดงผลต่อในภายหลัง (ขั้นตอนการตรวจวัดนี้สามารถแสดงได้รูปที่ (3-16))

นอกจากการตรวจวัดค่าความเครียดที่เกิดขึ้นจริงในสภาพการจราจรปกติแล้ว ยังได้มีการทดสอบอีก 1 การทดสอบสำหรับสะพาน B1 เพียงสะพานเดียว คือการทดสอบทางด้านพลศาสตร์ (dynamic test) การทดสอบนี้จะทำให้ได้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ในการประกอบการวิเคราะห์หาค่าต่างๆที่ต้องการ เช่น การหาค่าการปรับแก้อัตราส่วนระหว่างค่าโมเมนต์รอบแกนเฉื่อยกับระยะระหว่างแนวแกนสะเทินกับผิวล่างของหน้าตัดที่กำลังพิจารณา, การวิเคราะห์หาน้ำหนักของรถบรรทุกที่จะกำหนดให้เป็นรถบรรทุกมาตรฐานแทนรถบรรทุกมาตรฐานที่กำหนดโดยมาตรฐาน AASHTO ซึ่งขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการทดสอบนี้จะแสดงอยู่ในภาคผนวก การทดสอบแบบพลศาสตร์นี้จะทำการทดสอบโดย การนำรถบรรทุกที่ทราบค่าน้ำหนักแล่นผ่านบนสะพาน B1 ในช่องทางด้านนอกด้วยความเร็ว 4 ระดับคือ 5, 15, 30 และ 60 กม./ชม. รูปที่ (3-17) ซึ่งรถบรรทุกที่นำมาทำการทดสอบนั้นเป็นรถบรรทุก 10 ล้อ ที่บรรทุกเกล็ดหินมีน้ำหนักบรรทุกและน้ำหนักรถรวมทั้งสิ้น 21 ตัน ซึ่งเป็นพิกัดน้ำหนักสูงสุดตามกฎหมายสำหรับรถบรรทุกประเภทนี้ โดยมีการกระจายน้ำหนักลงเพลาหน้าเท่ากับ 5.5 ตัน และลงเพลาหลังซึ่งเป็นเพลาคู่ โดยที่ลงเพลาละ 7.75 ตัน แต่ถ้ารถบรรทุก 10 ล้อที่ทำการทดสอบนี้ไม่มีการบรรทุกของแล้ว รถคันนี้จะมีน้ำหนักรวมทั้งหมดเท่ากับ 12.2 ตัน (น้ำหนักนี้รวมกระบะแล้ว) โดยแบ่งลงเพลาหน้าเท่ากับ 7.8

ตัน และลงเพลาหลังเพลาละ 3.9 ตัน (รูปที่ (3-18) และ (3-19)) และรถบรรทุก 10 ล้อที่นำมาใช้ในการทดสอบนั้นจะเป็นรถประเภทที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในประเทศไทย การทำการเก็บข้อมูลของการทดสอบแบบพลศาสตร์นี้จะอาศัยอุปกรณ์เหมือนกับการตรวจวัดค่าความเครียดที่เกิดขึ้น (สามารถที่จะแสดงขั้นตอนในการเก็บข้อมูลจากการทดสอบดังกล่าวได้รูปที่ (3-20)) นอกจากนี้แล้วการติดตั้งสเตรนเกจจะคำนึงถึงปัจจัยต่างๆเพื่อให้ได้ข้อมูลที่น่าเชื่อถือมากที่สุด ซึ่งปัจจัยที่สำคัญเหล่านั้นได้แก่

3.1.2.1 ตำแหน่งของช่วงสะพานที่ทำการตรวจวัด

ค่าความเครียดสูงสุดที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่นั้นจะเกิดขึ้นในช่วงของคานหลัก (main span) ของสะพาน ทั้งนี้เพราะว่าช่วงสะพานดังกล่าวนั้นจะมีระยะห่างระหว่างฐานรองรับที่มากทำให้สะพานเกิดการแอ่นตัวได้มากกว่าช่วงคานรอง (approach span) ถึงแม้ว่าโครงสร้างจะได้ถูกออกแบบให้สามารถแบกรับน้ำหนักบรรทุกได้เท่ากัน ดังนั้นการตรวจวัดสะพานจึงกำหนดให้ทำการตรวจวัดในช่วงของคานหลัก อย่างไรก็ดีเนื่องจากว่าสะพานข้ามแยกบางแห่งนั้นอาจมีช่วงคานหลักมากกว่าหนึ่งช่วง ในกรณีเช่นนี้การกำหนดช่วงสะพานที่ใช้ในการตรวจวัดจะพิจารณาช่วงที่ยาวที่สุด หรืออาจพิจารณาจากช่วงคานหลักที่มีรูปแบบโครงสร้างที่แตกต่างจากสะพานอื่นไปบ้าง ยิ่งไปกว่านั้นเนื่องจากว่าโครงสร้างสะพานมักจะถูกออกแบบให้การรับน้ำหนักในแต่ละทิศทางการจราจรแยกออกจากกันดังนั้นการตรวจวัดจึงเฉพาะทิศทางเดียวซึ่งปกติจะเป็นทิศทางการจราจรที่มุ่งเข้าสู่กรุงเทพมหานคร ทั้งนี้เพราะจากการสำรวจเบื้องต้นพบว่าการจราจรในทิศทางดังกล่าวจะมีปริมาณรถบรรทุกหนักจำนวนมากใช้สะพานเพื่อลำเลียงสินค้าเข้าสู่ตัวเมือง โดยรถเหล่านี้ถูกคาดว่าน่าจะเป็นสาเหตุสำคัญที่จะทำให้เกิดค่าความเครียดสูงสุดแก่สะพาน แผนที่ที่ (3-1) แสดงถึงช่วงของสะพานที่ได้ทำการตรวจวัด

3.1.2.2 ตำแหน่งการติดตั้งอุปกรณ์การตรวจวัด

เพื่อให้ผลการตรวจวัดสะท้อนถึงผลของการใช้ยวดยานภายใต้สภาพการจราจรปกติที่มีต่อระดับค่าความเครียดที่เกิดขึ้นของตัวสะพาน และอายุการใช้งานที่เหลือของสะพานข้ามแยกดังกล่าวนั้น การกำหนดตำแหน่งการติดตั้งของอุปกรณ์ที่ใช้ตรวจวัดค่าความเครียดจะคำนึงถึงปัจจัยดังต่อไปนี้ 1) บริเวณที่สามารถแสดงถึงรูปแบบและลักษณะต่างๆ ของยวดยานที่แล่นผ่านสะพาน 2) บริเวณที่มีความสำคัญต่อเสถียรภาพของสะพานหากเกิดความเสียหายเนื่องจากความล้า 3) บริเวณที่จะให้ค่าความเครียดสูง ซึ่งอาจจะเป็นจุดวิกฤติที่จะทำให้เกิดการวิบัติเนื่องจากความ

ล้าได้ และ 4) บริเวณที่จะให้ค่าความเครียดสูงเพื่อเป็นการลดความคลาดเคลื่อนเนื่องจากการตรวจวัดเนื่องจากสัญญาณรบกวน

หากนำเอาปัจจัยต่างๆ ข้างต้นทั้ง 4 ข้อ มาพิจารณารวมกันนั้นพบว่าบริเวณที่มีความเหมาะสมในการติดตั้งอุปกรณ์การตรวจวัดนั้นคือบริเวณกึ่งกลางช่วงคานหลัก และบริเวณ 1 ใน 4 ของความยาวช่วงสะพาน โดยเฉพาะบริเวณกึ่งกลางช่วงสะพานเพราะนอกจากจะเป็นบริเวณที่มีค่าความเครียดสูงสุดเกิดขึ้นแล้วยังเป็นบริเวณที่มีโอกาสเสี่ยงต่อความเสียหายเนื่องจากความล้าสูงอีกด้วย จากข้อมูลการสำรวจเบื้องต้นนั้นทำให้ทราบว่ารถบรรทุกหนักที่ใช้สะพานนั้นส่วนใหญ่จะอยู่ในช่องทางซ้ายสุด (เลนนอก) และความจริงที่ว่าความล้าของโครงสร้างเหล็กจะเกิดเฉพาะในบริเวณที่หน่วยแรงอยู่ในช่วงแรงดึง ดังนั้นจึงได้ทำการเลือกตำแหน่งการติดตั้งสเตรนเกจนั้นจะทำการติดตั้งในตำแหน่งของปีกล่าง (bottom flange) ห่างจากแผ่นเหล็กตั้ง (web) ประมาณ 2 เซนติเมตร สำหรับช่วงของคานหลักจะถูกกำหนดตามสัญลักษณ์ SP1, SP2, SP3, SP4 และ SP5 นอกจากนี้ในบางสะพานจะได้พิจารณาถึงผลของความเครียดที่ปีกล่างของคานตัวนอกบริเวณ 1 ใน 4 ของช่วงสะพานคือ SP6 และบริเวณกึ่งกลางของช่วงคานรอง คือ SP7 โดยการติดตั้งอุปกรณ์นั้นจะสามารถแสดงได้รูปที่ (3-20) สำหรับสะพาน B1 ตำแหน่งการติดตั้งสเตรนเกจนี้ จะใช้สำหรับการทดสอบแบบพลศาสตร์ด้วยเช่นกัน

3.1.3 *การตรวจวัดการใช้ยวดยาน*

การที่จะสรุปผลถึงระดับความเครียดและอายุการใช้งานที่เหลือของสะพานที่ได้ทำการตรวจวัดทั้ง 6 สะพานนั้น จำเป็นที่จะต้องทำการเก็บข้อมูลลักษณะและปริมาณการจราจรที่แล่นผ่านสะพานทั้ง 6 สะพานที่ได้ทำการตรวจวัด ไปพร้อมๆกับการเก็บข้อมูลในส่วนของการตรวจวัดค่าความเครียดที่เกิดขึ้นจากสภาพการจราจรจริง โดยการตรวจวัดการใช้ยวดยานนั้นจะต้องมีการแยกประเภทของรถที่ได้ทำการตรวจวัด ตลอดจนการบันทึกผลที่สะดวกต่อการแปรผลและใช้ประกอบในการประเมินหาอายุการใช้งานที่เหลือของสะพานต่อไป

การเก็บข้อมูลของการตรวจวัดการใช้ยวดยานนั้นสามารถแบ่งออกได้เป็นขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

3.1.3.1 การจำแนกประเภทของรถ

เนื่องจากผลของระดับค่าความเครียดที่เกิดขึ้นบนสะพานนั้นเกิดจากการเคลื่อนผ่านของรถที่มีน้ำหนักมากซึ่งจากการวิเคราะห์เบื้องต้นของสะพาน B1 พบว่าผลการสั่นสะเทือนและระดับ

ความเครียดที่เกิดขึ้นจากรถยนต์ 4 ล้อ มีค่าต่ำมากเมื่อเทียบกับชนิดของรถที่มีน้ำหนักบรรทุกรวมมากกว่า กล่าวโดยสรุปคือ รถที่มีน้ำหนักบรรทุกมากซึ่งได้แก่ รถบรรทุกหกล้อ (6 Wheel truck), รถเมล์ (หรือรถบัส) (BUS), รถบรรทุกสิบล้อ (10 Wheel truck), รถบรรทุกกึ่งพ่วง(Semi trailor) และรถบรรทุกพ่วง (Full trailor) นั้นเป็นสาเหตุหลักที่นำไปสู่ค่าความเครียดที่เกิดขึ้นอย่างมาก ดังนั้นการเก็บข้อมูลสำหรับการตรวจวัดการใช้ยวดยานนั้นจึงสามารถแบ่งได้เป็น 5 ประเภทดังกล่าวข้างต้น และสามารถที่จะแสดงลักษณะของรถทั้ง 5 ประเภทดังกล่าวได้รูปที่ (3-21)

3.1.3.2 ตำแหน่งการสังเกตุ

การเก็บข้อมูลการจราจรจะใช้คนในการจดบันทึก โดยจะทำการสังเกตุจากตำแหน่งที่สามารถมองเห็นการจราจรบนสะพานข้ามแยกได้อย่างชัดเจน ซึ่งตำแหน่งส่วนใหญ่ที่ใช้ในการสังเกตุก็จะเป็นการสังเกตุจากอาคารสูงที่อยู่ในบริเวณแยก (ตารางที่ (3-1))

3.1.3.3 การบันทึกข้อมูล

ข้อมูลการจราจรบนสะพานทั้งในแง่ของลักษณะ (ประเภท) และปริมาณรถ จะถูกบันทึกไว้ในแบบฟอร์มการจดบันทึก (ตารางที่ (3-3)) โดยในแบบฟอร์มดังกล่าวนั้นจะแสดงการจดบันทึกเวลาที่รถคันดังกล่าวแล่นผ่านบนสะพานตรงบริเวณกึ่งกลางของช่วงสะพานที่มีการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัด พร้อมกับการบันทึกลักษณะประเภทของยวดยาน และช่องทาง (เลน) การจราจรที่ใช้ อนึ่งสภาพการจราจรที่อาจจะมีผลกระทบต่อข้อมูลเช่น กรณีที่มีฝนตกหนัก, ไฟบนสะพานดับ หรือสภาพการจราจรที่ติดขัดอย่างหนักบนสะพานนั้นก็จะมีการบันทึกลงในช่องหมายเหตุ สำหรับสะพาน B1 นั้นเนื่องจากเป็นสะพานที่ได้ทำการตรวจวัดเป็นสะพานแรก จึงได้ทำการเก็บข้อมูลอย่างละเอียดเพื่อใช้ในการกำหนดการตรวจวัดสะพานที่เหลืออีก 5 สะพาน จึงได้มีการบันทึกข้อมูลการจราจรในแบบการบันทึกวีดีโอ และใช้คนจดบันทึกไปด้วยพร้อมๆกัน (รูปที่ (3-22)) ซึ่งผลการตรวจสอบจากเทปวีดีโอ นั้นพบว่าการบันทึกลักษณะและปริมาณการจราจรโดยการสังเกตุด้วยตานั้นมีความถูกต้องในระดับที่น่าพอใจ (กล่าวคือ มีความถูกต้องเกินกว่าร้อยละ 95)

3.2 <u>การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดภาคสนาม</u>

การวิเคราะห์ในขั้นตอนนี้นั้นเป็นการที่จะทำการแปลงสัญญาณที่ได้มาจากการตรวจวัดภาคสนามมาเป็นข้อมูลที่สามารถจะนำมาใช้ให้เป็นประโยชน์ ในการประเมินหาอายุการใช้งานที่

เหลือ, การหาค่าระดับความเครียดที่เกิดขึ้นจริง รวมทั้งใช้เป็นข้อมูลในการปรับปรุงมาตรฐานการออกแบบที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันให้มีความเหมาะสมกับการใช้งานที่มีอยู่ในประเทศไทย การวิเคราะห์ในขั้นตอนนี้สามารถแบ่งได้เป็น 6 ขั้นตอนที่สำคัญ คือ

3.2.1 การเรียกข้อมูลจากการตรวจวัดภาคสนาม

3.2.2 การกรองสัญญาณที่ได้มาจากการตรวจวัดภาคสนาม

3.2.3 การทำการหาจุดสูงสุด และต่ำสุดของสัญญาณ

3.2.4 การทำการวิเคราะห์ด้วยวิธีการเรนโฟล์วเคาน์ติ่ง (Rainflow counting)

3.2.5 การทำการแบ่งข้อมูลที่ได้ จากการทำการวิเคราะห์ด้วยวิธีการเรนโฟล์วเคาน์ติ่ง

โดยที่ขั้นตอนดังกล่าวทั้ง 5 ขั้นตอนที่กล่าวไว้ในข้างต้นนั้นจะกระทำการเขียนโปรแกรมในโปรแกรมสำเร็จรูป Matlab (version 5.1) สามารถที่จะอธิบายรายละเอียดของขั้นตอนต่างๆได้ดังนี้

3.2.1 *การเรียกข้อมูลจากการตรวจวัดภาคสนาม*

ข้อมูลที่จะทำการเรียกข้อมูลที่เก็บมาจากการตรวจวัดค่าความเครียดในการตรวจวัดภาคสนาม โดยข้อมูลที่เก็บมานั้นเป็นข้อมูลในรูปของเลขฐานสอง จึงจะต้องทำการแปลงข้อมูลดังกล่าวมาเป็นข้อมูลที่สามารถนำมาใช้งานได้ง่าย

3.2.2 *การกรองสัญญาณที่ได้มาจากการตรวจวัดภาคสนาม*

การกรองสัญญาณที่ได้มาจากกตรวจวัดภาคสนามนั้นจะทำการเขียนโปรแกรมเพื่อที่จะทำการตัดสัญญาณที่มีค่าความถี่สูงกว่า 10 เฮิรทซ์ ออกไปโดยใช้ฟังก์ชั่นการกรองสัญญาณของโปรแกรมสำเร็จรูป Matlab ทั้งนี้เมื่อทำการให้สัญญาณผ่านฟังก์ชั่นการใช้งานดังกล่าวก็จะทำให้ได้สัญญาณที่มีความเรียบมากขึ้นกว่าตอนที่ได้จากการตรวจวัดภาคสนาม ซึ่งจะส่งผลทำให้การทำงานนั้นค่อนข้างง่ายขึ้น และประหยัดเวลาการทำงานของทั้งระบบมากขึ้นด้วย

3.2.3 *การทำการหาจุดสูงสุด และต่ำสุดของสัญญาณ*

การที่จะทำการหาจุดสูงสุดและจุดต่ำสุดในที่นี้ไม่ได้หมายความว่าจะทำการหาจุดต่ำสุดและสูงสุดของสัญญาณ แต่จะเป็นการหาจุดต่ำสุดและสูงสุดในจุดจุดหนึ่งของสัญญาณดังรูปที่ (3-23) จะเห็นได้ว่าสัญญาณดังกล่าวนั้นเมื่อผ่านโปรแกรมที่เขียนเพื่อหาตำแหน่งที่ต้องการ (search file) แล้วจะเหลือเพียงจุดสูงสุดและต่ำสุดในแต่ละช่วง (เหลือจุด A, D, F, K, P, W, X, Y และจุด Z) ทั้งนี้เพื่อที่จะนำให้อยู่ในรูปของสัญญาณที่จะนำผ่านขั้นตอนของ วิธีการเรนโฟล์วเคาน์ติ่ง

3.2.4 *การทำการวิเคราะห์ด้วยวิธีการเรนโฟล์วเคาน์ติ่ง*

การวิเคราะห์ด้วยวิธีการเรนโฟล์วเคาน์ติ่ง นั้นจะทำการตามขั้นตอนที่เสนอโดย S. D. Downing และ D. F. Socie [4] โดยอธิบายถึงหลักการได้อย่างละเอียดแล้วในบทที่ 2 ผลที่ได้จากขั้นตอนนี้จะเป็นค่าช่วงความเค้น และจำนวนรอบในแต่ละค่าช่วงความเค้นนั้นๆ

3.2.5 *การทำการแบ่งข้อมูลที่ได้ จากการทำการวิเคราะห์ด้วยวิธีการเรนโฟล์วเคาน์ติ่ง*

การแบ่งข้อมูลนี้จะทำการแบ่งข้อมูลที่ได้หลังจากการทำเรนโฟล์วเคาน์ติ่ง แล้ว โดยที่ในขั้นตอนนี้จะทำการแปลงสัญญาณที่ได้มานั้นให้เปลี่ยนจากรูปของสัญญาณทางด้านความต่างศักดิ์ให้ไปเป็นสัญญาณทางความเครียดทั้งนี้ขึ้นอยู่กับการกำหนดตรงอุปกรณ์ dynamic strain amplifier ซึ่งการตรวจวัดสะพานทั้ง 6 สะพานนั้นได้กำหนดไว้เป็น 1 โวล์ท เท่ากับ 100 ไมโครของหน่วยค่าความเครียด (1 volt = 100 $\mu\varepsilon$) จะทำให้ค่าช่วงของความต่างศักดิ์ (volt range) เปลี่ยนไปเป็นค่าช่วงความเครียด (strain range) จากนั้นจะทำการแปลงจากสัญญาณที่อยู่ในรูปค่าช่วงความเครียดไปเป็นสัญญาณที่อยู่ในรูปของค่าช่วงความเค้น (stress range) โดยการนำเอาค่าโมดูลัสความยืดหยุ่น (modulus of elasiticity, E) ของเหล็ก ในการวิจัยนี้พบว่าค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นมีค่าเท่ากับ $2x10^6$ กก./ตร.ซม. ซึ่งจะส่งผลทำให้ค่าช่วงความเครียดเปลี่ยนเป็นค่าช่วงความเค้น เช่น สัญญาณที่ได้จากการตรวจวัดมีค่าเท่ากับ 2.0 โวล์ท ก็จะเปลี่ยนไปเป็น 200 ไมโครของค่าความเครียด และท้ายที่สุดก็จะเปลี่ยนไปเป็นค่าความเค้นที่มีค่าเท่ากับ 400 กก./ตร.ซม.

จากนั้นก็จะทำการแบ่งค่าช่วงความเค้นที่ได้มานั้นเป็นช่วงๆ ในการวิจัยนี้กำหนดให้แบ่งค่าทุกๆ 25 กก./ตร.ซม. จะทำให้ได้จำนวนรอบขึ้นมา โดยที่กำหนดให้ค่าช่วงความเค้นที่ได้มานั้นมีค่า

เท่ากับ ค่าขอบเขตบนรวมกับค่าขอบเขตล่างแล้วหารสอง เช่น แบ่งเป็น 0, 25, 50, 75, 100, 125, ... , 1500 กก./ตร.ซม. จะได้เป็น 12.5, 37.5, 62.5, 87.5, 112.5, ... , 1487.5 กก./ตร.ซม. ตามลำดับ ข้อมูลต่างๆที่ได้จากขั้นตอนต่างๆที่กล่าวมานั้นจะถูกนำเอาไปใช้ในการวิเคราะห์ในบทที่ 4

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย