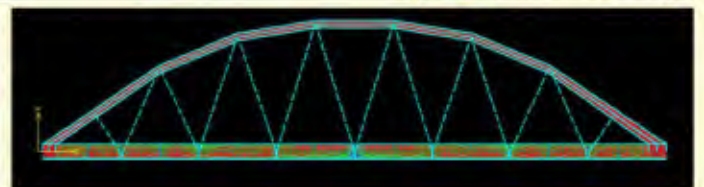




สำนักวิจัยและพัฒนาทาง กรมทางหลวง

โครงการศึกษาจัดทำแนวทางบูรณะสะพานประวัติศาสตร์
ของกรมทางหลวงที่ก่อสร้างก่อนปีพ.ศ. 2500



Final Report รายงานขั้นสุดท้าย

PART 1
(บทที่ 1 - 6)

ตุลาคม 2563

บริษัท แอสโคนา เอ็ม จำกัด



รายละเอียดโครงการ

ผู้ว่าจ้าง	สำนักวิจัยและพัฒนางานทาง กรมทางหลวง
ผู้รับจ้าง	บริษัท แอสโคนา เอ็ม จำกัด
เลขที่สัญญา	สจ.4/2563 ลงวันที่ 12 มีนาคม 2563
วันเริ่มโครงการ	วันที่ 13 มีนาคม 2563
วันสิ้นสุดโครงการ	วันที่ 8 ตุลาคม 2563
ระยะเวลาดำเนินงาน	210 วัน

คณะกรรมการ

1.	ดร.อรรถสิทธิ์	สวัสดิ์พานิช	ผู้อำนวยการสำนักวิจัยและพัฒนางานทาง
2.	นายเศกชัย	อนุเวชศิริเกียรติ	วิศวกรโยธาเชี่ยวชาญ
3.	ดร.ธันวิน	สวัสดิศานต์	วิศวกรโยธาเชี่ยวชาญ
4.	นายมนุน	อักษรจันทร์	วิศวกรโยธาชำนาญการพิเศษ
5.	ดร.ภัทธิน	ศรุตพันธ์	วิศวกรโยธาชำนาญการพิเศษ
6.	ดร.สุกิจ	ยินดีสุข	วิศวกรโยธาชำนาญการพิเศษ
7.	ดร.ราชวัลลภ	กัมพูพงศ์	วิศวกรโยธาชำนาญการ
8.	นายวุฒิชัย	อมรประสิทธิ์ผล	วิศวกรโยธาปฏิบัติการ

ที่ปรึกษา บริษัท แอสโคนา เอ็ม จำกัด

1.	ดร.ยงยุทธ	แต่ศิริ	ผู้จัดการโครงการ
2.	นายครองสิน	เจริญพงษ์	ผู้เชี่ยวชาญด้านการวิเคราะห์และออกแบบโครงสร้าง
3.	รศ.ดร. ปิยะ	โชติกไกร	ผู้เชี่ยวชาญด้านการทดสอบโครงสร้าง
4.	นายศรศักดิ์	แสนสมบัติ	ผู้เชี่ยวชาญด้านการบำรุงรักษาสะพาน
5.	นายกิตินันท์	วันกอบกิจอุดม	ผู้เชี่ยวชาญด้านการสำรวจ

สารบัญ

บทสรุปสำหรับผู้บริหาร	V
EXECUTIVE SUMMARY	VIII
บทคัดย่อ	XI
ABSTRACT	XII
บทที่ 1 บทนำ	1-1
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1-1
1.2 วัตถุประสงค์	1-3
1.3 ขั้นตอนการดำเนินงานโครงการ	1-3
บทที่ 2 การจัดทำค่าระดับและมิติสะพาน	2-1
2.1 การสำรวจค่าระดับหลังสะพาน	2-1
2.2 การสำรวจมิติสะพาน	2-6
บทที่ 3 การจัดทำรายละเอียดความเสียหายสะพาน	3-1
3.1 การตรวจสอบสะพาน	3-1
3.2 สรุปภาพรวมผลการตรวจสอบสะพาน	3-36
บทที่ 4 การสำรวจโครงสร้างใต้หน้า	4-1
4.1 การสำรวจโครงสร้างใต้หน้า	4-3
4.2 การติดตั้งอุปกรณ์ Sonar Scan	4-3
4.3 ผลการสำรวจลักษณะร่องน้ำ	4-9
4.4 ผลการสำรวจลักษณะการกัดเซาะ	4-13



บทที่ 5 การทดสอบคุณสมบัติวัสดุโครงสร้างสะพาน	5-1
5.1 การทดสอบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีต	5-3
5.2 การทดสอบกำลังรับแรงดึงของคอนกรีต	5-11
5.3 การทดสอบกำลังรับแรงดึงของเหล็กเสริม	5-18
5.4 การทดสอบการเกิดคาร์บอนเนชัน	5-24
5.5 สรุปผลทดสอบวัสดุสะพานเดชาติวงศ์	5-48
บทที่ 6 การตรวจวัดพฤติกรรมโครงสร้างสะพาน	6-1
6.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ	6-1
6.2 การทดสอบสะพานแบบสถิต (Static Load Test)	6-2
6.3 การทดสอบสะพานแบบพลวัต (Dynamic Load Test)	6-4
6.4 ตำแหน่งการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัด	6-10
6.5 ผลการตรวจวัดพฤติกรรมสะพานช่วงที่ 1 (Span 1)	6-21
6.6 ผลการตรวจวัดพฤติกรรมสะพานช่วงที่ 2 (Span 2)	6-50
6.7 ผลการตรวจวัดพฤติกรรมสะพานช่วงที่ 3 (Span 3)	6-78
6.8 ผลการตรวจวัดพฤติกรรมสะพานช่วงที่ 4 (Span 4)	6-107
6.9 ผลการตรวจวัดพฤติกรรมสะพานช่วงที่ 5 (Span 5)	6-135
6.10 ผลการตรวจวัดพฤติกรรมสะพานช่วงที่ 6 (Span 6)	6-164
6.11 ผลการตรวจวัดพฤติกรรมสะพานช่วงที่ 7 (Span 7)	6-204
6.12 ผลการตรวจวัดพฤติกรรมสะพานช่วงที่ 8 (Span 8)	6-244
6.13 ผลการตรวจวัดพฤติกรรมสะพานช่วงที่ 9 (Span 9)	6-284
6.14 ผลการตรวจวัดพฤติกรรมสะพานช่วงที่ 10 (Span 10)	6-324
6.15 ผลการตรวจวัดพฤติกรรมสะพานช่วงที่ 11 (Span 11)	6-353
6.16 ผลการตรวจวัดพฤติกรรมสะพานช่วงที่ 12 (Span 12)	6-381

6.17	อภิปรายผลการทดสอบพฤติกรรมสะพาน	6-409
6.18	สรุปผลการทดสอบพฤติกรรมสะพาน	6-418
บทที่ 7 การออกแบบบูรณะสะพาน		7-1
7.1	การวิเคราะห์แบบจำลองโครงสร้างสะพาน	7-1
7.2	แบบจำลอง Finite Element ของสะพาน	7-19
7.3	การวิเคราะห์แบบจำลองโดยพิจารณาขั้นตอนการก่อสร้าง	7-26
7.4	การออกแบบบูรณะสะพานเดชาตวิวงศ์	7-30
7.5	แบบรายละเอียดการบูรณะสะพาน	7-40
7.6	การวิเคราะห์ขั้นตอนการก่อสร้างของสะพาน	7-41
7.7	การวิเคราะห์ขั้นตอนการเสริมกำลังของสะพาน	7-48
7.8	การประเมินค่าการสั่นไหวที่ตอบสนองกับการวิ่งของยานพาหนะ	7-75
บทที่ 8 การวิเคราะห์ความปลอดภัยของโครงสร้างสะพาน		8-1
8.1	แนวทางการวิเคราะห์ความปลอดภัยและดัชนีความปลอดภัย	8-1
8.2	ดัชนีความปลอดภัยของโครงสร้าง Tied-arch	8-3
8.3	ดัชนีความปลอดภัยของโครงสร้าง T-girder	8-7
8.4	ดัชนีความปลอดภัยของโครงสร้างพื้นสะพาน	8-10
8.5	ดัชนีความปลอดภัยของโครงสร้างตอม่อและฐานรากสะพาน	8-13
8.6	สรุปผล	8-14
8.7	เอกสารอ้างอิง	8-15

บทที่ 9 การประมาณราคาค่าบูรณะสะพาน	9-1
9.1 รายละเอียดการประมาณราคาค่าบูรณะสะพาน	9-3
บทที่ 10 การจัดทำแผนการตรวจสอบสะพานภายหลังการบูรณะ	10-1
10.1 ความเป็นมาของสะพานเดชาติวงศ์	10-1
10.2 องค์ประกอบของสะพานเดชาติวงศ์	10-5
10.3 ความเสียหายที่เกิดขึ้นกับองค์ประกอบสะพาน	10-10
10.4 การตรวจสอบสะพาน	10-20
10.5 เอกสารอ้างอิง	10-30
บทที่ 11 บทสรุป	11-1

ภาคผนวก ก แบบแปลนและ Profile สะพานเดชาติวงศ์

ภาคผนวก ข แบบมิติสะพานเดชาติวงศ์

ภาคผนวก ค แบบแสดงความเสียหายสะพานเดชาติวงศ์

ภาคผนวก ง แบบแสดงผลทดสอบคุณสมบัติวัสดุโครงสร้างสะพานเดชาติวงศ์

ภาคผนวก จ แบบรายละเอียดการบูรณะสะพาน

บทสรุปผู้บริหาร

สะพานเดชาติวงศ์ เป็นสะพานที่ใช้ข้ามแม่น้ำเจ้าพระยา ตั้งอยู่บนถนนพหลโยธิน ก่อนเข้าสู่ใจกลางเมือง จังหวัดนครสวรรค์ ก่อสร้างเมื่อปี พ.ศ. 2485 และเปิดให้บริการครั้งแรกในปี พ.ศ. 2493 สะพานเดชาติวงศ์นับว่าเป็นสะพานที่สำคัญที่สุดแห่งหนึ่งของประเทศไทยในการเดินทางเข้าสู่จังหวัดทางภาคเหนือ นอกจากนี้ยังเป็นจุดชมวิวน้ำสองสีที่สวยงามที่สุดอีกจุดหนึ่งด้วย จากอดีตถึงปัจจุบัน มีการก่อสร้างสะพานเดชาติวงศ์รวมทั้งสิ้น 3 สะพาน คือ เดชาติวงศ์ 1 (MT), เดชาติวงศ์ 2 (RT) และเดชาติวงศ์ 3 (LT) ปัจจุบัน (พ.ศ. 2563) สะพานเดชาติวงศ์ 1 มีอายุครบ 70 ปี แต่เนื่องจากการเสื่อมสภาพมาก จึงมีได้เปิดให้บริการตามปกติ การเดินทางจึงเหลือสะพานคู่ขนาน เดชาติวงศ์ 2 (RT) และเดชาติวงศ์ 3 (LT) เท่านั้น ซึ่งในปัจจุบันความต้องการเดินทางที่ใจกลางเมืองนครสวรรค์ได้เพิ่มขึ้นมาก หากสะพานเดชาติวงศ์ 1 สามารถกลับมาให้บริการได้ตามปกติ จะสามารถบรรเทาความคับคั่งของการจราจรบริเวณนั้นได้ สำนักวิจัยและพัฒนาทาง กรมทางหลวง จึงได้จัดทำ โครงการศึกษาจัดทำแนวทางการบูรณะสะพานประวัติศาสตร์ของกรมทางหลวงที่ก่อสร้างก่อนปีพ.ศ. 2500 ขึ้น เพื่อศึกษาและจัดทำแนวทางการบูรณะสะพานเดชาติวงศ์ 1 โดยขอบเขตการดำเนินงานประกอบด้วย การจัดทำค่าระดับและมิติสะพาน การจัดทำรายละเอียดความเสียหายสะพาน การสำรวจโครงสร้างใต้หน้า การทดสอบคุณสมบัติวัสดุโครงสร้างสะพาน การตรวจวัดพฤติกรรมโครงสร้างสะพาน การออกแบบบูรณะสะพาน การจัดทำแบบรายละเอียดการบูรณะสะพาน การประมาณราคาค่าบูรณะสะพาน และการจัดทำแผนการตรวจสอบสะพานภายหลังการบูรณะ

การดำเนินงานในส่วนแรกเป็นการสำรวจค่าระดับหลังสะพาน และการตรวจวัดขนาดชิ้นส่วนต่าง ๆ ของสะพาน เพื่อนำไปใช้สร้างแบบจำลองโครงสร้างสะพานด้วยโปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์ โดยสะพานเดชาติวงศ์ 1 ประกอบด้วย 12 ช่วงสะพาน แบ่งเป็นช่วงสะพานเชิงลาด (Approach Span) ฝั่งกรุงเทพฯ 5 ช่วง (S1-S5) ช่วงสะพานคานโค้ง (Arch Span) 4 ช่วง (S6-S9) และช่วงสะพานเชิงลาดฝั่งนครสวรรค์อีก 3 ช่วง (S10 – S12) มีตอม่อตัมบริม (Abutment) 2 ตอม่อ (A1 และ A2) และตอม่อตัวกลาง (Pier) อีก 11 ตอม่อ (P1-P11)

ผลการตรวจสอบความเสียหายด้วยสายตา (Visual Inspection) พบว่ามีความเสียหายรวมทั้งสิ้น 253 ตำแหน่ง โดยชิ้นส่วนที่มีจำนวนความเสียหายมากที่สุด คือ ทางเท้า (128 ตำแหน่ง) รองลงมา คือ กำแพงตอม่อ (32 ตำแหน่ง) ชิ้นส่วนที่มีสภาพการใช้งานต่ำที่สุด คือ ทางเท้า (ระดับ 0-วิบัติ) นอกจากนี้ยังมีอีก 4 ชิ้นส่วน ที่มีสภาพการใช้งานระดับ 1-วิฤติ ได้แก่ พื้นสะพาน ไตอะแฟรม คานตามยาว และอุปกรณ์รองคาน ผลการประเมินสภาพการใช้งานโดยรวมด้วยสายตาตามระบบ BMMS พบว่า Weighted

Critical Condition Rating (WCCR) มีค่าเท่ากับ 1.32 ซึ่งค่าทางตัวเลขใกล้เคียงกับระดับวิกฤติ (CR=1) บ่งบอกว่า สะพานเดชาติวงศ์มีชิ้นส่วนสำคัญที่มีความเสียหายรุนแรง สภาพค่อนข้างวิกฤติ ควรเร่งซ่อมบำรุงและเสริมกำลัง

การสำรวจโครงสร้างส่วนที่อยู่ใต้น้ำได้ใช้เครื่อง Sonar Scan ทำให้สามารถมองเห็นลักษณะท้องน้ำตามแนวสะพานและสภาพโครงสร้างตอม่อส่วนที่อยู่ใต้น้ำได้ ผลการสำรวจพบว่าร่องน้ำลึกจะอยู่ในช่วงสะพาน S6 ระหว่างตอม่อ P5 และ P6 โดยมีความลึกอยู่ที่ 8.6.0 เมตร สะพานเดชาติวงศ์ 1 (MT) ที่ต้องการจะบูรณะนี้ไม่มีปัญหาด้านการกัดเซาะของตอม่อสะพาน

ผลการทดสอบวัสดุโครงสร้างสะพาน พบว่า ค่าเฉลี่ยกำลังรับแรงอัดคอนกรีตของชิ้นส่วนทางเท้า คานตามยาว คานชอย ไคอะแฟรม ตอม่อตบกลาง และตอม่อตบริม มีค่าเท่ากับ 14.8, 13.3, 14.5, 12.2, 16.7 และ 7.3 MPa ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ตามหลักสถิติ พบว่ากำลังรับแรงอัดของชิ้นส่วนทางเท้า คานตามยาว คานชอย ไคอะแฟรม ตอม่อตบกลาง และตอม่อตบริม มีโอกาสต่ำกว่ากำลังรับแรงอัดของคอนกรีตผสมมือ (14.5 MPa) เท่ากับ 47.8, 58.5, 50.0, 67.0, 34.7, 98.2 % ตามลำดับ แสดงว่าปัจจุบันกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตส่วนใหญ่ต่ำกว่ามาตรฐานคอนกรีตผสมมือที่ใช้ก่อสร้างสะพานในสมัยก่อน ผลการตรวจวัดความลึกการเกิดคาร์บอนเนชันในชิ้นส่วนทางเท้า คานตามยาว คานชอย ไคอะแฟรม กำแพงตอม่อ ตอม่อตบริม และพื้นสะพาน พบว่า มีโอกาสที่จะเกิดลึกถึงชั้นเหล็กเสริม เท่ากับ 23.3, 16, 9.8, 31.8, 17.2, 13.6, 22.7 % ตามลำดับ อาจกล่าวได้ว่าปัจจุบัน ทุกชิ้นส่วนล้วนมีโอกาสที่จะเกิดสนิมได้ทั้งสิ้น ผลการทดสอบเหล็กเสริม พบว่า กำลังรับแรงดึงที่จุดครากของเหล็กข้ออ้อยและเหล็กกลมมีโอกาสดต่ำกว่ามาตรฐานเหล็ก SD30 และ SD24 อยู่ 6.7% และ 36.2% ตามลำดับ แสดงว่าปัจจุบันเหล็กกลมจำนวนไม่น้อยมีกำลังต่ำกว่ามาตรฐาน

ผลการตรวจวัดพฤติกรรมสะพานได้แบ่งโครงสร้างส่วนบนออกเป็น 4 กลุ่มโครงสร้าง ได้แก่ Span with 1 Overhang, Span with 2 Overhang, Suspended Span on Overhang และ Arch Span ผลการทดสอบ พบว่า 4 กลุ่มดังกล่าว มีค่าเฉลี่ยความถี่ธรรมชาติเท่ากับ 3.90, 4.87, 5.24, และ 3.80 Hz ตามลำดับ ซึ่งค่าความถี่ธรรมชาติเป็นลักษณะจำเพาะของแต่ละสะพาน (Unique Characteristic) โดยจะถูกนำไปใช้ในการปรับแก้แบบจำลองสะพานให้มีพฤติกรรมสอดคล้องกับสะพาน ณ สภาพปัจจุบันสำหรับการออกแบบบูรณะสะพาน ผลทดสอบค่าแฟกเตอร์แรงกระแทก (Impact Factor, IM) ของทุกกลุ่มโครงสร้าง พบว่า มีค่าอยู่ในช่วง 1.07 – 1.26 ซึ่งยังไม่เกินค่า IM = 1.33 ที่ ASSHTO LRFD เผื่อไว้ใน การออกแบบ

การออกแบบบูรณะสะพานใช้มาตรฐาน ASSHTO LRFD ผลการประเมินพบว่า โครงสร้างส่วนล่าง (Substructure) ยังคงสามารถรับน้ำหนักสูงสุดได้อย่างปลอดภัย แต่โครงสร้างส่วนบน (Superstructure) มีความสามารถไม่เพียงพอ จำเป็นจะต้องปรับปรุงเสริมกำลัง โดยการปรับปรุงสะพาน

จะแบ่งเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่เป็นช่วงสะพานโค้ง (Arch Span) และส่วนที่เป็นช่วงสะพานเชิงลาด (Approach Span) การบูรณะส่วนที่เป็นช่วงสะพานโค้ง ประกอบด้วย การขยายหน้าตัดคานโค้งให้มีขนาดใหญ่ขึ้นและปิดโดยรอบด้วยแผ่นเหล็ก การติดตั้งแผ่นเหล็กประกบที่ตำแหน่งฝังลวดซึ่งบนคานโค้ง พร้อมทั้งเพิ่มลวดซึ่งในแนวตั้งระหว่างลวดซึ่งมีอยู่เดิมในแนวเอียง การขยายหน้าตัดคานตามยาวให้มีขนาดใหญ่ขึ้น ทำการฝังลวดอัดแรงตามแนวยาวของคานตามยาว และปิดโดยรอบด้วยแผ่นเหล็ก นอกจากนี้จะทำการยึดคานตามยาวทั้ง 2 ฝั่ง (ซ้ายและขวา) ด้วยเส้นลวดตามแนวขวางที่ติดตั้งเกลียวแรง (Turnbuckle) ทำการยกและเปลี่ยนจตุรรองรับสะพานใหม่เป็น Spherical Bearing ทั้งหมด ส่วนการบูรณะช่วงสะพานเชิงลาด ประกอบด้วย การขยายหน้าตัดคานตามยาวให้มีขนาดใหญ่ขึ้นและปิดโดยรอบด้วยแผ่นเหล็ก การยึดคานตามยาวทั้ง 2 ฝั่ง ด้วยเส้นลวดตามขวางที่ติดตั้งเกลียวแรง (Turnbuckle) การเสริมเหล็ก PT Bar ในแนวทแยงที่หน้าตัดคานตามยาวใกล้จตุรรองรับเพื่อเพิ่มความต้านทานแรงเฉือน นอกจากนี้จะเสริมกำลังพื้นสะพานทั้งหมดโดยใช้แผ่นเหล็กปิดใต้ท้องสะพานทั้งส่วนที่เป็นช่วงสะพานเชิงลาดและช่วงสะพานโค้ง สุดท้ายทำการติดตั้งรอยต่อเพื่อขยายและปูผิวทางใหม่ตลอดความยาวสะพาน ถึงแม้โครงสร้างจะถูกออกแบบบูรณะให้มีความสามารถรับน้ำหนักสูงขึ้นมาก แต่ผลการวิเคราะห์ดัชนีความปลอดภัยที่พิจารณาความแปรปรวนของวัสดุคอนกรีตและเหล็กเสริมที่เสื่อมสภาพไปมาก แนะนำห้ามรถบรรทุกพ่วงหรือรถบรรทุกกึ่งพ่วงใช้งานสะพาน ทั้งนี้เพื่อความปลอดภัยและเป็นการยืดอายุการใช้งาน

การประมาณราคาค่าบูรณะสะพานในโครงการนี้เป็นการแนะนำราคาเบื้องต้นเท่านั้น โดยได้พิจารณาปริมาณวัสดุตามแบบรายละเอียดการบูรณะสะพาน รวมถึงกิจกรรมต่าง ๆ ที่จำเป็นจะต้องใช้ระหว่างการบูรณะสะพาน ผลการประเมิน พบว่าต้องใช้งบประมาณรวมทั้งสิ้น 245 ล้านบาท และเมื่อสะพานได้รับการบูรณะเรียบร้อยแล้ว หน่วยงานที่รับผิดชอบควรหมั่นตรวจสอบสภาพการใช้งานสะพานเป็นประจำตามแผนการตรวจสอบสะพานภายหลังการบูรณะที่ได้จัดทำขึ้นในโครงการนี้

Executive Summary

Dechatiwong Bridge is a bridge crossing Chao Phraya River before entering to Downtown Nakhon Sawan. The bridge was constructed in 1942 and opened to traffic in 1950. Dechatiwong Bridge is one of the most important bridges for the journey to northern part of Thailand. Moreover, it is one of the best locations to view Song See River. From the past to present, Dechatiwong Bridge has been constructed for 3 structures, namely: Dechatiwong 1 (MT), Dechatiwong 2 (RT) and Dechatiwong 3 (LT). At the present (2020) Dechatiwong 1 has reached 70 years of age. Due to the bridge was in deteriorated state, it was not opened to traffic. Therefore, the traffic was diverted to the two parallel bridges: Dechatiwong 2 (RT) and Dechatiwong 3 (LT). The current traffic demand around Downtown Nakhon Swan is very high. If Dechatiwong 1 (MT) can be reopened, it can alleviate traffic congestion around that area. Thus, Bureau of Road Research and Development conduct the project *Study of Rehabilitation Framework for Historic Bridges Constructed prior to 1957* in order to study and rehabilitate Dechatiwong 1 Bridge. The scope of project included: survey of bridge profile and bridge geometry; damage inspection; underwater inspection; material testing, measure bridge behaviors under load test, rehabilitation design, prepare rehabilitation drawings, cost estimation and suggest inspection plan after rehabilitation.

The first task of the project was to survey bridge profiles and measure sizes of bridge components. The information was then used to build a bridge model by finite element software. Dechatiwong 1 Bridge consists of 12 spans. The bridge has 5 approach spans on Bangkok sides, 3 arch spans in the middle and 3 approach spans on Nakhon Sawan side. The bridge has 11 piers between 2 abutments.

The visual inspection found that the bridge had damages in 253 locations. The member that had the most number of damages were sidewalks (128 locations), followed by piers (32 locations). The member that has the lowest condition rating (CR) was sidewalk (0-fail) and the members that had condition rating 1 (critical) were deck, diaphragm, girder and bearing. The evaluation of bridge structure calculated the weighted critical condition rating (WCCR) equal to 1.32, which close to CR=1 (critical). It indicated that Dechatiwong 1 Bridge had severe damages in main structural components. The condition was near critical and need strengthening.



The underground water inspection was conducted by a sonar scan. It can provide visualization of river floor and condition of the submerged portions of piers. The inspection found that the deep channel was in span S6 between pier P5 and pier P6. The deepest water level under span S6 in Dechatiwong 1 (MT) was 8.60 meter. The piers of Dechatiwong 1 (MT) that wanted to be rehabilitated had no scour.

The tests of materials used in construction of the bridge found that the average concrete compressive strength by core drilling method from sidewalks, girders, stringers, diaphragms, piers and abutments were 14.8, 13.3, 14.5, 12.2, 16.7 and 7.3 MPa, respectively. By statistical analysis, it found that the compressive strength of sidewalks, girders, stringers, diaphragms, piers and abutments had a chance to be lower than the hand-mix compressive strength by 47.8, 58.5, 50.0, 67.0, 34.7, 98.2 %, respectively. This showed that the majority of compressive strength now was lower than the hand-mix concrete that commonly used in past. The inspect of carbonation depth found that the chance of carbonation depth exceeding the concrete covering of sidewalks, girders, stringers, diaphragms, piers and abutments were 23.3, 16, 9.8, 31.8, 17.2, 13.6, 22.7 %, respectively. It can be said that the corrosion can now initiate in any members. The test results of reinforcement cut from structures found that the yield strength of deformed bars and round bars had a chance to be lower than the rebar grade SD30 and SD24 by 6.7% and 36.2% respectively. This indicated that now there were significant amount of round bars that under standard.

Bridge behaviors under load tests were analyzed separately into 4 groups (span with 1 overhang, span with 2 overhang, suspended span on overhangs and arch span). The natural frequencies of these groups were 3.90, 4.87, 5.24 and 3.80 Hz, respectively. The natural frequency is a unique characteristic of the bridge. The values were used to calibrate FEM bridge model to match the behaviour of the bridge at current condition. The test result of impact factor (IM) of all groups varied between 1.07 and 1.26, which were not exceed IM = 1.33 that AASHTO LRFD used in design.

Bridge rehabilitation in this project was designed according to AASHTO LRFD. The assessment revealed that substructures still were adequate but superstructures were not and they need strengthening. The strengthening was separated into 2 groups: arch spans and approach spans. For the arch spans, the strengthening included: enlarge cross section of arch

girders and cover with steel plates; strengthen joints on arch girders with gusset plates; add a vertical steel rod between two inclined hanger rods; enlarge cross section of tie girders, install post-tension bars along the longitudinal direction and cover with steel plates; brace two tie girders on both sides (left-right) with transverse rods installing turnbuckles; replace old bearings with new spherical bearings. For the approach spans, the strengthening included: enlarge cross section of tie girders and cover with steel plates; brace two tie girders on both sides (left-right) with transverse rods installing turnbuckle; strengthen with a diagonal PT bar at the section near support to increase shear capacity. In addition, decks along arch spans and approach spans were reinforced by attaching steel plate at the bottom. Finally, install new expansion joints and resurface bridge deck. Despite several strengthening measures will be applied to enhance structural capacity, the analysis of safety index that considered variation of deteriorated material strength did not allow full trailers and semi-trailers on bridge in order to increase safety and prolong bridge life.

The cost estimation of bridge rehabilitation in this project was only to provide a preliminary budget. It considered bills of materials and all activities expected during rehabilitation. The required budget for bridge rehabilitation was 245 million bahts. Once the bridge is rehabilitated, the agencies responsible for the bridge should regularly inspect the bridge according to the bridge inspection plan after rehabilitation that was written in this project.



บทคัดย่อ

สะพานเดชาติวงศ์ เป็นสะพานที่ใช้ข้ามแม่น้ำเจ้าพระยาก่อนเข้าสู่ใจกลางเมือง จังหวัดนครสวรรค์ เปิดให้บริการในปี พ.ศ. 2493 ปัจจุบัน (พ.ศ. 2563) สะพานมีอายุครบ 70 ปี ผลการตรวจสอบความเสียหายด้วยสายตา พบว่า ชิ้นส่วนหลักของโครงสร้างมีความเสียหายรุนแรง มีสภาพไม่ปลอดภัยต่อการใช้งาน ผลการทดสอบวัสดุ พบว่า ชิ้นส่วนแต่ละประเภทมีค่าเฉลี่ยกำลังรับแรงอัดคอนกรีตในช่วง 7.3 - 16.7 MPa และมีโอกาสที่กำลังรับแรงอัดคอนกรีตจะต่ำกว่ามาตรฐานกำลังรับแรงอัดคอนกรีตผสมมือ (14.5 MPa) ที่นิยมใช้งานกันสมัยนั้น 47.8 - 98.2% บ่งบอกถึงกำลังของคอนกรีตที่เสื่อมสภาพไปมาก ดังนั้นจึงได้ทำการออกแบบบูรณะและเสริมกำลังสะพาน โดยอ้างอิงมาตรฐาน ASSHTO LRFD ผลการประเมินพบว่า โครงสร้างส่วนล่าง (Substructure) ยังคงสามารถรับน้ำหนักสูงสุดได้อย่างปลอดภัย แต่โครงสร้างส่วนบน (Superstructure) มีความสามารถไม่เพียงพอ จำเป็นจะต้องปรับปรุงเสริมกำลัง

การบูรณะสะพานจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่เป็นช่วงสะพานโค้ง (Arch Span) และส่วนที่เป็นช่วงสะพานเชิงลาด (Approach Span) การบูรณะส่วนที่เป็นช่วงสะพานโค้งจะทำการขยายหน้าตัดคานโค้งให้มีขนาดใหญ่ขึ้นและปิดโดยรอบด้วยแผ่นเหล็ก ติดตั้งแผ่นเหล็กประกบที่ตำแหน่งฝังลวดซึ่งบนคานโค้ง พร้อมทั้งเพิ่มลวดซึ่งในแนวตั้งระหว่างลวดซึ่งที่มีอยู่เดิมในแนวเอียง ทำการขยายหน้าตัดคานหลักคอนกรีตให้มีขนาดใหญ่ขึ้น ฝังลวดอัดแรงตามแนวยาวของคานตามยาว และปิดโดยรอบด้วยแผ่นเหล็ก นอกจากนี้จะยึดคานตามยาวทั้ง 2 ผัง (ซ้ายและขวา) ด้วยเส้นลวดตามแนวขวางที่ติดตั้งเกลียวเร่ง (Turnbuckle) ทำการยกและเปลี่ยนจุดรองรับสะพานใหม่เป็น Spherical Bearing ทั้งหมด ส่วนการบูรณะช่วงสะพานเชิงลาด จะทำการขยายหน้าตัดคานตามยาวให้มีขนาดใหญ่ขึ้นและปิดโดยรอบด้วยแผ่นเหล็ก ทำการยึดคานตามยาวทั้ง 2 ผัง ด้วยเส้นลวดตามขวางที่ติดตั้งเกลียวเร่ง (Turnbuckle) ทำการเสริมเหล็ก PT Bars ในแนวทแยงที่หน้าตัดคานตามยาวใกล้จุดรองรับเพื่อเพิ่มความต้านทานแรงเฉือน นอกจากนี้จะเสริมกำลังพื้นสะพานทั้งหมดโดยใช้แผ่นเหล็กปิดใต้ท้องสะพาน ทั้งช่วงสะพานเชิงลาดและช่วงสะพานโค้ง สุดท้ายติดตั้งรอยต่อเพื่อขยายและปูผิวทางใหม่ ถึงแม้โครงสร้างจะถูกออกแบบเสริมกำลังให้มีความสามารถสูงขึ้นมาก แต่ผลการวิเคราะห์ชี้ความปลอดภัยที่พิจารณาความแปรปรวนของวัสดุคอนกรีตและเหล็กเสริมที่เสื่อมสภาพไปมาก แนะนำห้ามรถบรรทุกพ่วงหรือรถบรรทุกกึ่งพ่วงใช้งานสะพาน ทั้งนี้เพื่อความปลอดภัยและเป็นการยืดอายุการใช้งาน การประมาณราคาค่าบูรณะสะพานในโครงการนี้เป็นการแนะนำราคาเบื้องต้นเท่านั้น ซึ่งพบว่าจะต้องใช้งบประมาณรวมทั้งสิ้น 245 ล้านบาท

Abstract

Dechatiwong Bridge is a bridge crossing Chao Phraya River before entering to Downtown Nakhon Sawan. It was open to traffic in 1950 and now (2020) it has reached 70 years of age. Visual inspection results revealed that main structural components were severely damaged and not in safe conditions. Testing of concrete by core drilling found that the mean values of different types of structural members varied between 7.3 and 16.7 MPa. The probabilities that concrete strength lower than the hand-mix concrete strength commonly used in those days were between 47.8 and 98.2 %. It indicated concrete strength severely deteriorated. Thus, the bridge restoration was proceeded using AASHTO LRFD. The assessment found that substructures were still adequate but superstructures were required strengthening.

Strengthening was separated into 2 groups: arch spans and approach spans. For the arch spans, the strengthening included: enlarge cross section of arch girders and cover with steel plates; strengthen joints on arch girders with gusset plates; add a vertical steel rod between two inclined hanger rods; enlarge cross section of tie girders, install post-tension bars along the longitudinal direction and cover with steel plates; brace two tie girders on both sides (left-right) with transverse rods installing turnbuckles; replace old bearings with new spherical bearings. For the approach spans, the strengthening included: enlarge cross section of tie girders and cover with steel plates; brace two tie girders on both sides (left-right) with transverse rods installing turnbuckle; strengthen with a diagonal PT bar at the section near support to increase shear capacity. In addition, decks in arch spans and approach spans were reinforced by attaching steel plate at the bottom. Finally, install new expansion joints and resurface bridge deck. Despite several strengthening measures will be applied to enhance structural capacity, the analysis of safety index that considered variation of deteriorated material strength did not allow full trailers and semi-trailers on bridge in order to increase safety and prolong bridge life. This project also suggested preliminary budget for bridge rehabilitation, which the total cost was 245 million bahts.



บทที่ 1 บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

สะพานกรมทางหลวง 3 สะพาน ได้แก่ สะพานปรีดี-ธำรง ก่อสร้างข้ามแม่น้ำป่าสัก ที่จังหวัดพระนครศรีอยุธยา เปิดให้บริการเมื่อปีพ.ศ. 2486 สะพานเดชาดิวงศ์ ก่อสร้างข้ามแม่น้ำเจ้าพระยา ที่จังหวัดนครสวรรค์ เปิดให้บริการเมื่อปีพ.ศ. 2493 และ สะพานวุฒิกุล ก่อสร้างข้ามแม่น้ำปิง ที่จังหวัดตาก เปิดให้บริการเมื่อปีพ.ศ. 2496 กล่าวได้ว่าเป็นสะพานประวัติศาสตร์ของกรมทางหลวงและของประเทศไทย เนื่องจากสะพานทั้ง 3 เป็นสะพานลำดับแรกๆ ของประเทศ ที่ก่อสร้างข้ามแม่น้ำสายใหญ่ยังความสะดวกต่อการเดินทางในสมัยนั้นเป็นอย่างมาก นอกจากนี้ สะพานทั้ง 3 ยังเป็นหลักฐานความสำเร็จทางวิศวกรรมของประเทศ ด้วยโครงสร้างคานโค้งที่ส่งงามแบบ bowstring ซึ่งอาศัยพื้นสะพานในการดึงรับแรงผลักที่กระทำต่อตอม่อสะพาน ทำให้สามารถก่อสร้างสะพานขนาดใหญ่ข้ามแม่น้ำที่ดินฐานรากไม่แข็งแรงได้สำเร็จ ก่อนที่จะมีการนำเทคโนโลยีลวดอัดแรงและเสาเข็มเจาะมาใช้ ยังความภาคภูมิใจให้กับกรมทางหลวง และทำให้กรมทางหลวงเป็นที่ยอมรับในวงการวิศวกรรมระดับนานาชาติ

ปัจจุบัน สะพานปรีดี-ธำรง สะพานเดชาดิวงศ์ และ สะพานวุฒิกุล ยังคงมีความสำคัญอย่างมากต่อการคมนาคมทางถนนของประเทศ เป็นสะพานที่ตั้งอยู่บนทางหลวงสายหลัก เข้า-ออกตัวจังหวัดที่มีการจราจรหนาแน่น แต่อย่างไรก็ตาม สะพานทั้ง 3 ได้ถูกจำกัดการใช้งาน เนื่องจากมีสภาพที่ทรุดโทรมตามการใช้งานที่ผ่านมานานกว่า 65 ปี ดังนั้น หากทำการบูรณะสะพานทั้ง 3 ให้มีสภาพพร้อมใช้งานตลอดเวลา นอกจากจะช่วยให้ความปลอดภัยให้แก่ผู้ใช้ทางแล้ว ยังจะสามารถช่วยระบายรถเข้า-ออกตัวจังหวัดพระนครศรีอยุธยา จังหวัดนครสวรรค์ และ จังหวัดตาก ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ลดความสูญเสียทางเศรษฐกิจของประเทศได้เป็นอันมาก อีกทั้ง ยังเป็นการอนุรักษ์และเพิ่มคุณค่าการใช้ประโยชน์สะพานที่เป็นหลักฐานความสำเร็จทางวิศวกรรมให้อยู่คู่ประเทศไทยต่อไป

อนึ่ง การบูรณะ สะพานปรีดี-ธำรง สะพานเดชาดิวงศ์ และ สะพานวุฒิกุล ไม่สามารถดำเนินการตามขั้นตอนปกติได้ เนื่องจาก สะพานทั้ง 3 เป็นสะพานเก่าและมีสภาพที่ทรุดโทรม จึงมีความจำเป็นต้องทำการศึกษา ตรวจสอบคุณสมบัติวัสดุ ตรวจวัดพฤติกรรมโครงสร้าง เพื่อนำมาประกอบการออกแบบบูรณะ อีกทั้งการออกแบบบูรณะ ยังจะต้องพิจารณาปัจจัยด้านความคงทนเพื่อลดภาระการบำรุงรักษาสะพานในอนาคต รวมถึง ความสวยงามของโครงสร้างหลังการบูรณะ เพิ่มเติมจากปัจจัยด้านความแข็งแรง



รูปที่ 1-1 สะพานเดชาดิวงศ์

โครงการนี้จำกัดขอบเขตการศึกษาจัดทำแนวทางการบูรณะเฉพาะสะพานเดชาดิวงศ์ ซึ่งเป็นสะพานขนาด 12 ช่วงสะพาน ความยาวรวม 404.50 เมตร เนื่องจากมีความจำเป็นเร่งด่วนในการได้รับการบูรณะเป็นลำดับแรก เพื่อรองรับปริมาณการจราจรที่เพิ่มขึ้นจากการเบี่ยงการจราจรในกรณีที่ต้องปิดสะพานเดชาดิวงศ์ 2 ซึ่งเป็นสะพานขนานกับสะพานเดชาดิวงศ์ เพื่อทำการตรวจสอบสภาพครั้งใหญ่หลังใช้งานมานานกว่า 45 ปี โดยการจัดทำแนวทางการบูรณะสะพานเดชาดิวงศ์ จะดำเนินการตามแนวทางที่



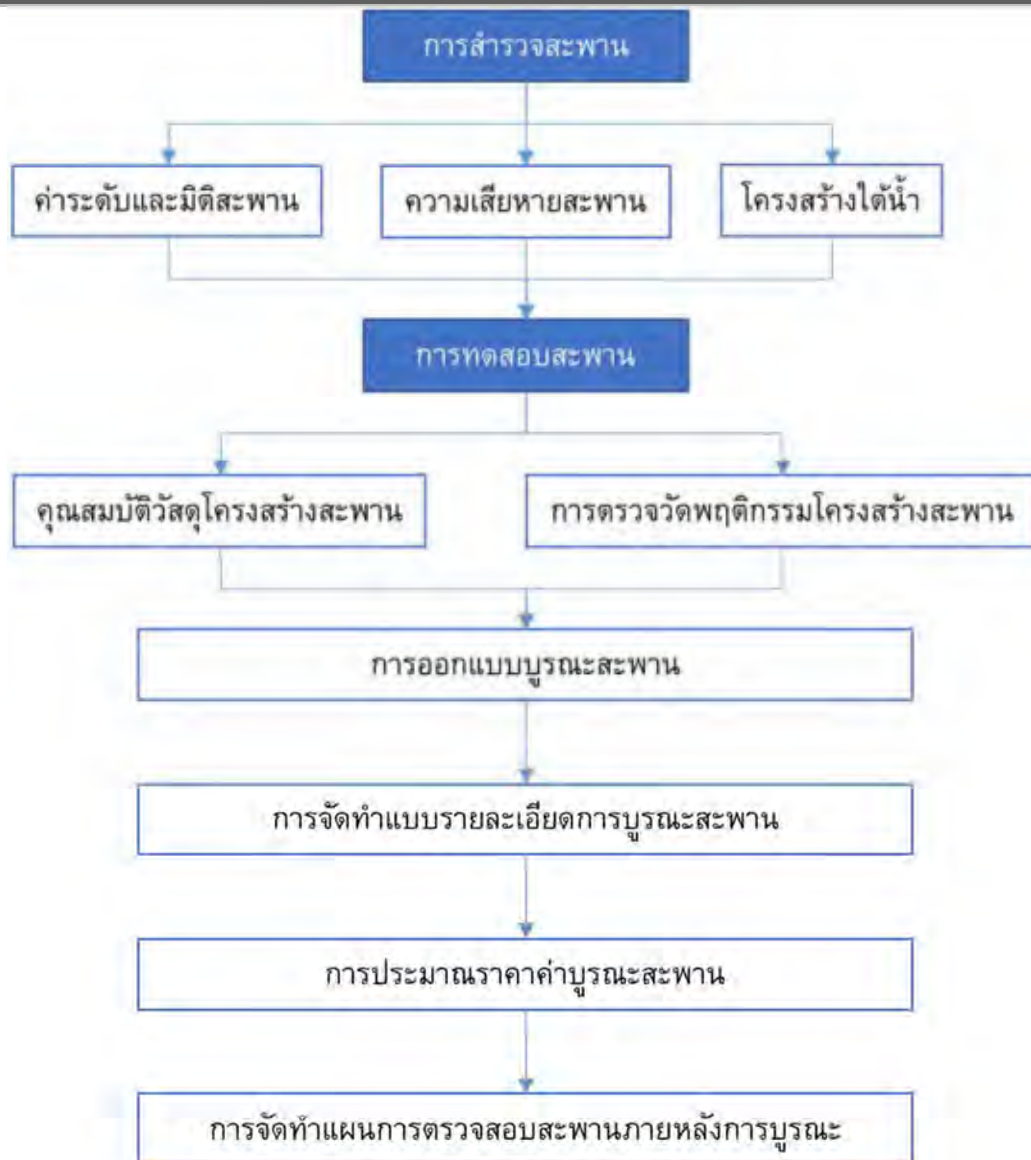
ได้กล่าวข้างต้น พร้อมกับ การจัดทำแบบรายละเอียดการบูรณะ แสดงขั้นตอนการบูรณะที่ชัดเจน รวมถึง การประมาณราคาค่าบูรณะและแผนการบำรุงรักษา เพื่อให้กรมทางหลวงสามารถใช้ประกอบการเสนอ ของงบประมาณในการบูรณะและบำรุงรักษาได้ทันที ผลการศึกษากิจการจัดทำแนวทางการบูรณะสะพานเด ชาติวงศ์ สามารถนำไปใช้เป็นต้นแบบในการจัดทำแนวทางการบูรณะ สะพานปรีดี-ช้าง และ สะพานวุฒิ กุล ในอนาคตต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์โครงการ

1. ตรวจสอบสภาพปัจจุบันสะพานเดชาติวงศ์
2. ออกแบบบูรณะสะพานเดชาติวงศ์
3. จัดทำแบบรายละเอียดการบูรณะสะพานเดชาติวงศ์
4. ประมาณราคาค่าบูรณะสะพานเดชาติวงศ์
5. จัดทำแผนการตรวจสอบสะพานเดชาติวงศ์ภายหลังการบูรณะ

1.3 ขั้นตอนการดำเนินงานโครงการ

เพื่อให้การดำเนินงานโครงการเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ที่ปรึกษาจึงได้กำหนดขั้นตอนการ ดำเนินงานโครงการดังแสดงในรูปที่ 1-2 ประกอบด้วย การจัดทำระดับและมิติสะพาน การจัดทำ รายละเอียดความเสียหายสะพาน การสำรวจโครงสร้างได้นำ การทดสอบคุณสมบัติวัสดุโครงสร้าง สะพาน การตรวจวัดพฤติกรรมโครงสร้างสะพาน การออกแบบบูรณะสะพาน การจัดทำแบบรายละเอียด การบูรณะสะพาน การประมาณราคาค่าบูรณะสะพาน การจัดทำแผนการตรวจสอบสะพานภายหลังการ บูรณะ



รูปที่ 1-2 ขั้นตอนการดำเนินงานโครงการ



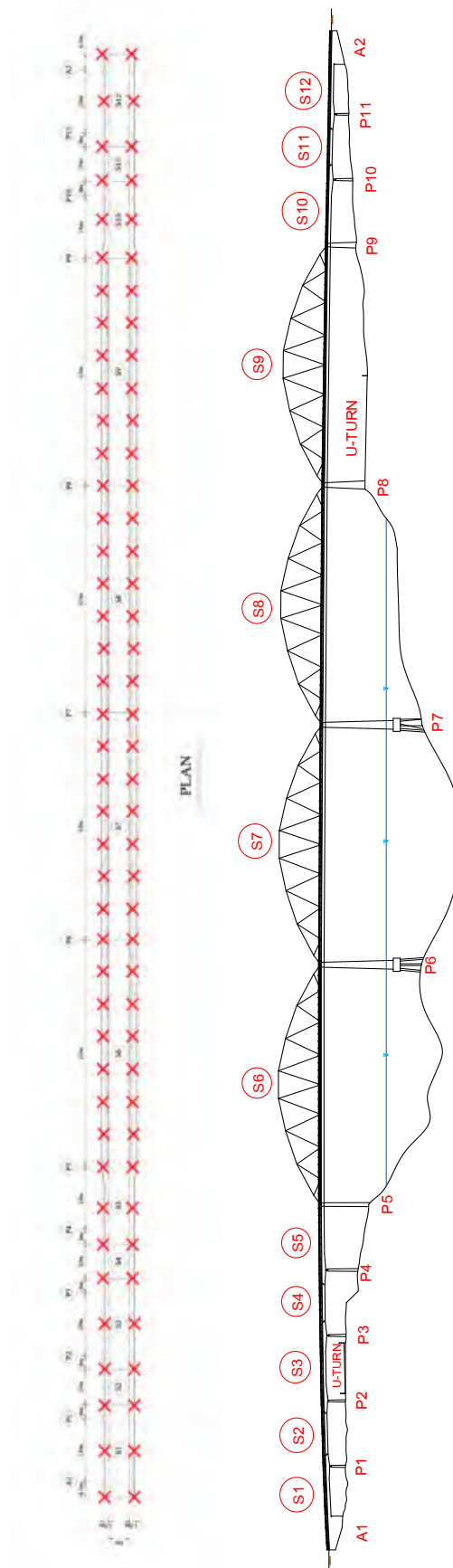
บทที่ 2 การจัดทำค่าระดับและมิติ สะพาน

2.1 การสำรวจค่าระดับหลังสะพาน

โครงการนี้ได้สำรวจค่าระดับหลังสะพานเพื่อให้ได้รูปร่างพื้นสะพานเดชาดิวส์แบบ 3 มิติ ที่สามารถอธิบายตำแหน่งต่างๆ บนพื้นสะพานได้ด้วยค่าระดับทางตั้ง โดยได้สำรวจจำนวน 2 แนว คือ แนวทางเท้าด้านซ้ายและแนวทางเท้าด้านขวาดังรูปที่ 2-1 โดยทั้ง 2 แนวนี้จะครอบคลุมตั้งแต่ช่วงเชิงลาด (Approach) ฝั่งกรุงเทพฯ ผ่านตัวสะพานหลักที่ใช้ข้ามแม่น้ำ ไปจนถึงช่วงเชิงลาดฝั่งนครสวรรค์ดังรูปที่ 2-2 การสำรวจค่าระดับบริเวณเชิงลาดที่เป็นช่วงยี่จะสำรวจที่ระยะ 0, L/2 และ L เชิงลาดที่เป็นช่วงแขวนจะสำรวจที่ระยะ L/2 ส่วนบริเวณสะพานหลักจะสำรวจทุกจุดยึด (Node) ของโครงถัก ซึ่งตำแหน่งเหล่านี้เป็นตำแหน่งหลักที่สามารถใช้ตรวจสอบการทรุดตัวหรือเอียงตัวของโครงสร้างสะพานในอนาคตได้



รูปที่ 2-1 แนวที่ใช้สำรวจค่าระดับหลังสะพาน



รูปที่ 2-2 ตำแหน่งการสำรวจระดับหลังสะพาน (ตามแนวทางเท้าด้านซ้ายและทางเท้าด้านขวา)



ในการสำรวจค่าระดับได้ใช้อุปกรณ์ดังรูปที่ 2-3

กล้องระดับ (Leveling)	จำนวน 1 ชุด
ไม้สตาฟ (Staff)	จำนวน 2 ชุด
ขาตั้งกล้อง (Tripod)	จำนวน 1 ชุด
เครื่อง GPS	จำนวน 2 ชุด



กล้องระดับ (Levelling)



ไม้ระดับ (Staff)



ขาตั้งกล้อง (Tripod)



เครื่อง GPS

รูปที่ 2-3 อุปกรณ์สำหรับการสำรวจค่าระดับ



รูปที่ 2-4 การดำเนินงานสำรวจค่าระดับของสะพานเดชาติวงศ์

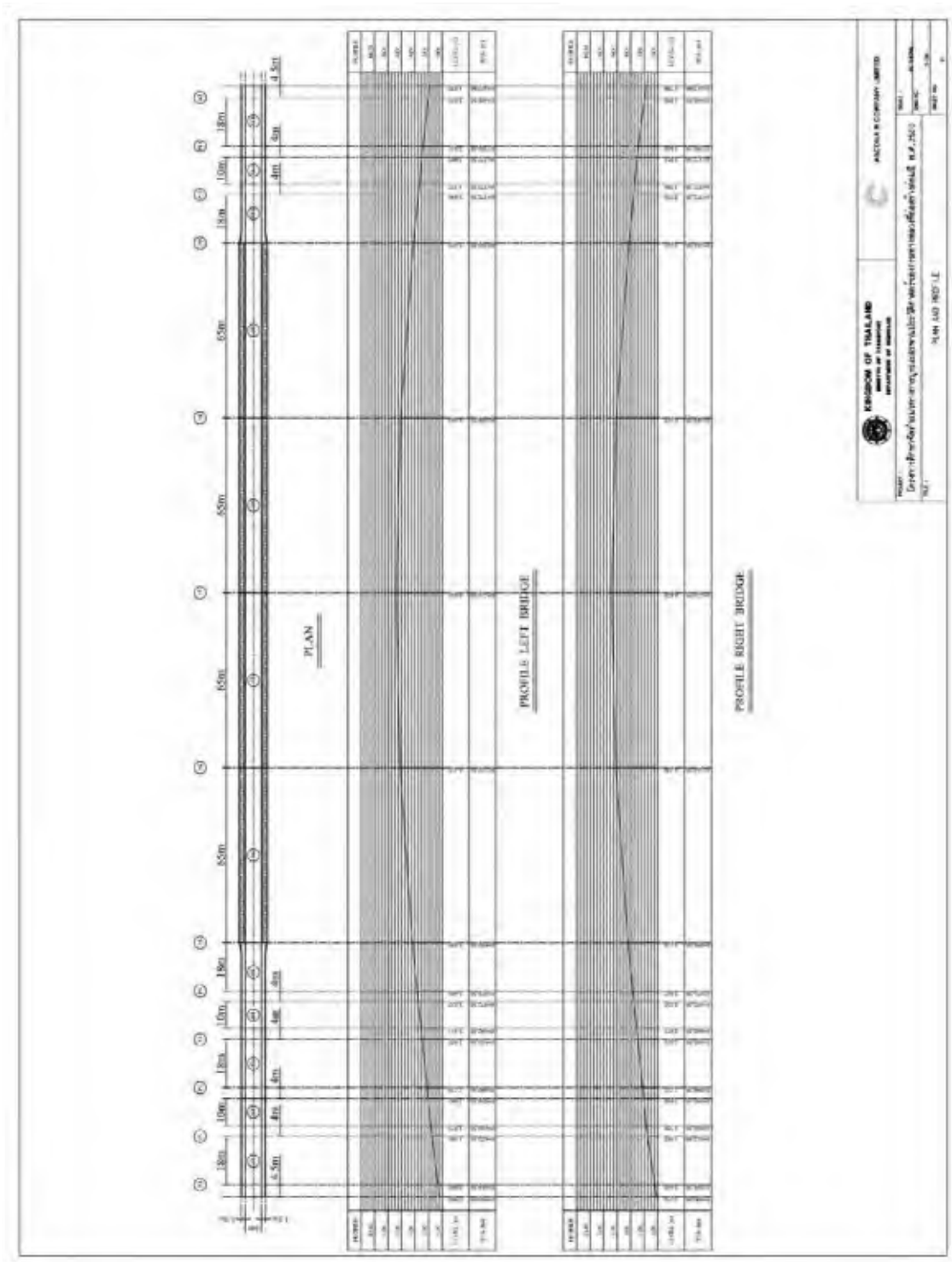
ขั้นตอนการสำรวจค่าระดับ

- 1) กำหนดตำแหน่งการตรวจวัดค่าระดับตามแนวทางเท้าด้านซ้ายและทางเท้าด้านขวา โดยบริเวณเชิงลาดที่เป็นช่วงยื่นจะทำเครื่องหมายที่ระยะ 0, $L/2$ และ L เชิงลาดที่เป็นช่วงแขวนจะทำเครื่องหมายที่ระยะ $L/2$ ส่วนบริเวณสะพานหลักจะทำเครื่องหมายทุกจุดยึด (Node) ของโครงถัก

- 2) ทำการตรวจวัดค่าระดับแนวดิ่งและแนวราบตามตำแหน่งที่กำหนดดังรูปที่ 2-2

เมื่อได้ดำเนินการสำรวจค่าพิกัดทางราบและทางดิ่งตามตำแหน่งรอยต่อสะพานและกึ่งกลางสะพานของช่วง Main Span สะพานเดชาติวงศ์ทั้ง 2 แนว (ด้านซ้ายและด้านขวา) เรียบร้อยแล้ว จะทำให้สามารถแสดงรูปร่างของสะพานทั้งตามแนวยาวและแนวดัดขวาง อีกทั้งยังสามารถแสดงถึงการเอียงตัวของสะพานในแต่ละหน้าตัดได้ ผลการสำรวจค่าระดับพื้นสะพานสะพานเดชาติวงศ์แสดงดังรูปที่ 2-5





รูปที่ 2-5 คำนวณหลังสะพานเดชาดิวงศ์ (แบบขนาด A3 แสดงในภาคผนวก ก)

2.2 การสำรวจมิติสะพาน

การสำรวจมิติของสะพานกระทำโดยถ่ายภาพสะพานในบริเวณต่าง ๆ ทั้งด้านบนและด้านล่าง และใช้เครื่องมือวัดระยะประเภทต่าง ๆ เช่น ตลับเมตร เทปวัด และเลเซอร์วัดระยะทาง ในการตรวจวัดขนาดชิ้นส่วนและมิติต่าง ๆ ของสะพาน ดังตัวอย่างการสำรวจมิติสะพานที่แสดงในรูปที่ 2-6 ในกรณีที่ชิ้นส่วนโครงสร้างมีขนาดใหญ่มากหรืออยู่สูงมาก จะใช้นั่งร้านหรือรถกระเช้าเพื่อช่วยในการเข้าถึงชิ้นส่วนนั้น ๆ ดังแสดงในรูปที่ 2-7 และรูปที่ 2-8



รูปที่ 2-6 การตรวจวัดมิติของสะพาน (ทั่วไป)





รูปที่ 2-7 การตั้งนั่งร้านสำหรับการตรวจวัดมิติของสะพาน

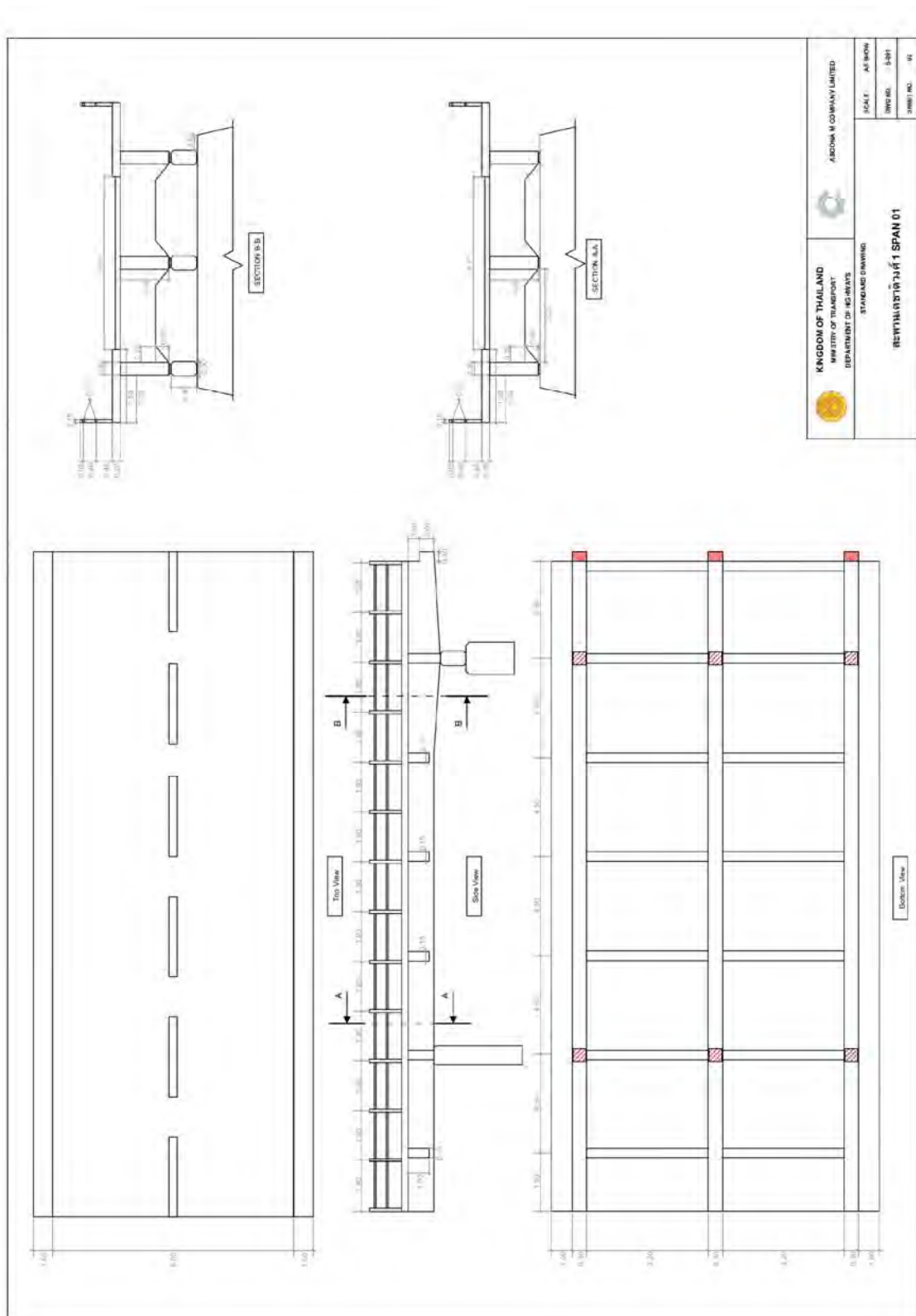


รูปที่ 2-8 การใช้รถกระเช้าสำหรับการตรวจวัดมิติของสะพาน

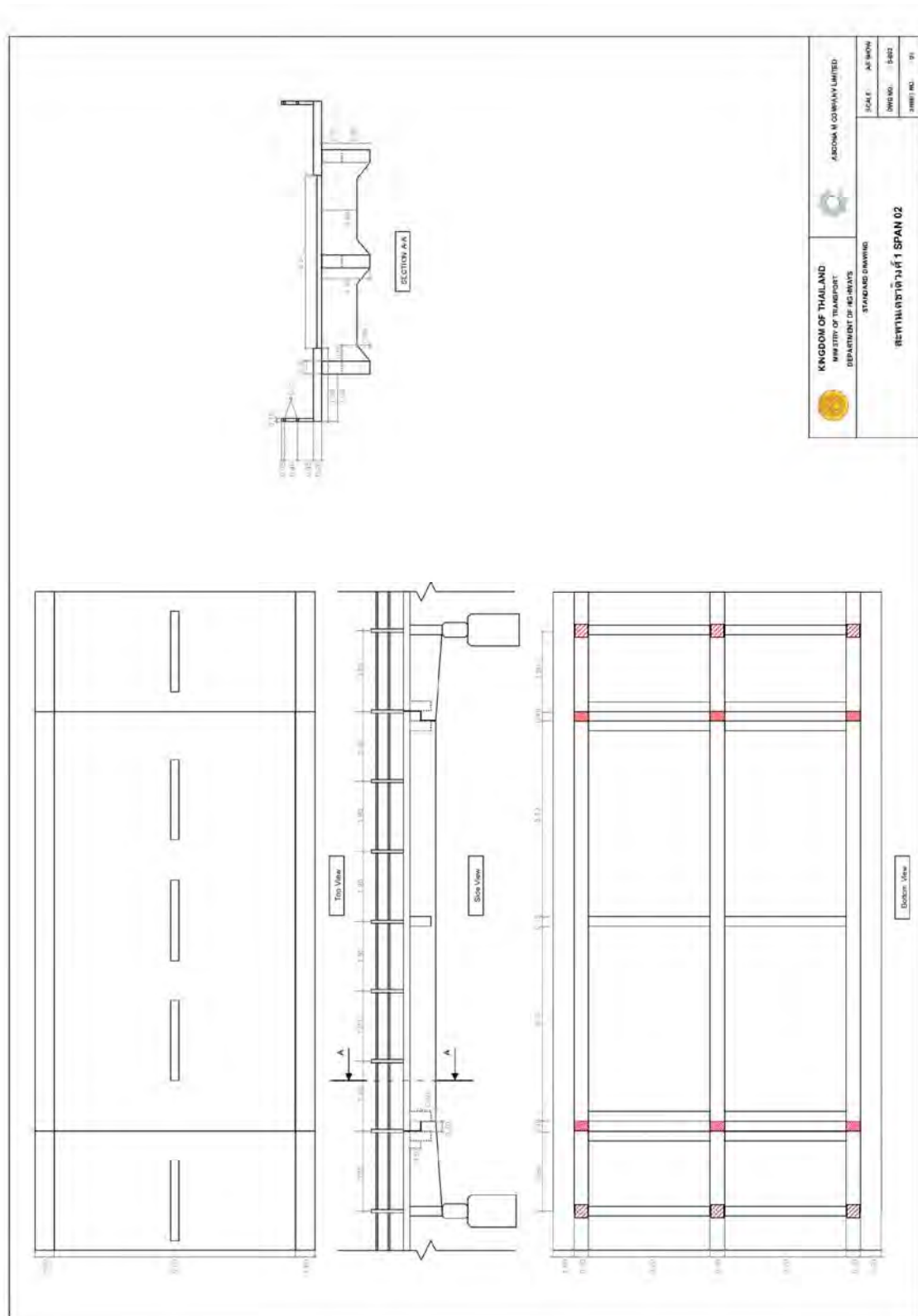
ตัวอย่างบางส่วนของแบบการสำรวจมิติของสะพานในบริเวณต่าง ๆ ได้แสดงไว้ ดังนี้

- รูปที่ 2-9 แสดงช่วงสะพานที่ 1 (S1) บริเวณเชิงลาด ตัวอย่างช่วงสะพานที่มีช่วงยื่นที่ปลายทั้งสองด้าน
- รูปที่ 2-10 แสดงช่วงสะพานที่ 2 (S2) บริเวณเชิงลาด ตัวอย่างช่วงสะพานแขวน
- รูปที่ 2-11 แสดงช่วงสะพานที่ 5 (S5) บริเวณเชิงลาด ตัวอย่างช่วงสะพานที่มีช่วงยื่นที่ปลายด้านเดียว
- รูปที่ 2-12 และ รูปที่ 2-13 แสดงช่วงสะพานที่ 6 (S6) บริเวณสะพานหลัก ตัวอย่างช่วงสะพานที่มีคานโค้ง
- รูปที่ 2-14 แสดงตอม่อตัมบริมที่ 1 และ 2 (A1&A2) ตัวอย่างตอม่อตัมบริมที่อยู่ริมตลิ่งแม่น้ำ
- รูปที่ 2-15 แสดงตอม่อตัมบริมที่ 1 (P1) ตัวอย่างตอม่อที่ไม่ติดตลิ่งแม่น้ำบริเวณเชิงลาด
- รูปที่ 2-16 แสดงตอม่อตัมบริมที่ 5 (P5) ตัวอย่างตอม่อที่ไม่ติดตลิ่งแม่น้ำบริเวณสะพานหลัก



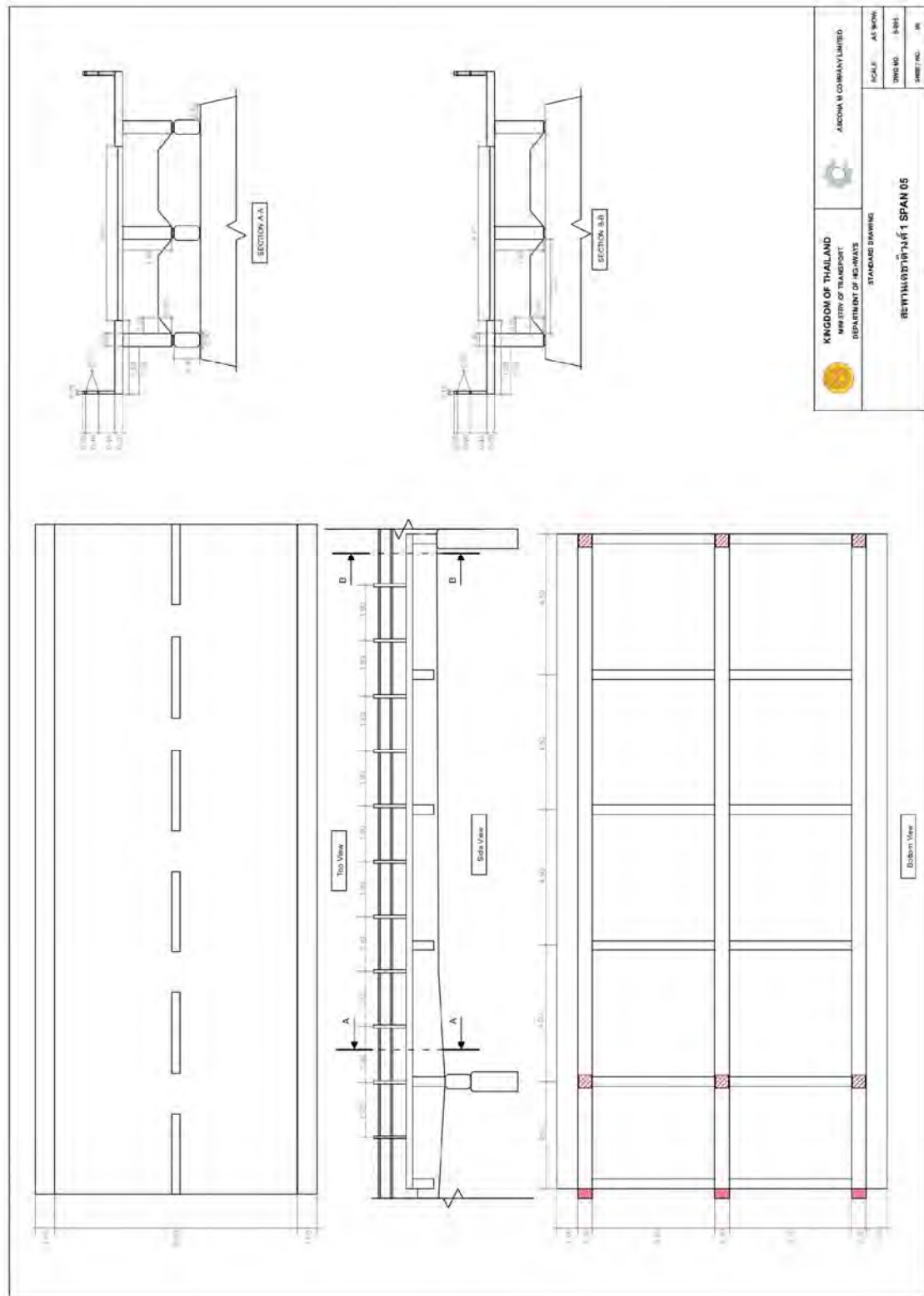


รูปที่ 2-9 ตัวอย่างบางส่วน ช่วงสะพานที่ 1 (S1) บริเวณเชิงลาดสะพาน (แบบขนาด A3 แสดงในภาคผนวก ข)

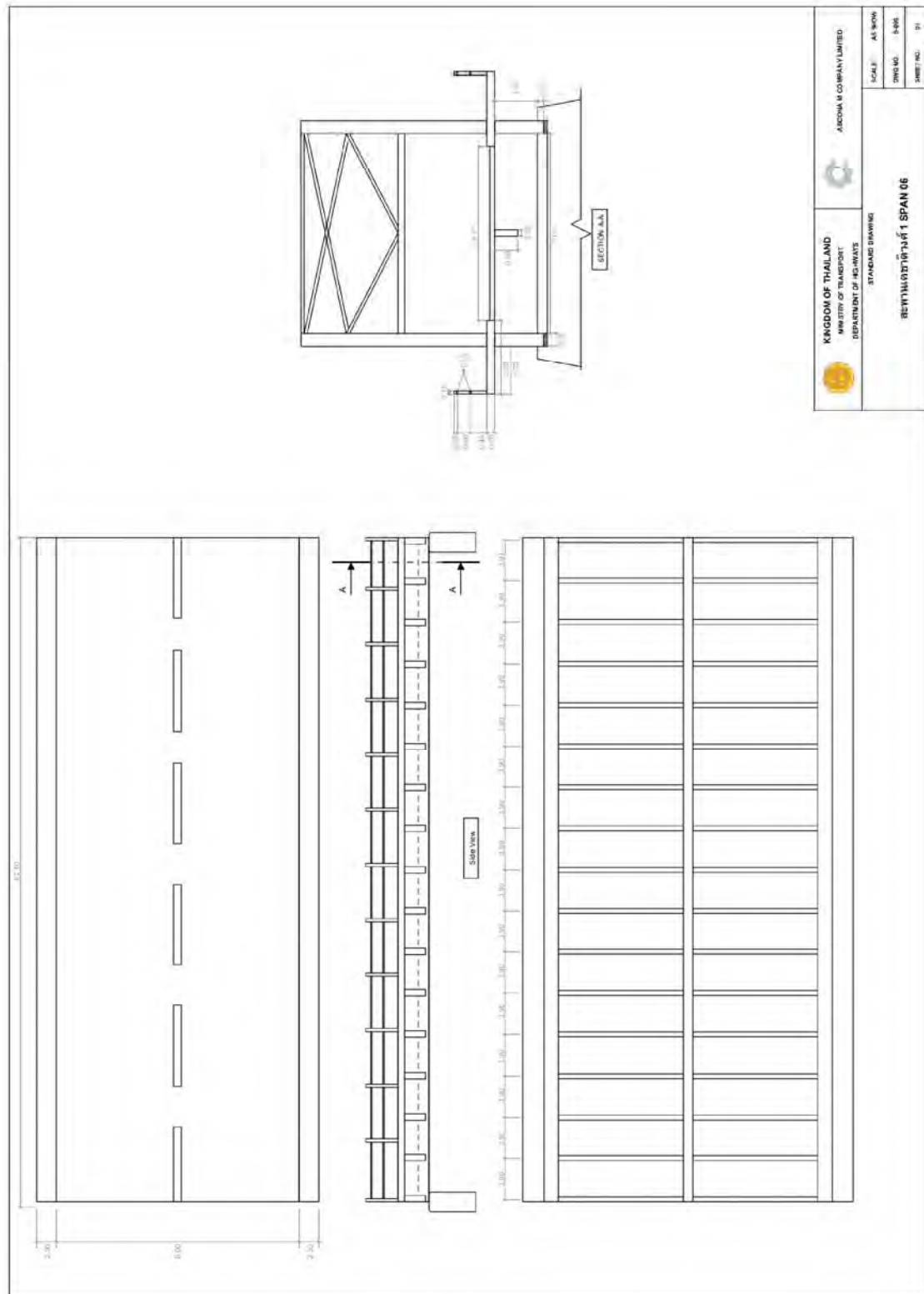


รูปที่ 2-10 ตัวอย่างบางส่วน ช่วงสะพานที่ 2 (S2) บริเวณเชิงลาดสะพาน (แบบขนาด A3 แสดงในภาคผนวก ข)



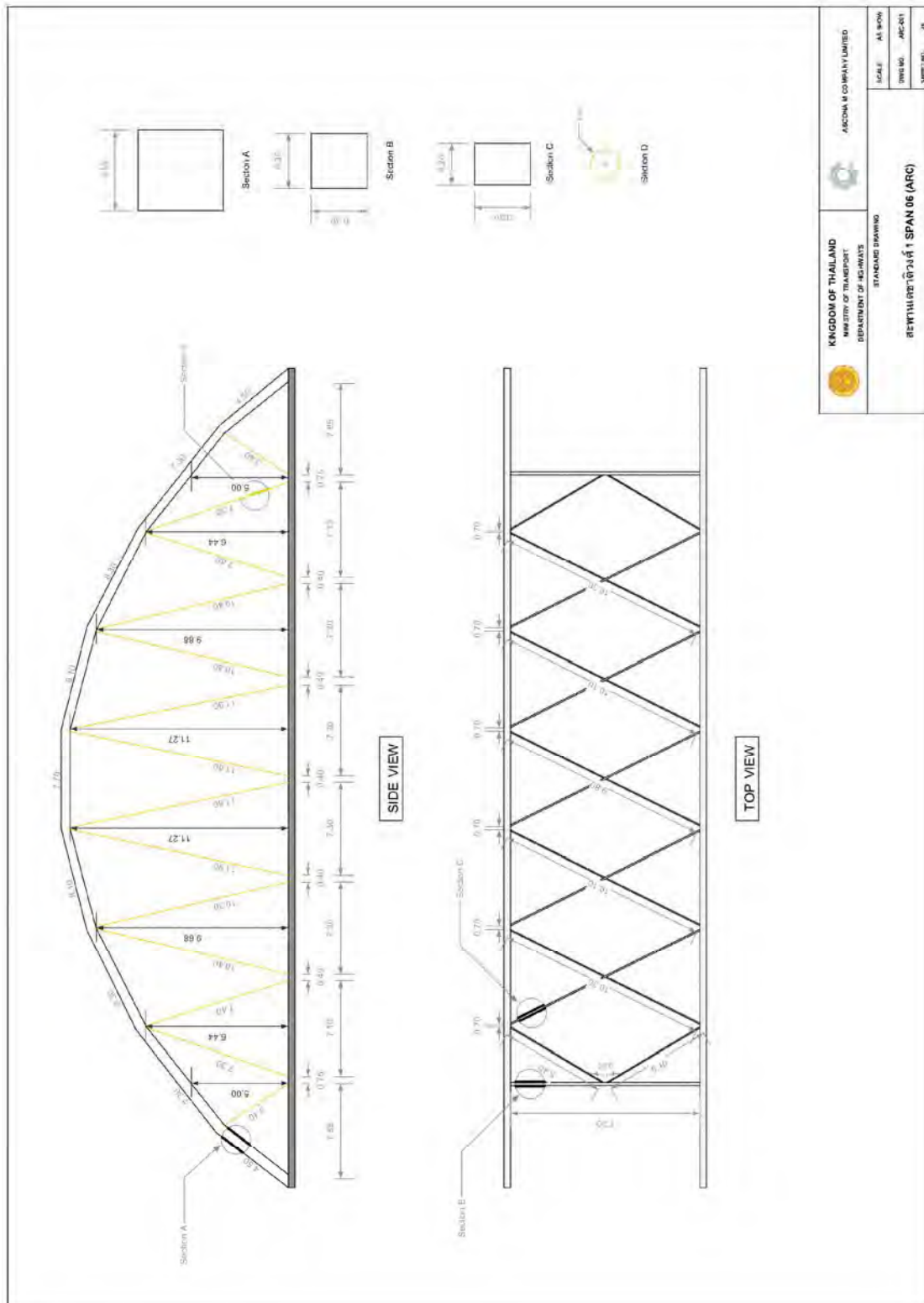


รูปที่ 2-11 ตัวอย่างบางส่วน ช่วงสะพานที่ 5 (S5) บริเวณเชิงลาดสะพาน (แบบขนาด A3 แสดงในภาคผนวก ข)

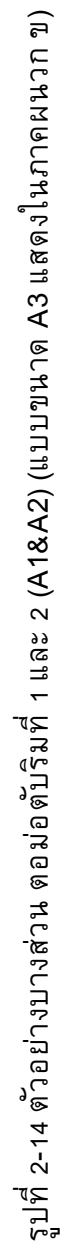


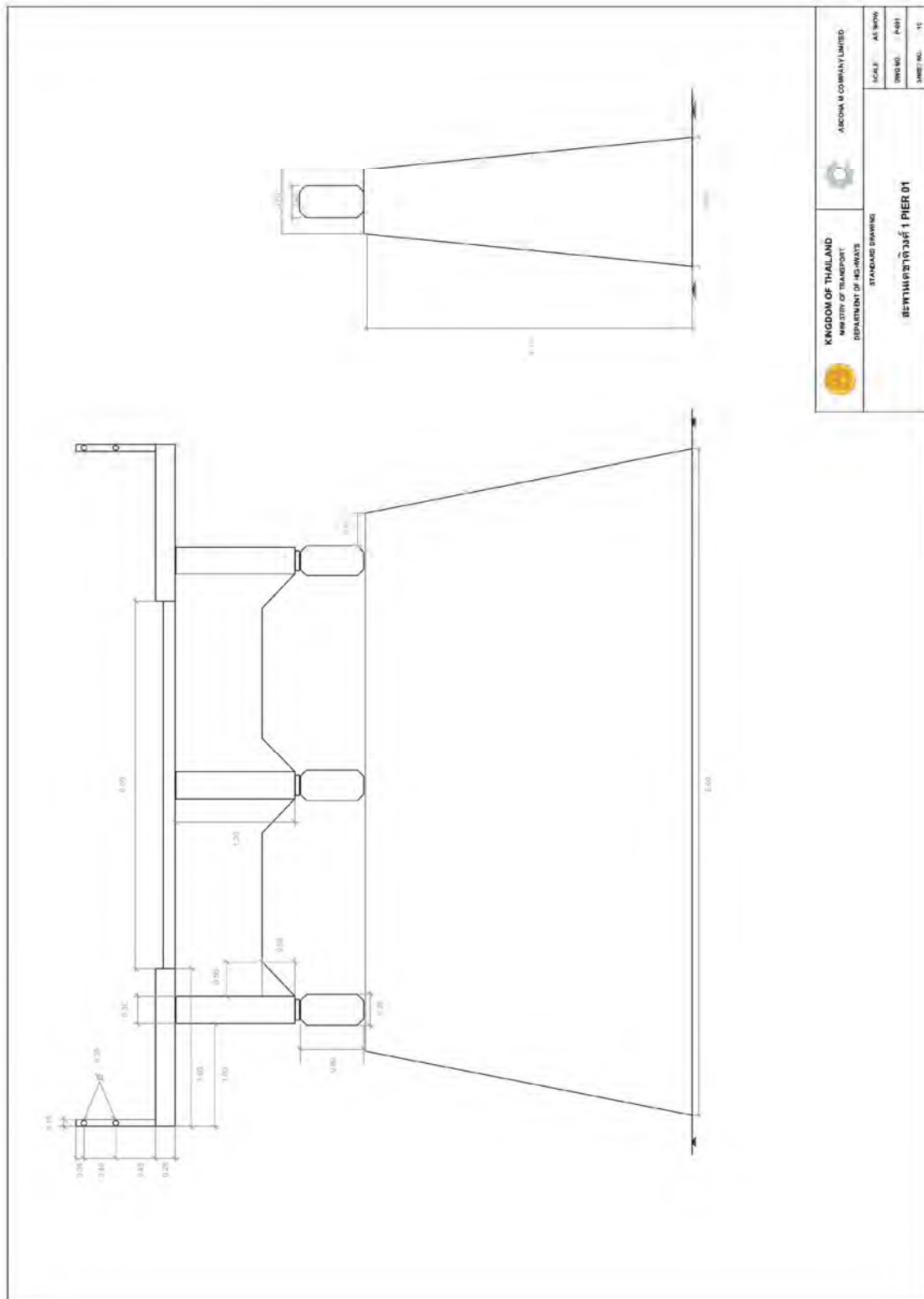
รูปที่ 2-12 ตัวอย่างบางส่วน ช่างสะพานที่ 6 (S6) บริเวณสะพานหลัก (แบบขนาด A3 แสดงในภาคผนวก ข)



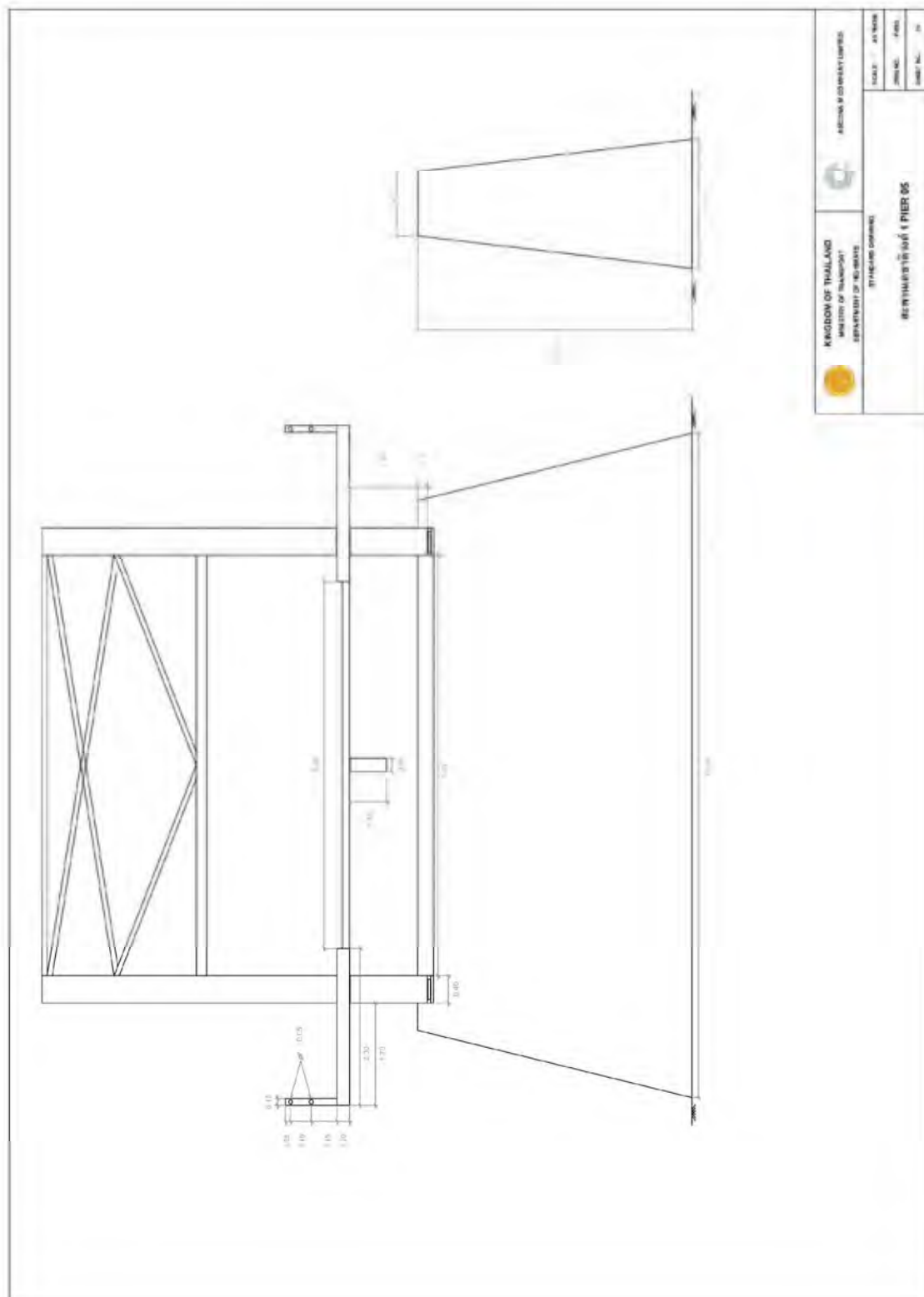


รูปที่ 2-13 ตัวอย่างบางส่วน ช่างสะพานที่ 6 (S6) บริเวณสะพานหลัก (แบบขนาด A3 แสดงในภาคผนวก ข)





รูปที่ 2-15 ตัวอย่างบางส่วน ตอม่อตัวกลางที่ 1 (P1) (แบบขนาด A3 แสดงในภาคผนวก ข)



รูปที่ 2-16 ตัวอย่างบางส่วน ตอม่อตัวกลางที่ 5 (P5) (แบบขนาด A3 แสดงในภาคผนวก ข)



บทที่ 3 การจัดทำรายละเอียดความ เสียหายสะพาน

3.1 การตรวจสอบสะพาน

โครงการนี้ใช้วิธีการตรวจสอบหลัก (Principal Inspection) ตามแนวทางการตรวจสอบของระบบ
บริหารงานบำรุงรักษาสะพาน (BMMS) สำนักก่อสร้างสะพาน เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลความเสียหายที่
เกิดขึ้นกับสะพานเดชาติวงศ์ พร้อมทั้งประเมินระดับสภาพการใช้งานของแต่ละชิ้นส่วนสะพาน โดยภาพ
การดำเนินการตรวจสอบหลักในภาคสนามแสดงดังรูปที่ 3-1



รูปที่ 3-1 การดำเนินการตรวจสอบหลักของสะพานเดชาติวงศ์

ตารางที่ 3-1 สรุปจำนวนตำแหน่งความเสียหายแยกตามประเภทชั้นส่วน จะเห็นว่าชั้นส่วนที่มีจำนวนความเสียหายมากที่สุด คือ ทางเท้า (128 ตำแหน่ง) รองลงมา คือ กำแพงตอม่อ (32 ตำแหน่ง) ชั้นส่วนที่มีสภาพการใช้งาน (Condition Rating, CR) ต่ำที่สุด คือ ทางเท้า (ระดับวิบัติ) นอกจากนี้ยังมีอีก 4 ชั้นส่วน ที่มีสภาพการใช้งานระดับวิกฤติ (CR=1) ได้แก่ พื้นสะพาน ไตอะแฟรม คานตามยาว และอุปกรณ์รองคาน (Bearing) โดยตำแหน่งที่มีสภาพการใช้งานระดับ 5 (ดีมาก) มีจำนวนไม่จำกัดจึงแสดงค่าการประเมิน (N/A)

ตารางที่ 3-1 ตำแหน่งความเสียหายของสะพานเดชาติวงศ์

ชั้นส่วน	ระดับสภาพการใช้งาน (Condition Rating)						ผลรวม
	0	1	2	3	4	5	CR1- CR4
	(วิบัติ)	(วิกฤติ)	(ชำรุด)	(พอใช้)	(ดีพอใช้)	(ดีมาก)	
WS - ผิวทาง						N/A	0
EJ - รอยต่อเพื่อขยาย					11	N/A	11
RL - ราวสะพาน			3	4		N/A	7
SW - ทางเท้า	19			4	105	N/A	128
DN - ระบบระบายน้ำ						N/A	0
DK - พื้นสะพาน		1	14		5	N/A	20
GD - คานตามยาว		1	5		6	N/A	12
DP - ไตอะแฟรม		1	4		5	N/A	10
ST- คานชอย						N/A	0
SR - ลวดขึง			1			N/A	1
AG - คานโค้ง			2		7	N/A	9
HB - ค้ำยันตามแนวนอน					1	N/A	1
AP - เชิงลาด				1		N/A	1
SP - ลาดป้องกันตลิ่ง				1		N/A	1
BR- อุปกรณ์รองคาน		1	9	5	6	N/A	21
PW - กำแพงตอม่อ			7	11	14	N/A	32
รวม	19	4	45	26	160	N/A	254



ตารางที่ 3-2 แสดงสภาพการใช้งานของชิ้นส่วนประเภทต่าง ๆ หากชิ้นส่วนใดมีความเสียหายมากกว่า 1 ตำแหน่ง จะใช้ความเสียหายที่รุนแรงที่สุดเป็นตัวแทนของชิ้นส่วนนั้น ดังนั้นจำนวนชิ้นส่วนที่มีความเสียหายจะน้อยกว่าจำนวนความเสียหายที่ตรวจพบทั้งหมด

ตารางที่ 3-2 จำนวนชิ้นส่วนที่มีความเสียหาย

ชิ้นส่วน	ระดับสภาพการใช้งาน (Condition Rating)						ผลรวม
	0	1	2	3	4	5	
	(วิบัติ)	(วิกฤติ)	(ชำรุด)	(พอใช้)	(ดีพอใช้)	(ดีมาก)	
WS - ผิวทาง	0	0	0	0	0	12	12
EJ - รอยต่อเพื่อขยาย	0	0	0	0	11	2	13
RL - ราวสะพาน	0	0	2	2	0	20	24
SW - ทางเท้า	11	0	0	2	10	1	24
DN - ระบบระบายน้ำ	0	0	0	0	0	24	24
DK - พื้นสะพาน	0	1	7	0	1	3	12
GD - คานตามยาว	0	1	5	0	4	19	29
DP - ไดอะแฟรม	0	1	3	0	2	104	110
ST- คานชอย	0	0	0	0	0	7	7
SR - ลวดขึง	0	0	1	0	0	111	112
AG - คานโค้ง	0	0	1	0	5	2	8
HB - ค้ำยันตามแนวนอน	0	0	0	0	1	63	64
AP - เชิงลาด	0	0	0	1	0	1	2
SP - ลาดป้องกันตลิ่ง	0	0	0	1	0	1	2
BR- อุปกรณ์รองคาน	0	3	9	5	6	17	40
PW - กำแพงตอม่อ	0	1	3	4	0	3	11
รวม	11	7	31	15	40	390	494

ตารางที่ 3-3 ถึง ตารางที่ 3-24 แสดงรายการความเสียหายที่ตรวจพบทั้งหมดในบริเวณต่าง ๆ รวมทั้งสิ้น 254 ตำแหน่ง หากบริเวณใดไม่มีความเสียหาย การนำเสนอจะข้ามบริเวณนั้นไป

ตารางที่ 3-3 รายการความเสียหายจากการตรวจสอบหลักบริเวณช่วงสะพาน S1

ลำดับ	ฐาน	ลักษณะความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ขนาดความเสียหาย	
				ปริมาณ	หน่วย
1	EJ2	รอยแตก/กะเทาะ/หลุมบ่อ	มีรอยแตกขนาดใหญ่ตามแนวรอยต่อ	0.3	ตร.ม.
2	DK1	หลุดล่อน/หลุดเป็นแผ่น (Spalling/Delamination)	เป็นบริเวณเล็กๆและไม่ถึงเหล็กเสริม	0.015	ตร.ม.
3	RL2	รอยแตก/หลุดล่อน	มีรอยแตก หรือ หลุดล่อน เป็นบาง แห่ง แต่ไม่เห็นเหล็กเสริม	0.01	ตร.ม.
4	RL2	รอยแตก/หลุดล่อน	มีรอยแตก หรือ หลุดล่อน เป็นบาง แห่ง แต่ไม่เห็นเหล็กเสริม	0.01	ตร.ม.
5	RL2	รอยแตก/หลุดล่อน	มีรอยแตก หรือ หลุดล่อน เป็นบาง แห่ง แต่ไม่เห็นเหล็กเสริม	0.01	ตร.ม.
6	SW1	สีกร่อนมาก	สีกร่อนมาก ผิวขรุขระ มีรอยแตก บ้าง หรือ มีขอบทางบิ่นเล็กน้อย	0.08	ตร.ม.
7	SW1	สีกร่อนมาก	สีกร่อนมาก ผิวขรุขระ มีรอยแตก บ้าง หรือ มีขอบทางบิ่นเล็กน้อย	0.08	ตร.ม.
8	SW1	สีกร่อนมาก	สีกร่อนมาก ผิวขรุขระ มีรอยแตก บ้าง หรือ มีขอบทางบิ่นเล็กน้อย	0.08	ตร.ม.
9	SW1	สีกร่อนมาก	สีกร่อนมาก ผิวขรุขระ มีรอยแตก บ้าง หรือ มีขอบทางบิ่นเล็กน้อย	0.08	ตร.ม.
10	SW1	สีกร่อนมาก	สีกร่อนมาก ผิวขรุขระ มีรอยแตก บ้าง หรือ มีขอบทางบิ่นเล็กน้อย	0.08	ตร.ม.
11	SW1	สีกร่อนมาก	สีกร่อนมาก ผิวขรุขระ มีรอยแตก บ้าง หรือ มีขอบทางบิ่นเล็กน้อย	0.08	ตร.ม.
12	SW1	สีกร่อนมาก	สีกร่อนมาก ผิวขรุขระ มีรอยแตก บ้าง หรือ มีขอบทางบิ่นเล็กน้อย	0.08	ตร.ม.
13	SW1	สีกร่อนมาก	สีกร่อนมาก ผิวขรุขระ มีรอยแตก บ้าง หรือ มีขอบทางบิ่นเล็กน้อย	0.08	ตร.ม.
14	SW1	สีกร่อนมาก	สีกร่อนมาก ผิวขรุขระ มีรอยแตก บ้าง หรือ มีขอบทางบิ่นเล็กน้อย	0.08	ตร.ม.
15	SW1	สีกร่อนมาก	สีกร่อนมาก ผิวขรุขระ มีรอยแตก บ้าง หรือ มีขอบทางบิ่นเล็กน้อย	0.08	ตร.ม.



ลำดับ	ฐาน	ลักษณะความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ขนาดความเสียหาย	
				ปริมาณ	หน่วย
16	SW1	สีกร่อนมาก	สีกร่อนมาก ผิวขรุขระ มีรอยแตก บ้าง หรือ มีขอบทางบิ่นเล็กน้อย	0.08	ตร.ม.
17	SW1	สีกร่อนมาก	สีกร่อนมาก ผิวขรุขระ มีรอยแตก บ้าง หรือ มีขอบทางบิ่นเล็กน้อย	0.08	ตร.ม.
18	SW1	สีกร่อนมาก	สีกร่อนมาก ผิวขรุขระ มีรอยแตก บ้าง หรือ มีขอบทางบิ่นเล็กน้อย	0.08	ตร.ม.
19	SW1	สีกร่อนมาก	สีกร่อนมาก ผิวขรุขระ มีรอยแตก บ้าง หรือ มีขอบทางบิ่นเล็กน้อย	0.08	ตร.ม.
20	SW1	สีกร่อนมาก	สีกร่อนมาก ผิวขรุขระ มีรอยแตก บ้าง หรือ มีขอบทางบิ่นเล็กน้อย	0.08	ตร.ม.
21	SW1	สีกร่อนมาก	สีกร่อนมาก ผิวขรุขระ มีรอยแตก บ้าง หรือ มีขอบทางบิ่นเล็กน้อย	0.08	ตร.ม.
22	SW1	สีกร่อนมาก	สีกร่อนมาก ผิวขรุขระ มีรอยแตก บ้าง หรือ มีขอบทางบิ่นเล็กน้อย	0.08	ตร.ม.
23	SW1	สีกร่อนมาก	สีกร่อนมาก ผิวขรุขระ มีรอยแตก บ้าง หรือ มีขอบทางบิ่นเล็กน้อย	0.08	ตร.ม.
24	SW1	สีกร่อนมาก	สีกร่อนมาก ผิวขรุขระ มีรอยแตก บ้าง หรือ มีขอบทางบิ่นเล็กน้อย	0.08	ตร.ม.
25	SW1	สีกร่อนมาก	สีกร่อนมาก ผิวขรุขระ มีรอยแตก บ้าง หรือ มีขอบทางบิ่นเล็กน้อย	0.08	ตร.ม.
26	SW1	สีกร่อนมาก	สีกร่อนมาก ผิวขรุขระ มีรอยแตก บ้าง หรือ มีขอบทางบิ่นเล็กน้อย	0.08	ตร.ม.
27	SW1	สีกร่อนมาก	สีกร่อนมาก ผิวขรุขระ มีรอยแตก บ้าง หรือ มีขอบทางบิ่นเล็กน้อย	0.08	ตร.ม.
28	SW1	สีกร่อนมาก	สีกร่อนมาก ผิวขรุขระ มีรอยแตก บ้าง หรือ มีขอบทางบิ่นเล็กน้อย	0.12	ตร.ม.
29	SW1	แตกชำรุด หรือ หลุดล่อน	แตกชำรุด หรือ หลุดล่อนเห็นเหล็ก เสริม เป็นพื้นที่ขนาดเล็ก	1.28	ตร.ม.
30	SW1	สีกร่อนมาก	สีกร่อนมาก ผิวขรุขระ มีรอยแตก บ้าง หรือ มีขอบทางบิ่นเล็กน้อย	4.2	ตร.ม.

ลำดับ	ชิ้นส่วน	ลักษณะความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ขนาดความเสียหาย	
				ปริมาณ	หน่วย
31	SW2	สีกร่อนมาก	สีกร่อนมาก ผิวขรุขระ มีรอยแตก บ้าง หรือ มีขอบทางบิ่นเล็กน้อย	0.08	ตร.ม.
32	SW2	สีกร่อนมาก	สีกร่อนมาก ผิวขรุขระ มีรอยแตก บ้าง หรือ มีขอบทางบิ่นเล็กน้อย	0.08	ตร.ม.
33	SW2	สีกร่อนมาก	สีกร่อนมาก ผิวขรุขระ มีรอยแตก บ้าง หรือ มีขอบทางบิ่นเล็กน้อย	0.08	ตร.ม.
34	SW2	สีกร่อนมาก	สีกร่อนมาก ผิวขรุขระ มีรอยแตก บ้าง หรือ มีขอบทางบิ่นเล็กน้อย	0.08	ตร.ม.
35	SW2	สีกร่อนมาก	สีกร่อนมาก ผิวขรุขระ มีรอยแตก บ้าง หรือ มีขอบทางบิ่นเล็กน้อย	0.08	ตร.ม.
36	SW2	สีกร่อนมาก	สีกร่อนมาก ผิวขรุขระ มีรอยแตก บ้าง หรือ มีขอบทางบิ่นเล็กน้อย	0.08	ตร.ม.
37	SW2	สีกร่อนมาก	สีกร่อนมาก ผิวขรุขระ มีรอยแตก บ้าง หรือ มีขอบทางบิ่นเล็กน้อย	0.08	ตร.ม.
38	SW2	สีกร่อนมาก	สีกร่อนมาก ผิวขรุขระ มีรอยแตก บ้าง หรือ มีขอบทางบิ่นเล็กน้อย	0.08	ตร.ม.
39	SW2	สีกร่อนมาก	สีกร่อนมาก ผิวขรุขระ มีรอยแตก บ้าง หรือ มีขอบทางบิ่นเล็กน้อย	0.08	ตร.ม.
40	SW2	สีกร่อนมาก	สีกร่อนมาก ผิวขรุขระ มีรอยแตก บ้าง หรือ มีขอบทางบิ่นเล็กน้อย	0.08	ตร.ม.
41	SW2	สีกร่อนมาก	สีกร่อนมาก ผิวขรุขระ มีรอยแตก บ้าง หรือ มีขอบทางบิ่นเล็กน้อย	0.08	ตร.ม.
42	SW2	สีกร่อนมาก	สีกร่อนมาก ผิวขรุขระ มีรอยแตก บ้าง หรือ มีขอบทางบิ่นเล็กน้อย	0.08	ตร.ม.
43	SW2	สีกร่อนมาก	สีกร่อนมาก ผิวขรุขระ มีรอยแตก บ้าง หรือ มีขอบทางบิ่นเล็กน้อย	0.08	ตร.ม.
44	SW2	สีกร่อนมาก	สีกร่อนมาก ผิวขรุขระ มีรอยแตก บ้าง หรือ มีขอบทางบิ่นเล็กน้อย	0.08	ตร.ม.
45	SW2	สีกร่อนมาก	สีกร่อนมาก ผิวขรุขระ มีรอยแตก บ้าง หรือ มีขอบทางบิ่นเล็กน้อย	0.08	ตร.ม.



ลำดับ	ฐาน	ลักษณะความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ขนาดความเสียหาย	
				ปริมาณ	หน่วย
46	SW2	สีกร่อนมาก	สีกร่อนมาก ผิวขรุขระ มีรอยแตก บ้าง หรือ มีขอบทางบิ่นเล็กน้อย	0.08	ตร.ม.
47	SW2	สีกร่อนมาก	สีกร่อนมาก ผิวขรุขระ มีรอยแตก บ้าง หรือ มีขอบทางบิ่นเล็กน้อย	0.08	ตร.ม.
48	SW2	สีกร่อนมาก	สีกร่อนมาก ผิวขรุขระ มีรอยแตก บ้าง หรือ มีขอบทางบิ่นเล็กน้อย	0.08	ตร.ม.
49	SW2	สีกร่อนมาก	สีกร่อนมาก ผิวขรุขระ มีรอยแตก บ้าง หรือ มีขอบทางบิ่นเล็กน้อย	0.08	ตร.ม.
50	SW2	สีกร่อนมาก	สีกร่อนมาก ผิวขรุขระ มีรอยแตก บ้าง หรือ มีขอบทางบิ่นเล็กน้อย	0.08	ตร.ม.
51	SW2	สีกร่อนมาก	สีกร่อนมาก ผิวขรุขระ มีรอยแตก บ้าง หรือ มีขอบทางบิ่นเล็กน้อย	0.08	ตร.ม.
52	SW2	สีกร่อนมาก	สีกร่อนมาก ผิวขรุขระ มีรอยแตก บ้าง หรือ มีขอบทางบิ่นเล็กน้อย	0.08	ตร.ม.
53	SW2	แตกชำรุด หรือ หลุดล่อน	แตกชำรุด หรือ หลุดล่อนเห็นเหล็ก เสริม เป็นพื้นที่ขนาดเล็ก	3.2	ตร.ม.
54	SW2	สีกร่อนมาก	สีกร่อนมาก ผิวขรุขระ มีรอยแตก บ้าง หรือ มีขอบทางบิ่นเล็กน้อย	9.6	ตร.ม.

ตารางที่ 3-4 รายการความเสียหายจากการตรวจสอบหลักบริเวณช่วงสะพาน S2

ลำดับ	ฐาน	ลักษณะความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ขนาดความเสียหาย	
				ปริมาณ	หน่วย
1	EJ1	รอยแตก/กะเทาะ/หลุมบ่อ	มีรอยแตกขนาดใหญ่ตามแนวยาวต่อเนื่อง	0.3	ตร.ม.
2	DK1	หลุดล่อน/หลุดเป็นแผ่น (Spalling/Delamination)	เป็นบริเวณเล็กๆและไม่ถึงเหล็กเสริม	1.4	ตร.ม.
3	DK1	หลุดล่อน/หลุดเป็นแผ่น (Spalling/Delamination)	เป็นบริเวณเล็กๆ เห็นเหล็กเสริมเล็กน้อย	1.52	ตร.ม.
4	DK1	หลุดล่อน/หลุดเป็นแผ่น (Spalling/Delamination)	เป็นบริเวณเล็กๆ เห็นเหล็กเสริมเล็กน้อย	0.12	ตร.ม.
5	DP1	หลุดล่อน/หลุดเป็นแผ่น (Spalling/Delamination)	เป็นบริเวณเล็กๆและไม่ถึงเหล็กเสริม	0.04	ตร.ม.
6	DP1	หลุดล่อน/หลุดเป็นแผ่น (Spalling/Delamination)	เป็นบริเวณเล็กๆ เห็นเหล็กเสริมเล็กน้อย	0.1	ตร.ม.
7	GD1	หลุดล่อน/หลุดเป็นแผ่น (Spalling/Delamination)	เป็นบริเวณเล็กๆ เห็นเหล็กเสริมเล็กน้อย	0.04	ตร.ม.
8	GD3	หลุดล่อน/หลุดเป็นแผ่น (Spalling/Delamination)	เป็นบริเวณเล็กๆ เห็นเหล็กเสริมเล็กน้อย	0.08	ตร.ม.
9	SW2	สีกร่อนมาก	สีกร่อนมาก ผิวขรุขระ มีรอยแตกบ้าง หรือ มีขอบทางบิ่นเล็กน้อย	0.08	ตร.ม.
10	SW2	สีกร่อนมาก	สีกร่อนมาก ผิวขรุขระ มีรอยแตกบ้าง หรือ มีขอบทางบิ่นเล็กน้อย	0.08	ตร.ม.
11	SW2	สีกร่อนมาก	สีกร่อนมาก ผิวขรุขระ มีรอยแตกบ้าง หรือ มีขอบทางบิ่นเล็กน้อย	0.08	ตร.ม.
12	SW2	สีกร่อนมาก	สีกร่อนมาก ผิวขรุขระ มีรอยแตกบ้าง หรือ มีขอบทางบิ่นเล็กน้อย	0.08	ตร.ม.
13	SW2	สีกร่อนมาก	สีกร่อนมาก ผิวขรุขระ มีรอยแตกบ้าง หรือ มีขอบทางบิ่นเล็กน้อย	0.08	ตร.ม.
14	SW2	สีกร่อนมาก	สีกร่อนมาก ผิวขรุขระ มีรอยแตกบ้าง หรือ มีขอบทางบิ่นเล็กน้อย	0.08	ตร.ม.
15	SW2	สีกร่อนมาก	สีกร่อนมาก ผิวขรุขระ มีรอยแตกบ้าง หรือ มีขอบทางบิ่นเล็กน้อย	0.08	ตร.ม.



ลำดับ	ฐาน	ลักษณะความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ขนาดความเสียหาย	
				ปริมาณ	หน่วย
16	SW2	สีกร่อนมาก	สีกร่อนมาก ผิวขรุขระ มีรอยแตก บ้าง หรือ มีขอบทางบิ่นเล็กน้อย	0.08	ตร.ม.
17	SW2	สีกร่อนมาก	สีกร่อนมาก ผิวขรุขระ มีรอยแตก บ้าง หรือ มีขอบทางบิ่นเล็กน้อย	0.08	ตร.ม.
18	SW2	สีกร่อนมาก	สีกร่อนมาก ผิวขรุขระ มีรอยแตก บ้าง หรือ มีขอบทางบิ่นเล็กน้อย	0.08	ตร.ม.
19	SW2	สีกร่อนมาก	สีกร่อนมาก ผิวขรุขระ มีรอยแตก บ้าง หรือ มีขอบทางบิ่นเล็กน้อย	0.08	ตร.ม.
20	SW2	สีกร่อนมาก	สีกร่อนมาก ผิวขรุขระ มีรอยแตก บ้าง หรือ มีขอบทางบิ่นเล็กน้อย	0.08	ตร.ม.
21	SW2	สีกร่อนมาก	สีกร่อนมาก ผิวขรุขระ มีรอยแตก บ้าง หรือ มีขอบทางบิ่นเล็กน้อย	0.08	ตร.ม.
22	SW2	สีกร่อนมาก	สีกร่อนมาก ผิวขรุขระ มีรอยแตก บ้าง หรือ มีขอบทางบิ่นเล็กน้อย	0.08	ตร.ม.
23	SW2	สีกร่อนมาก	สีกร่อนมาก ผิวขรุขระ มีรอยแตก บ้าง หรือ มีขอบทางบิ่นเล็กน้อย	0.08	ตร.ม.
24	SW2	สีกร่อนมาก	สีกร่อนมาก ผิวขรุขระ มีรอยแตก บ้าง หรือ มีขอบทางบิ่นเล็กน้อย	0.08	ตร.ม.
25	SW2	สีกร่อนมาก	สีกร่อนมาก ผิวขรุขระ มีรอยแตก บ้าง หรือ มีขอบทางบิ่นเล็กน้อย	0.08	ตร.ม.
26	SW2	สีกร่อนมาก	สีกร่อนมาก ผิวขรุขระ มีรอยแตก บ้าง หรือ มีขอบทางบิ่นเล็กน้อย	0.08	ตร.ม.
27	SW2	สีกร่อนมาก	สีกร่อนมาก ผิวขรุขระ มีรอยแตก บ้าง หรือ มีขอบทางบิ่นเล็กน้อย	4.8	ตร.ม.

ตารางที่ 3-5 รายการความเสียหายจากการตรวจสอบหลักบริเวณช่วงสะพาน S3

ลำดับ	ชิ้นส่วน	ลักษณะความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ขนาดความเสียหาย	
				ปริมาณ	หน่วย
1	SW1	แตกชำรุดมากหรือลึก	วิบัติ: แตกชำรุดมากหรือลึก เป็นอันตรายต่อผู้ใช้ทางเท้า หรือ โครงสร้างสะพาน	2.1	ตร.ม.
2	SW2	แตกชำรุดมากหรือลึก	วิบัติ: แตกชำรุดมากหรือลึก เป็นอันตรายต่อผู้ใช้ทางเท้า หรือ โครงสร้างสะพาน	0.12	ตร.ม.
3	DK1	หลุดล่อน/หลุดเป็นแผ่น (Spalling/Delamination)	เป็นบริเวณเล็กๆ เห็นเหล็กเสริมเล็กน้อย	0.015	ตร.ม.
4	GD1	หลุดล่อน/หลุดเป็นแผ่น (Spalling/Delamination)	เป็นบริเวณเล็กๆ เห็นเหล็กเสริมเล็กน้อย	0.4	ตร.ม.
5	EJ1	รอยแตก/กะเทาะ/หลุมบ่อ	มีรอยแตกขนาดใหญ่ตามแนวรอยต่อ	0.3	ตร.ม.
6	GD2	หลุดล่อน/หลุดเป็นแผ่น (Spalling/Delamination)	เป็นบริเวณเล็กๆ และไม่ถึงเหล็กเสริม	0.4	ตร.ม.
7	GD3	หลุดล่อน/หลุดเป็นแผ่น (Spalling/Delamination)	เป็นบริเวณเล็กๆ และไม่ถึงเหล็กเสริม	0.4	ตร.ม.
8	SW2	สึกกร่อนมาก	สึกกร่อนมาก ผิวขรุขระ มีรอยแตก บ้าง หรือ มีขอบทางบ้นเล็กน้อย	0.12	ตร.ม.



ตารางที่ 3-6 รายการความเสียหายจากการตรวจสอบหลักบริเวณช่วงสะพาน S4

ลำดับ	ฐาน	ลักษณะความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ขนาดความเสียหาย	
				ปริมาณ	หน่วย
1	EJ1	รอยแตก/กะเทาะ/หลุมบ่อ	มีรอยแตกขนาดใหญ่ตามแนวยาวต่อเนื่อง	0.6	ตร.ม.
2	DK1	หลุดล่อน/หลุดเป็นแผ่น (Spalling/Delamination)	เป็นบริเวณเล็กๆ เห็นเหล็กเสริมเล็กน้อย	0.04	ตร.ม.
3	DK1	หลุดล่อน/หลุดเป็นแผ่น (Spalling/Delamination)	เป็นบริเวณเล็กๆ เห็นเหล็กเสริมเล็กน้อย	1.4	ตร.ม.
4	DK1	หลุดล่อน/หลุดเป็นแผ่น (Spalling/Delamination)	เป็นบริเวณเล็กๆ เห็นเหล็กเสริมเล็กน้อย	1.44	ตร.ม.
5	DP1	หลุดล่อน/หลุดเป็นแผ่น (Spalling/Delamination)	เป็นบริเวณเล็กๆ เห็นเหล็กเสริมเล็กน้อย	0.12	ตร.ม.
6	DP1	หลุดล่อน/หลุดเป็นแผ่น (Spalling/Delamination)	เป็นบริเวณเล็กๆ หลายจุดใกล้กัน หรือต่อเนื่องเป็นบริเวณกว้าง และเห็นเหล็กเสริม 1	0.36	ตร.ม.
7	GD1	คราบเกลือ (Efflorescence)	มีคราบหนา เป็นบริเวณเล็กๆ หลายจุด หรือเกิดต่อเนื่องกันเป็นบริเวณกว้าง	0.15	ตร.ม.
8	GD1	หลุดล่อน/หลุดเป็นแผ่น (Spalling/Delamination)	เป็นบริเวณเล็กๆ หลายจุดใกล้กัน หรือต่อเนื่องเป็นบริเวณกว้าง และเห็นเหล็กเสริม 1	0.3	ตร.ม.
9	SW1	แตกชำรุดมากหรือลึกลง	วิบัติ: แตกชำรุดมากหรือลึกลง เป็นอันตรายต่อผู้ใช้ทางเท้า หรือโครงสร้างสะพาน	0.66	ตร.ม.
10	SW2	สีกร่อนมาก	สีกร่อนมาก ผิวขรุขระ มีรอยแตกบ้าง หรือ มีขอบทางบ้นเล็กน้อย	0.08	ตร.ม.
11	SW2	สีกร่อนมาก	สีกร่อนมาก ผิวขรุขระ มีรอยแตกบ้าง หรือ มีขอบทางบ้นเล็กน้อย	0.08	ตร.ม.
12	SW2	สีกร่อนมาก	สีกร่อนมาก ผิวขรุขระ มีรอยแตกบ้าง หรือ มีขอบทางบ้นเล็กน้อย	0.08	ตร.ม.
13	SW2	สีกร่อนมาก	สีกร่อนมาก ผิวขรุขระ มีรอยแตกบ้าง หรือ มีขอบทางบ้นเล็กน้อย	0.08	ตร.ม.

ลำดับ	ชิ้นส่วน	ลักษณะความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ขนาดความเสียหาย	
				ปริมาณ	หน่วย
14	SW2	สีกร่อนมาก	สีกร่อนมาก ผิวขรุขระ มีรอยแตก บ้าง หรือ มีขอบทางบิ่นเล็กน้อย	0.08	ตร.ม.
15	SW2	สีกร่อนมาก	สีกร่อนมาก ผิวขรุขระ มีรอยแตก บ้าง หรือ มีขอบทางบิ่นเล็กน้อย	0.08	ตร.ม.
16	SW2	สีกร่อนมาก	สีกร่อนมาก ผิวขรุขระ มีรอยแตก บ้าง หรือ มีขอบทางบิ่นเล็กน้อย	0.08	ตร.ม.
17	SW2	สีกร่อนมาก	สีกร่อนมาก ผิวขรุขระ มีรอยแตก บ้าง หรือ มีขอบทางบิ่นเล็กน้อย	0.08	ตร.ม.
18	SW2	สีกร่อนมาก	สีกร่อนมาก ผิวขรุขระ มีรอยแตก บ้าง หรือ มีขอบทางบิ่นเล็กน้อย	0.08	ตร.ม.
19	SW2	สีกร่อนมาก	สีกร่อนมาก ผิวขรุขระ มีรอยแตก บ้าง หรือ มีขอบทางบิ่นเล็กน้อย	0.08	ตร.ม.
20	SW2	สีกร่อนมาก	สีกร่อนมาก ผิวขรุขระ มีรอยแตก บ้าง หรือ มีขอบทางบิ่นเล็กน้อย	0.08	ตร.ม.
21	SW2	สีกร่อนมาก	สีกร่อนมาก ผิวขรุขระ มีรอยแตก บ้าง หรือ มีขอบทางบิ่นเล็กน้อย	0.08	ตร.ม.
22	SW2	สีกร่อนมาก	สีกร่อนมาก ผิวขรุขระ มีรอยแตก บ้าง หรือ มีขอบทางบิ่นเล็กน้อย	0.08	ตร.ม.
23	SW2	สีกร่อนมาก	สีกร่อนมาก ผิวขรุขระ มีรอยแตก บ้าง หรือ มีขอบทางบิ่นเล็กน้อย	0.08	ตร.ม.
24	SW2	สีกร่อนมาก	สีกร่อนมาก ผิวขรุขระ มีรอยแตก บ้าง หรือ มีขอบทางบิ่นเล็กน้อย	0.08	ตร.ม.
25	SW2	สีกร่อนมาก	สีกร่อนมาก ผิวขรุขระ มีรอยแตก บ้าง หรือ มีขอบทางบิ่นเล็กน้อย	0.08	ตร.ม.
26	SW2	สีกร่อนมาก	สีกร่อนมาก ผิวขรุขระ มีรอยแตก บ้าง หรือ มีขอบทางบิ่นเล็กน้อย	0.08	ตร.ม.
27	SW2	สีกร่อนมาก	สีกร่อนมาก ผิวขรุขระ มีรอยแตก บ้าง หรือ มีขอบทางบิ่นเล็กน้อย	0.08	ตร.ม.
28	SW2	สีกร่อนมาก	สีกร่อนมาก ผิวขรุขระ มีรอยแตก บ้าง หรือ มีขอบทางบิ่นเล็กน้อย	4	ตร.ม.



ตารางที่ 3-7 รายการความเสียหายจากการตรวจสอบหลักบริเวณช่วงสะพาน S5

ลำดับ	ฐาน	ลักษณะความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ขนาดความเสียหาย	
				ปริมาณ	หน่วย
1	EJ1	รอยแตก/กะเทาะ/หลุมบ่อ	มีรอยแตกขนาดใหญ่ตามแนวยาวต่อเนื่อง	0.6	ตร.ม.
2	DK1	หลุดล่อน/หลุดเป็นแผ่น (Spalling/Delamination)	เป็นบริเวณเล็กๆ เห็นเหล็กเสริมเล็กน้อย	0.36	ตร.ม.
3	DK1	หลุดล่อน/หลุดเป็นแผ่น (Spalling/Delamination)	เป็นบริเวณเล็กๆ เห็นเหล็กเสริมเล็กน้อย	0.0225	ตร.ม.
4	SW1	แตกชำรุดมากหรือลึกลง	วิบัติ: แตกชำรุดมากหรือลึกลง เป็นอันตรายต่อผู้ใช้ทางเท้า หรือโครงสร้างสะพาน	1.14	ตร.ม.
5	SW2	แตกชำรุดมากหรือลึกลง	วิบัติ: แตกชำรุดมากหรือลึกลง เป็นอันตรายต่อผู้ใช้ทางเท้า หรือโครงสร้างสะพาน	0.09	ตร.ม.
6	SW2	สึกกร่อนมาก	สึกกร่อนมาก ผิวขรุขระ มีรอยแตก บ้าง หรือ มีขอบทางบิ่นเล็กน้อย	9.6	ตร.ม.

ตารางที่ 3-8 รายการความเสียหายจากการตรวจสอบหลักบริเวณช่วงสะพาน S6

ลำดับ	ฐาน	ลักษณะความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ขนาดความเสียหาย	
				ปริมาณ	หน่วย
1	EJ1	รอยแตก/กะเทาะ/หลุมบ่อ	มีรอยแตกขนาดใหญ่ตามแนวยาวต่อเนื่อง	0.6	ตร.ม.
2	DK1	หลุดล่อน/หลุดเป็นแผ่น (Spalling/Delamination)	เป็นบริเวณเล็กๆ เห็นเหล็กเสริมเล็กน้อย	0.06	ตร.ม.
3	DK1	หลุดล่อน/หลุดเป็นแผ่น (Spalling/Delamination)	เป็นบริเวณเล็กๆ และไม่ถึงเหล็กเสริม	3	ตร.ม.
4	DK1	มีรอยร้าวซึม	มีรอยร้าวซึมเล็กๆ สังเกตได้จากคราบน้ำ/คราบเกลือ ใต้ชั้นส่วนนั้นๆ	1	ตร.ม.
5	SW1	แตกชำรุดมากหรือลึก	วิบัติ: แตกชำรุดมากหรือลึก เป็นอันตรายต่อผู้ใช้ทางเท้า หรือโครงสร้างสะพาน	0.12	ตร.ม.
6	SW1	แตกชำรุดมากหรือลึก	วิบัติ: แตกชำรุดมากหรือลึก เป็นอันตรายต่อผู้ใช้ทางเท้า หรือโครงสร้างสะพาน	0.12	ตร.ม.
7	SW1	แตกชำรุดมากหรือลึก	วิบัติ: แตกชำรุดมากหรือลึก เป็นอันตรายต่อผู้ใช้ทางเท้า หรือโครงสร้างสะพาน	0.6	ตร.ม.
8	SW1	แตกชำรุดมากหรือลึก	วิบัติ: แตกชำรุดมากหรือลึก เป็นอันตรายต่อผู้ใช้ทางเท้า หรือโครงสร้างสะพาน	1.14	ตร.ม.
9	SW1	สีกร่อนมาก	สีกร่อนมาก ผิวขรุขระ มีรอยแตกบ้าง หรือ มีขอบทางบิ่นเล็กน้อย	80.6	ตร.ม.
10	SW1	สีกร่อนมาก	สีกร่อนมาก ผิวขรุขระ มีรอยแตกบ้าง หรือ มีขอบทางบิ่นเล็กน้อย	142.6	ตร.ม.
11	SW2	แตกชำรุดมากหรือลึก	วิบัติ: แตกชำรุดมากหรือลึก เป็นอันตรายต่อผู้ใช้ทางเท้า หรือโครงสร้างสะพาน	1.05	ตร.ม.
12	SW2	แตกชำรุดมากหรือลึก	วิบัติ: แตกชำรุดมากหรือลึก เป็นอันตรายต่อผู้ใช้ทางเท้า หรือโครงสร้างสะพาน	0.84	ตร.ม.



ลำดับ	ชิ้นส่วน	ลักษณะความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ขนาดความเสียหาย	
				ปริมาณ	หน่วย
13	SW2	แตกชำรุดมากหรือลึก	วิบัติ: แตกชำรุดมากหรือลึก เป็นอันตรายต่อผู้ใช้ทางเท้า หรือ โครงสร้างสะพาน	1.2	ตร.ม.
14	SW2	สีกร่อนมาก	สีกร่อนมาก ผิวขรุขระ มีรอยแตก บ้าง หรือ มีขอบทางบิ่นเล็กน้อย	142.6	ตร.ม.
15	AG1	รอยแตก/หลุดล่อน	-	0.5	ตร.ม.
16	AG2	รอยแตก/หลุดล่อน	-	3	ตร.ม.
17	SL2	ปลอกหุ้มฉีกขาด	-	0.05	ตร.ม.
18	AG2	รอยแตก/หลุดล่อน	-	0.06	ตร.ม.

ตารางที่ 3-9 รายการความเสียหายจากการตรวจสอบหลักบริเวณช่วงสะพาน S7

ลำดับ	ฐาน	ลักษณะความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ขนาดความเสียหาย	
				ปริมาณ	หน่วย
1	EJ1	รอยแตก/กะเทาะ/หลุมบ่อ	มีรอยแตกขนาดใหญ่ตามแนวยาวต่อเนื่อง	0.6	ตร.ม.
2	SW1	แตกชำรุดมากหรือลึก	วิบัติ: แตกชำรุดมากหรือลึก เป็นอันตรายต่อผู้ใช้ทางเท้า หรือ โครงสร้างสะพาน	0.54	ตร.ม.
3	SW1	แตกชำรุดมากหรือลึก	วิบัติ: แตกชำรุดมากหรือลึก เป็นอันตรายต่อผู้ใช้ทางเท้า หรือ โครงสร้างสะพาน	0.6	ตร.ม.
4	SW1	แตกชำรุดมากหรือลึก	วิบัติ: แตกชำรุดมากหรือลึก เป็นอันตรายต่อผู้ใช้ทางเท้า หรือ โครงสร้างสะพาน	3.6	ตร.ม.
5	SW1	สีกร่อนมาก	สีกร่อนมาก ผิวขรุขระ มีรอยแตก บ้าง หรือ มีขอบทางบิ่นเล็กน้อย	81.9	ตร.ม.
6	SW1	สีกร่อนมาก	สีกร่อนมาก ผิวขรุขระ มีรอยแตก บ้าง หรือ มีขอบทางบิ่นเล็กน้อย	146.05	ตร.ม.
7	SW2	แตกชำรุดมากหรือลึก	วิบัติ: แตกชำรุดมากหรือลึก เป็นอันตรายต่อผู้ใช้ทางเท้า หรือ โครงสร้างสะพาน	0.6	ตร.ม.
8	SW2	แตกชำรุดมากหรือลึก	วิบัติ: แตกชำรุดมากหรือลึก เป็นอันตรายต่อผู้ใช้ทางเท้า หรือ โครงสร้างสะพาน	0.6	ตร.ม.
9	SW2	สีกร่อนมาก	สีกร่อนมาก ผิวขรุขระ มีรอยแตก บ้าง หรือ มีขอบทางบิ่นเล็กน้อย	81.9	ตร.ม.
10	SW2	สีกร่อนมาก	สีกร่อนมาก ผิวขรุขระ มีรอยแตก บ้าง หรือ มีขอบทางบิ่นเล็กน้อย	146.05	ตร.ม.
11	HB1	สีกร่อนมาก/ผิวขรุขระ	มีรอยแตกบ้างเล็กน้อย	4.5	ตร.ม.
12	AG1	รอยแตก/หลุดล่อน	-	0.06	ตร.ม.
13	AG2	รอยแตก/หลุดล่อน	-	2	ตร.ม.
14	AG2	รอยแตก/หลุดล่อน	-	0.5	ตร.ม.



ตารางที่ 3-10 รายการความเสียหายจากการตรวจสอบหลักบริเวณช่วงสะพาน S8

ลำดับ	ชิ้นส่วน	ลักษณะความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ขนาดความเสียหาย	
				ปริมาณ	หน่วย
1	EJ1	รอยแตก/กะเทาะ/หลุมบ่อ	มีรอยแตกขนาดใหญ่ตามแนวรอยต่อ	0.6	ตร.ม.
2	DP16	หลุดล่อน/หลุดเป็นแผ่น (Spalling/Delamination)	เป็นบริเวณเล็กๆ เห็นเหล็กเสริมเล็กน้อย	0.3	ตร.ม.
3	GD1	รอยแตกระดับผิวตามแนวแกน	ขนาดเล็ก	0.12	ตร.ม.
4	GD1	รอยแตกระดับผิวตามแนวแกน	ขนาดเล็ก	0.12	ตร.ม.
5	SW1	แตกชำรุดมากหรือลิก	วิบัติ: แตกชำรุดมากหรือลิก เป็นอันตรายต่อผู้ใช้ทางเท้า หรือโครงสร้างสะพาน	0.12	ตร.ม.
6	SW1	แตกชำรุด หรือ หลุดล่อน	แตกชำรุด หรือ หลุดล่อนเห็นเหล็กเสริม เป็นพื้นที่ขนาดเล็ก	81.9	ตร.ม.
7	SW1	ลิกกร่อนมาก	ลิกกร่อนมาก ผิวขรุขระ มีรอยแตกบ้าง หรือ มีขอบทางบิ่นเล็กน้อย	144.9	ตร.ม.
8	SW2	แตกชำรุดมากหรือลิก	วิบัติ: แตกชำรุดมากหรือลิก เป็นอันตรายต่อผู้ใช้ทางเท้า หรือโครงสร้างสะพาน	0.12	ตร.ม.
9	SW2	แตกชำรุด หรือ หลุดล่อน	แตกชำรุด หรือ หลุดล่อนเห็นเหล็กเสริม เป็นพื้นที่ขนาดเล็ก	0.045	ตร.ม.
10	SW2	ลิกกร่อนมาก	ลิกกร่อนมาก ผิวขรุขระ มีรอยแตกบ้าง หรือ มีขอบทางบิ่นเล็กน้อย	144.9	ตร.ม.
11	AG2	รอยแตก/หลุดล่อน	-	0.15	ตร.ม.

ตารางที่ 3-11 รายการความเสียหายจากการตรวจสอบหลักบริเวณช่วงสะพาน S9

ลำดับ	ฐาน	ลักษณะความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ขนาดความเสียหาย	
				ปริมาณ	หน่วย
1	EJ1	รอยแตก/กะเทาะ/หลุมบ่อ	มีรอยแตกขนาดใหญ่ตามแนวยาวต่อเนื่อง	1.8	ตร.ม.
2	DK1	หลุดล่อน/หลุดเป็นแผ่น (Spalling/Delamination)	เป็นบริเวณเล็กๆ เห็นเหล็กเสริมเล็กน้อย	0.06	ตร.ม.
3	DK1	หลุดล่อน/หลุดเป็นแผ่น (Spalling/Delamination)	เป็นบริเวณเล็กๆ เห็นเหล็กเสริมเล็กน้อย	0.06	ตร.ม.
4	DK1	หลุดล่อน/หลุดเป็นแผ่น (Spalling/Delamination)	เป็นบริเวณเล็กๆ เห็นเหล็กเสริมเล็กน้อย	0.06	ตร.ม.
5	DP1	หลุดล่อน/หลุดเป็นแผ่น (Spalling/Delamination)	เป็นบริเวณเล็กๆ และไม่ถึงเหล็กเสริม	0.4	ตร.ม.
6	SW1	สีกร่อนมาก	สีกร่อนมาก ผิวขรุขระ มีรอยแตกบ้าง หรือ มีขอบทางบิ่นเล็กน้อย	144.9	ตร.ม.
7	SW2	สีกร่อนมาก	สีกร่อนมาก ผิวขรุขระ มีรอยแตกบ้าง หรือ มีขอบทางบิ่นเล็กน้อย	144.9	ตร.ม.
8	AG2	แตกชำรุด	หลุดล่อนเห็นเหล็กเสริมเป็นพื้นที่ขนาดกลาง	0.06	ตร.ม.
9	AG2	แตกชำรุด	หลุดล่อนเห็นเหล็กเสริมเป็นพื้นที่ขนาดกลาง	0.06	ตร.ม.



ตารางที่ 3-12 รายการความเสียหายจากการตรวจสอบหลักบริเวณช่วงสะพาน S10

ลำดับ	ฐาน	ลักษณะความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ขนาดความเสียหาย	
				ปริมาณ	หน่วย
1	EJ1	รอยแตก/กะเทาะ/หลุมบ่อ	มีรอยแตกขนาดใหญ่ตามแนวรอยต่อ	0.6	ตร.ม.
2	DP1	รอยแตกระดับผิวตามแนวแกน	ขนาดเล็ก	0.12	ตร.ม.
3	DP1	รอยแตกระดับผิวตามแนวแกน	ขนาดเล็ก	0.12	ตร.ม.
4	RL1	รอยแตก/หลุดล่อน	มีรอยแตกมาก หรือ หลุดล่อนเห็นเล็กเสริมเล็กน้อย แต่โครงสร้างยังมั่นคง	0.1	ตร.ม.
5	RL1	รอยแตก/หลุดล่อน	มีรอยแตกมาก หรือ หลุดล่อนเห็นเล็กเสริมเล็กน้อย แต่โครงสร้างยังมั่นคง	1	ตร.ม.
6	RL2	ถูกชน	มีรอยถูกรถชน อาจเสียรูปร่างเล็กน้อย แต่โครงสร้างยังมั่นคง	0.2	ตร.ม.
7	SW1	สีกร่อนมาก	สีกร่อนมาก ผิวขรุขระ มีรอยแตกบ้าง หรือ มีขอบทางบิ่นเล็กน้อย	28	ตร.ม.
8	SW2	สีกร่อนมาก	สีกร่อนมาก ผิวขรุขระ มีรอยแตกบ้าง หรือ มีขอบทางบิ่นเล็กน้อย	27.84	ตร.ม.

ตารางที่ 3-13 รายการความเสียหายจากการตรวจสอบหลักบริเวณช่วงสะพาน S11

ลำดับ	ฐาน	ลักษณะความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ขนาดความเสียหาย	
				ปริมาณ	หน่วย
1	EJ1	รอยแตก/กะเทาะ/หลุมบ่อ	มีรอยแตกขนาดใหญ่ตามแนวยาวต่อเนื่อง	0.3	ตร.ม.
2	DK1	หลุดล่อน/หลุดเป็นแผ่น (Spalling/Delamination)	เป็นบริเวณเล็กๆหลายจุดใกล้กัน หรือต่อเนื่องเป็นบริเวณกว้าง และ เห็นเหล็กเสริม 1	2.16	ตร.ม.
3	DK1	หลุดล่อน/หลุดเป็นแผ่น (Spalling/Delamination)	เป็นบริเวณเล็กๆ เห็นเหล็กเสริม เล็กน้อย	2.16	ตร.ม.
4	DP1	หลุดล่อน/หลุดเป็นแผ่น (Spalling/Delamination)	เป็นบริเวณเล็กๆ เห็นเหล็กเสริม เล็กน้อย	0.2	ตร.ม.
5	DP1	หลุดล่อน/หลุดเป็นแผ่น (Spalling/Delamination)	เป็นบริเวณเล็กๆและไม่ถึงเหล็กเสริม	0.15	ตร.ม.
6	GD1	หลุดล่อน/หลุดเป็นแผ่น (Spalling/Delamination)	เป็นบริเวณเล็กๆและไม่ถึงเหล็กเสริม	0.2	ตร.ม.
7	GD3	หลุดล่อน/หลุดเป็นแผ่น (Spalling/Delamination)	เป็นบริเวณเล็กๆ เห็นเหล็กเสริม เล็กน้อย	0.02	ตร.ม.
8	SW1	สีกร่อนมาก	สีกร่อนมาก ผิวขรุขระ มีรอยแตก บ้าง หรือ มีขอบทางบ้นเล็กน้อย	29.12	ตร.ม.
9	SW2	สีกร่อนมาก	สีกร่อนมาก ผิวขรุขระ มีรอยแตก บ้าง หรือ มีขอบทางบ้นเล็กน้อย	15.75	ตร.ม.
10	SW2	สีกร่อนมาก	สีกร่อนมาก ผิวขรุขระ มีรอยแตก บ้าง หรือ มีขอบทางบ้นเล็กน้อย	29.12	ตร.ม.



ตารางที่ 3-14 รายการความเสียหายจากการตรวจสอบหลักบริเวณช่วงสะพาน S12

ลำดับ	ฐานส่วน	ลักษณะความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ขนาดความเสียหาย	
				ปริมาณ	หน่วย
1	DK1	หลุดล่อน/หลุดเป็นแผ่น (Spalling/Delamination)	เป็นบริเวณเล็กๆ เห็นเหล็กเสริมเล็กน้อย	0.09	ตร.ม.
2	DK1	หลุดล่อน/หลุดเป็นแผ่น (Spalling/Delamination)	เป็นบริเวณเล็กๆ และไม่ถึงเหล็กเสริม	0.12	ตร.ม.
3	GD3	หลุดล่อน/หลุดเป็นแผ่น (Spalling/Delamination)	เป็นบริเวณเล็กๆ เห็นเหล็กเสริมเล็กน้อย	0.2	ตร.ม.
4	RL2	รอยแตก/หลุดล่อน	มีรอยแตก หรือ หลุดล่อน เป็นบางแห่ง แต่ไม่เห็นเหล็กเสริม	0.02	ตร.ม.
5	SW1	สีกร่อนมาก	สีกร่อนมาก ผิวขรุขระ มีรอยแตกบ้าง หรือ มีขอบทางบิ่นเล็กน้อย	36.16	ตร.ม.
6	SW2	สีกร่อนมาก	สีกร่อนมาก ผิวขรุขระ มีรอยแตกบ้าง หรือ มีขอบทางบิ่นเล็กน้อย	36.16	ตร.ม.

ตารางที่ 3-15 รายการความเสียหายจากการตรวจสอบหลักบริเวณตอม่อตัวริม A1

ลำดับ	ฐานส่วน	ลักษณะความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ขนาดความเสียหาย	
				ปริมาณ	หน่วย
1	SP1	รอยแตกตามยาว	ขนาดเล็ก	0.73	ตร.ม.

ตารางที่ 3-16 รายการความเสียหายจากตรวจสอบหลักบริเวณกำแพงตอม่อ P1

ลำดับ	ฐานส่วน	ลักษณะความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ขนาดความเสียหาย	
				ปริมาณ	หน่วย
1	PW1	หลุดล่อน/หลุดเป็นแผ่น (Spalling/Delamination)	เป็นบริเวณเล็กๆ เห็นเหล็กเสริมเล็กน้อย	0.18	ตร.ม.
2	PW1	สีกร่อนจากสารเคมี (Erosion)	หินที่ผิวหลุดออกเป็นบริเวณกว้าง แต่ยังไม่เห็นเหล็กเสริม	26.88	ตร.ม.

ตารางที่ 3-17 รายการความเสียหายจากตรวจสอบหลักบริเวณกำแพงตอม่อ P2



ลำดับ	ชิ้นส่วน	ลักษณะความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ขนาดความเสียหาย	
				ปริมาณ	หน่วย
1	PW1	สึกกร่อนจากสารเคมี (Erosion)	หินที่ผิวหลุดออกเป็นบริเวณกว้าง แต่ยังไม่เห็นเหล็กเสริม	60.48	ตร.ม.

ตารางที่ 3-18 รายการความเสียหายจากตรวจสอบหลักบริเวณกำแพงตอม่อ P3

ลำดับ	ชิ้นส่วน	ลักษณะความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ขนาดความเสียหาย	
				ปริมาณ	หน่วย
1	PW1	สึกกร่อนจากสารเคมี (Erosion)	หินที่ผิวหลุดออกเป็นบริเวณกว้าง แต่ยังไม่เห็นเหล็กเสริม	57.76	ตร.ม.

ตารางที่ 3-19 รายการความเสียหายจากตรวจสอบหลักบริเวณกำแพงตอม่อ P4

ลำดับ	ชิ้นส่วน	ลักษณะความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ขนาดความเสียหาย	
				ปริมาณ	หน่วย
1	PW1	หลุดล่อน/หลุดเป็นแผ่น (Spalling/Delamination)	เป็นบริเวณเล็กๆหลายจุดใกล้กัน หรือต่อเนื่องเป็นบริเวณกว้าง และ เห็นเหล็กเสริม 1	1	ตร.ม.
2	PW1	สึกกร่อนจากสารเคมี (Erosion)	หินที่ผิวหลุดออกเป็นบริเวณกว้าง แต่ยังไม่เห็นเหล็กเสริม	36.12	ตร.ม.



ตารางที่ 3-20 รายการความเสียหายจากตรวจสอบหลักบริเวณกำแพงตอม่อ P5

ลำดับ	ชิ้นส่วน	ลักษณะความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ขนาดความเสียหาย	
				ปริมาณ	หน่วย
1	PW1	สึกกร่อนจากสารเคมี (Erosion)	หินที่ผิวหลุดออกเป็นบริเวณกว้าง แต่ยังไม่เห็นเหล็กเสริม	76.8	ตร.ม.
2	PW1	คราบเกลือ (Efflorescence)	มีคราบหนา เป็นบริเวณเล็กๆหลายจุด หรือเกิดต่อเนื่องกันเป็นบริเวณกว้าง	6	ตร.ม.
3	PW1	คราบเกลือ (Efflorescence)	มีคราบหนา เป็นบริเวณเล็กๆหลายจุด หรือเกิดต่อเนื่องกันเป็นบริเวณกว้าง	9	ตร.ม.
4	PW1	หลุดล่อน/หลุดเป็นแผ่น (Spalling/Delamination)	เป็นบริเวณเล็กๆและไม่ถึงเหล็กเสริม	2	ตร.ม.
5	PW1	หลุดล่อน/หลุดเป็นแผ่น (Spalling/Delamination)	เป็นบริเวณเล็กๆและไม่ถึงเหล็กเสริม	4	ตร.ม.
6	PW1	รอยแตกระดับผิวตามแนวแกน	ขนาดเล็ก	3.75	ตร.ม.
7	PW1	หลุดล่อน/หลุดเป็นแผ่น (Spalling/Delamination)	เป็นบริเวณเล็กๆและไม่ถึงเหล็กเสริม	26.25	ตร.ม.
8	PW1	รอยแตกระดับผิวตามแนวแกน	ขนาดเล็ก	4	ตร.ม.
9	PW1	รอยแตกระดับผิวตามแนวแกน	ขนาดเล็ก	6	ตร.ม.

ตารางที่ 3-21 รายการความเสียหายจากตรวจสอบหลักบริเวณกำแพงตอม่อ P6

ลำดับ	ชิ้นส่วน	ลักษณะความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ขนาดความเสียหาย	
				ปริมาณ	หน่วย
1	PW1	หลุดล่อน/หลุดเป็นแผ่น (Spalling/Delamination)	เป็นบริเวณเล็กๆ เห็นเหล็กเสริมเล็กน้อย	1	ตร.ม.
2	PW1	รอยแตกระดับผิวรูปดาข่าย	ขนาดกลางพื้นที่มาก หรือ ขนาดใหญ่พื้นที่น้อย	3.5	ตร.ม.
3	PW1	รอยแตกระดับผิวรูปดาข่าย	ขนาดกลางพื้นที่มาก หรือ ขนาดใหญ่พื้นที่น้อย	3.2	ตร.ม.
4	PW1	รอยแตกระดับผิวรูปดาข่าย	ขนาดกลางพื้นที่มาก หรือ ขนาดใหญ่พื้นที่น้อย	8	ตร.ม.
5	PW1	สึกกร่อนจากสารเคมี (Erosion)	หินที่ผิวหลุดออกเป็นบริเวณกว้าง แต่ยังไม่เห็นเหล็กเสริม	51.2	ตร.ม.
6	PW1	สึกกร่อนจากสารเคมี (Erosion)	หินที่ผิวหลุดออกเป็นบริเวณกว้าง แต่ยังไม่เห็นเหล็กเสริม	2	ตร.ม.
7	PW1	รอยแตกระดับผิวรูปดาข่าย	ขนาดเล็กพื้นที่มาก หรือ ขนาดกลางพื้นที่น้อย	33	ตร.ม.
8	PW1	สึกกร่อนจากสารเคมี (Erosion)	หินที่ผิวหลุดออกเป็นบริเวณกว้าง แต่ยังไม่เห็นเหล็กเสริม	25.6	ตร.ม.
9	PW1	รอยแตกระดับผิวตามแนวแกน	ขนาดเล็ก	24	ตร.ม.
10	PW1	รอยแตกระดับผิวรูปดาข่าย	ขนาดเล็กพื้นที่น้อย	2.5	ตร.ม.
11	PW1	หลุดล่อน/หลุดเป็นแผ่น (Spalling/Delamination)	เป็นบริเวณเล็กๆและไม่ถึงเหล็กเสริม	2	ตร.ม.
12	PW1	หลุดล่อน/หลุดเป็นแผ่น (Spalling/Delamination)	เป็นบริเวณเล็กๆและไม่ถึงเหล็กเสริม	2	ตร.ม.



ตารางที่ 3-22 รายการความเสียหายจากตรวจสอบหลักบริเวณกำแพงตอม่อ P7

ลำดับ	ชิ้นส่วน	ลักษณะความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ขนาดความเสียหาย	
				ปริมาณ	หน่วย
1	PW1	สึกกร่อนจากสารเคมี (Erosion)	หินที่ผิวหลุดออกเป็นบริเวณกว้าง แต่ยังไม่เห็นเหล็กเสริม	25.6	ตร.ม.
2	PW1	รอยแตกระดับผิวรูปตาข่าย	ขนาดเล็กพื้นที่มาก หรือ ขนาดกลาง พื้นที่น้อย	24	ตร.ม.

ตารางที่ 3-23 รายการความเสียหายจากตรวจสอบหลักบริเวณกำแพงตอม่อ P9

ลำดับ	ชิ้นส่วน	ลักษณะความเสียหาย	รายละเอียดความเสียหาย	ขนาดความเสียหาย	
				ปริมาณ	หน่วย
1	PW1	หลุดล่อน/หลุดเป็นแผ่น (Spalling/Delamination)	เป็นบริเวณเล็กๆ เห็นเหล็กเสริม เล็กน้อย	0.15	ตร.ม.
2	PW1	หลุดล่อน/หลุดเป็นแผ่น (Spalling/Delamination)	เป็นบริเวณเล็กๆและไม่ถึงเหล็กเสริม	0.2	ตร.ม.
3	PW1	หลุดล่อน/หลุดเป็นแผ่น (Spalling/Delamination)	เป็นบริเวณเล็กๆและไม่ถึงเหล็กเสริม	0.2	ตร.ม.

ตารางที่ 3-24 รายการความเสียหายจากตรวจสอบหลักของอุปกรณ์รองคาน

ลำดับ	บริเวณ	ชิ้นส่วน	ลักษณะความเสียหาย	ขนาดความเสียหาย	
				กว้าง (ม.)	ยาว (ม.)
1	P1	BR1	แผ่นยางมีรอยปริแตก แต่ยังรองรับคานได้	0.2	0.3
2	P1	BR2	แผ่นยางมีรอยปูดนูนหรือเงื่อนไขเสียรูปมากผิดปกติ	0.2	0.3
3	P1	BR3	ฐานใต้อุปกรณ์รองรับคานมีรอยแตกขนาดเล็ก แต่ยังมีเสถียรภาพ	0.1	0.2
4	P2	BR2	มีเศษวัสดุ (ดิน/พืช/ทราย/กรวด) เกาะอุปกรณ์รองรับคาน	0.2	0.2
5	P3	BR1	แผ่นยางมีรอยปริแตก แต่ยังรองรับคานได้	0.2	0.2
6	P3	BR2	แผ่นยางมีรอยปริแตก แต่ยังรองรับคานได้	0.2	0.2

ลำดับ	บริเวณ	ชั้นฐาน	ลักษณะความเสียหาย	ขนาดความเสียหาย	
				กว้าง (ม.)	ยาว (ม.)
7	P3	BR3	ฐานใต้อุปกรณ์รองรับคานมีรอยแตกขนาดเล็ก แต่ยังมีเสถียรภาพ	0.05	0.2
8	P4	BR3	แผ่นยางมีรอยปูดพองหรือฉีกขาดเสียรูปมากผิดปกติ	0.2	0.3
9	P5	BR1	มีเศษวัสดุ (ดิน/พืช/ทราย/กรวด) เกาะอุปกรณ์รองรับคาน	0.2	0.2
10	P5	BR2	มีเศษวัสดุ (ดิน/พืช/ทราย/กรวด) เกาะอุปกรณ์รองรับคาน	0.2	0.2
11	P6	BR1	เป็นสนิมเต็มพื้นที่ หรือ มีอุปกรณ์ในการเคลื่อนไหวน (แนวราบ/แนวตั้ง/การหมุน)	0.2	0.3
12	P6	BR2	เป็นสนิมเต็มพื้นที่ หรือ มีอุปกรณ์ในการเคลื่อนไหวน (แนวราบ/แนวตั้ง/การหมุน)	0.2	0.3
13	P7	BR1	มีเศษวัสดุ (ดิน/พืช/ทราย/กรวด) เกาะอุปกรณ์รองรับคาน	0.2	0.2
14	P7	BR2	มีเศษวัสดุ (ดิน/พืช/ทราย/กรวด) เกาะอุปกรณ์รองรับคาน	0.2	0.2
15	P8	BR1	เป็นสนิมเต็มพื้นที่ หรือ มีอุปกรณ์ในการเคลื่อนไหวน (แนวราบ/แนวตั้ง/การหมุน)	0.2	0.3
16	P8	BR2	เป็นสนิมเต็มพื้นที่ หรือ มีอุปกรณ์ในการเคลื่อนไหวน (แนวราบ/แนวตั้ง/การหมุน)	0.2	0.3
17	P9	BR1	มีเศษวัสดุ (ดิน/พืช/ทราย/กรวด) เกาะอุปกรณ์รองรับคาน	0.2	0.2
18	P10	BR2	แผ่นยางมีรอยปูดพองหรือฉีกขาดเสียรูปมากผิดปกติ	0.2	0.3
19	P11	BR1	แผ่นยางฉีกขาด/บิดเบี้ยว/เสียรูปมาก ขาดเสถียรภาพการรองรับคานได้	0.2	0.2
20	P11	BR2	แผ่นยางมีรอยปูดพองหรือฉีกขาดเสียรูปมากผิดปกติ	0.2	0.3
21	P11	BR3	แผ่นยางมีรอยปูดพองหรือฉีกขาดเสียรูปมากผิดปกติ	0.2	0.3



ลำดับ	บริเวณ	ชิ้นส่วน	ลักษณะความเสียหาย	ขนาดความเสียหาย	
				กว้าง (ม.)	ยาว (ม.)
22	A2	BR1	แผ่นยางฉีกขาด/บิดเบี้ยว/เสียรูปมาก ขาด เสถียรภาพการรองรับคานได้	0.2	0.2
23	A2	BR2	แผ่นยางฉีกขาด/บิดเบี้ยว/เสียรูปมาก ขาด เสถียรภาพการรองรับคานได้	0.2	0.2

ตัวอย่างลักษณะความเสียหายที่สำคัญได้แสดงไว้ในรูปที่ 3-2 และตัวอย่างบางส่วนของแบบ
แสดงความเสียหายขนาด A4 ได้แสดงไว้ในรูปที่ 3-3 ถึง รูปที่ 3-6 โดยแบบแสดงความเสียหายทั้งหมด
ขนาด A3 ได้แสดงไว้ในภาคผนวก ก



บริเวณ	S3
ชิ้นส่วน	ทางเท้า (Sidewalk)
ความเสียหาย	แตกชำรุดมากหรือลึก: วิกฤติ: แตกชำรุดมากหรือลึก เป็นอันตรายต่อผู้ใช้ทางเท้า หรือโครงสร้างสะพาน
พื้นที่ความเสียหาย	2.10 ตร.ม.
สภาพการใช้งาน	0



บริเวณ	P6
ชิ้นส่วน	กำแพงตอม่อ (Pier Wall)
ความเสียหาย	หลุดล่อน/หลุดเป็นแผ่น (Spalling/Delamination): เป็นบริเวณเล็กๆ เห็นเหล็กเสริมเล็กน้อย
พื้นที่ความเสียหาย	1.00 ตร.ม.
สภาพการใช้งาน	2

รูปที่ 3-2 ตัวอย่างลักษณะความเสียหายสำคัญที่พบของสะพานเดชาติวงศ์





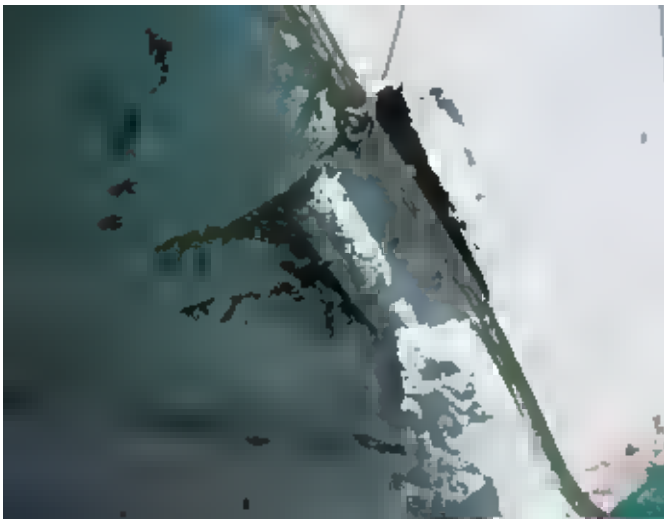
บริเวณ	S4
ชิ้นส่วน	ค้ำยันคานตามยาว (Diaphragm)
ความเสียหาย	หลุดล่อน/หลุดเป็นแผ่น (Spalling/Delamination): เป็นบริเวณเล็กๆ หลายจุดใกล้กัน หรือต่อเนื่องเป็นบริเวณกว้าง และเห็นเหล็กเสริม 1
พื้นที่ความเสียหาย	0.36 ตร.ม.
สภาพการใช้งาน	1



บริเวณ	S11
ชิ้นส่วน	พื้นสะพาน (Deck)
ความเสียหาย	หลุดล่อน/หลุดเป็นแผ่น (Spalling/Delamination): เป็นบริเวณเล็กๆ หลายจุดใกล้กัน หรือต่อเนื่องเป็นบริเวณกว้าง และเห็นเหล็กเสริม 1
พื้นที่ความเสียหาย	2.16 ตร.ม.
สภาพการใช้งาน	1

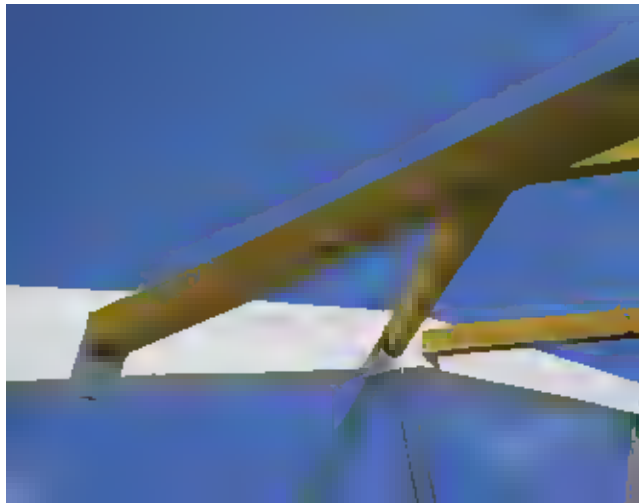
รูปที่ 3-2 ตัวอย่างลักษณะความเสียหายสำคัญที่พบของสะพานเดชาติวงศ์
(ต่อ)

	
บริเวณ	S4
ชิ้นส่วน	คานตามยาว (Girder)
ความเสียหาย	หลุดล่อน/หลุดเป็นแผ่น (Spalling/Delamination): เป็นบริเวณเล็กๆ หลายจุดใกล้กัน หรือต่อเนื่องเป็นบริเวณกว้าง และเห็นเหล็กเสริม 1
พื้นที่ความเสียหาย	0.30 ตร.ม.
สภาพการใช้งาน	1

	
บริเวณ	S9
ชิ้นส่วน	Arc Girder
ความเสียหาย	หลุดล่อนเห็นเหล็กเสริมพื้นที่ปานกลาง
พื้นที่ความเสียหาย	0.06 ตร.ม.
สภาพการใช้งาน	2

รูปที่ 3-2 ตัวอย่างลักษณะความเสียหายสำคัญที่พบของสะพานเดชาติวงศ์
(ต่อ)



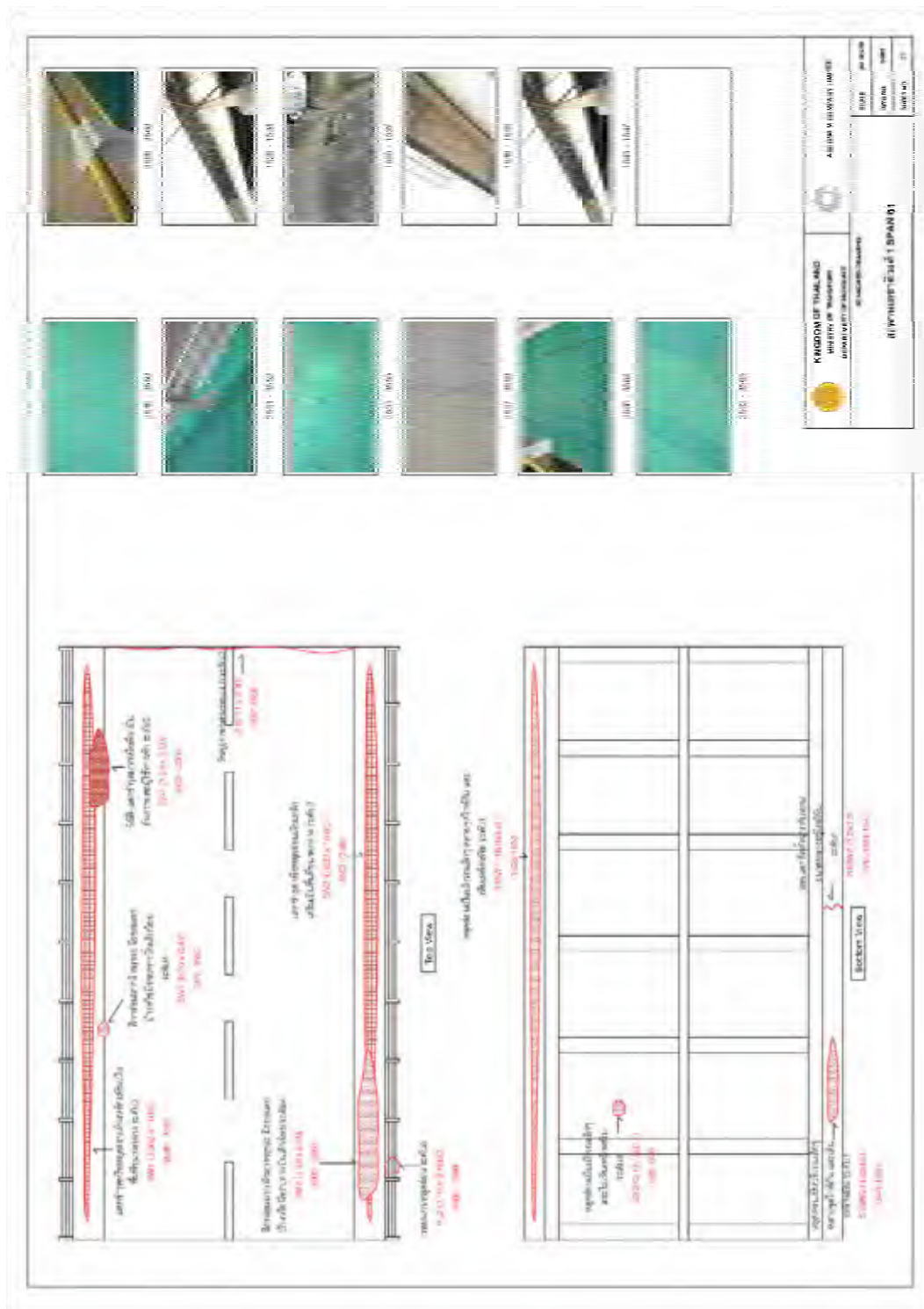


บริเวณ	S7
ชิ้นส่วน	Horizontal Beam
ความเสียหาย	หลุดล่อน/หลุดเป็นแผ่น
พื้นที่ความเสียหาย	0.06 ตร.ม.
สภาพการใช้งาน	4

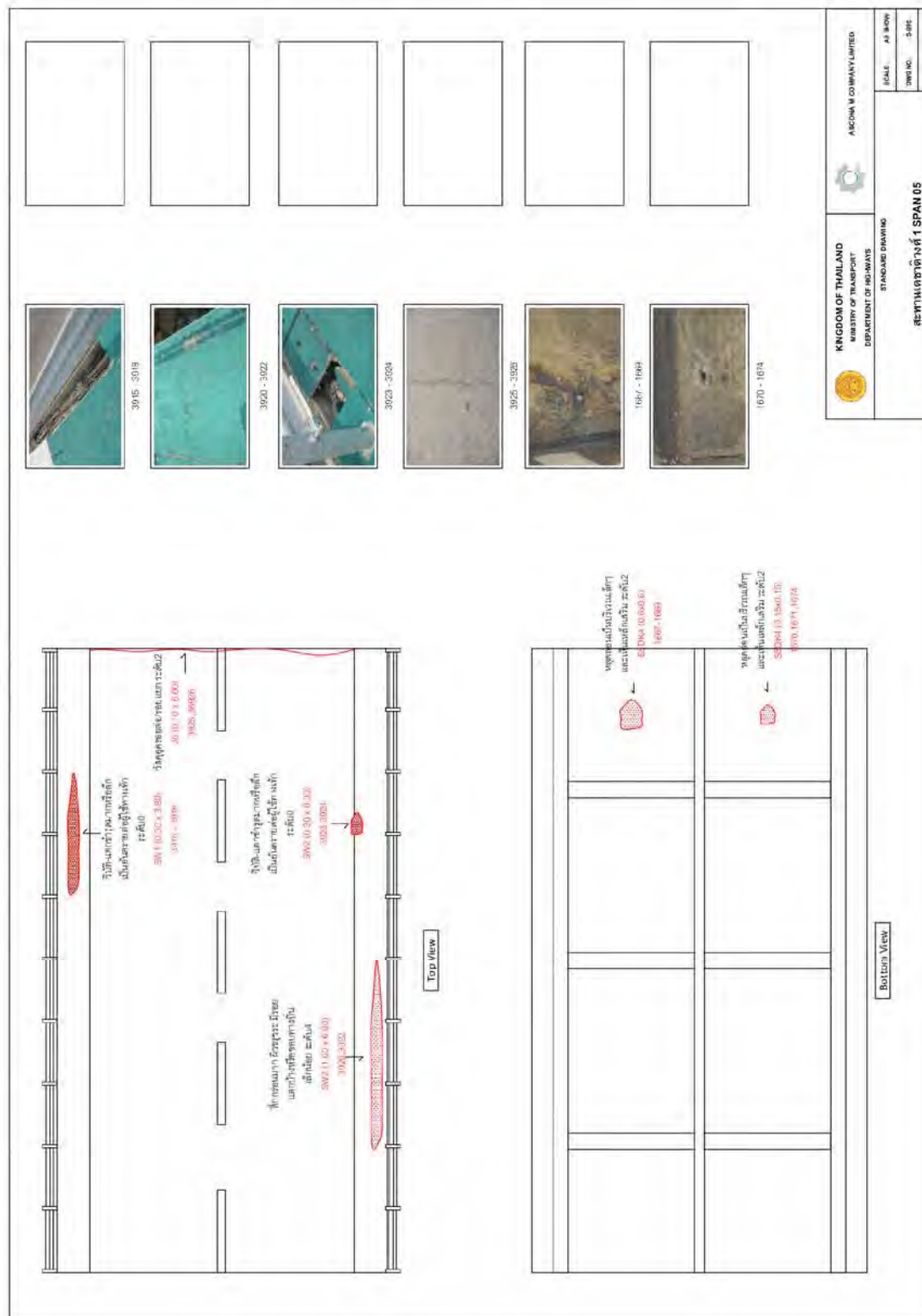


บริเวณ	S6
ชิ้นส่วน	Steel Rod
ความเสียหาย	ปลอกหุ้มฉีกขาด
พื้นที่ความเสียหาย	0.20 ตร.ม.
สภาพการใช้งาน	2

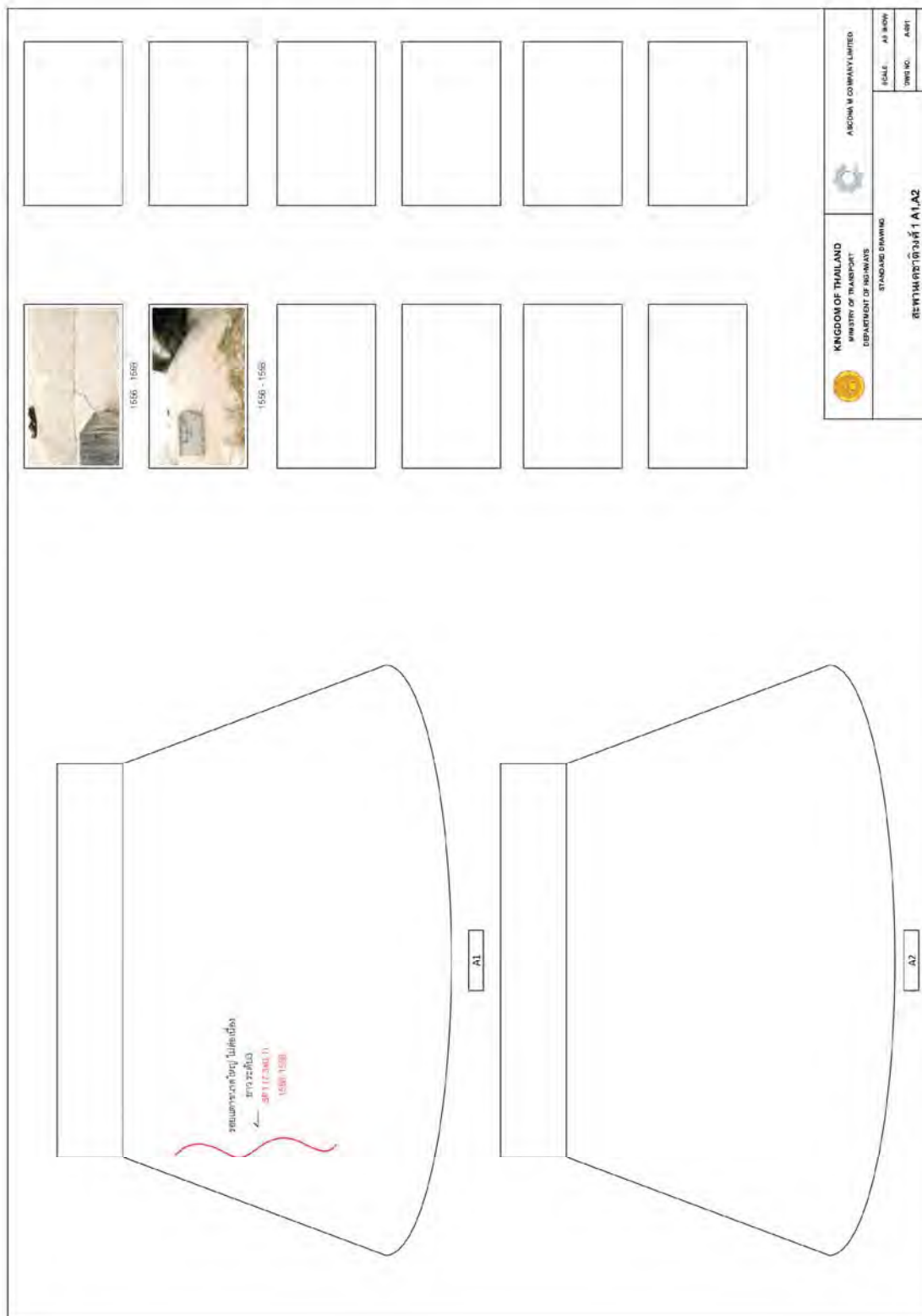
รูปที่ 3-2 ตัวอย่างลักษณะความเสียหายสำคัญที่พบของสะพานเดชาติวงศ์
(ต่อ)



รูปที่ 3-3 ตัวอย่างบางส่วน แบบแสดงความเสี่ยงของสะพานที่ 1 (S1) (แบบขนาด A3 แสดงในภาคผนวก ค)

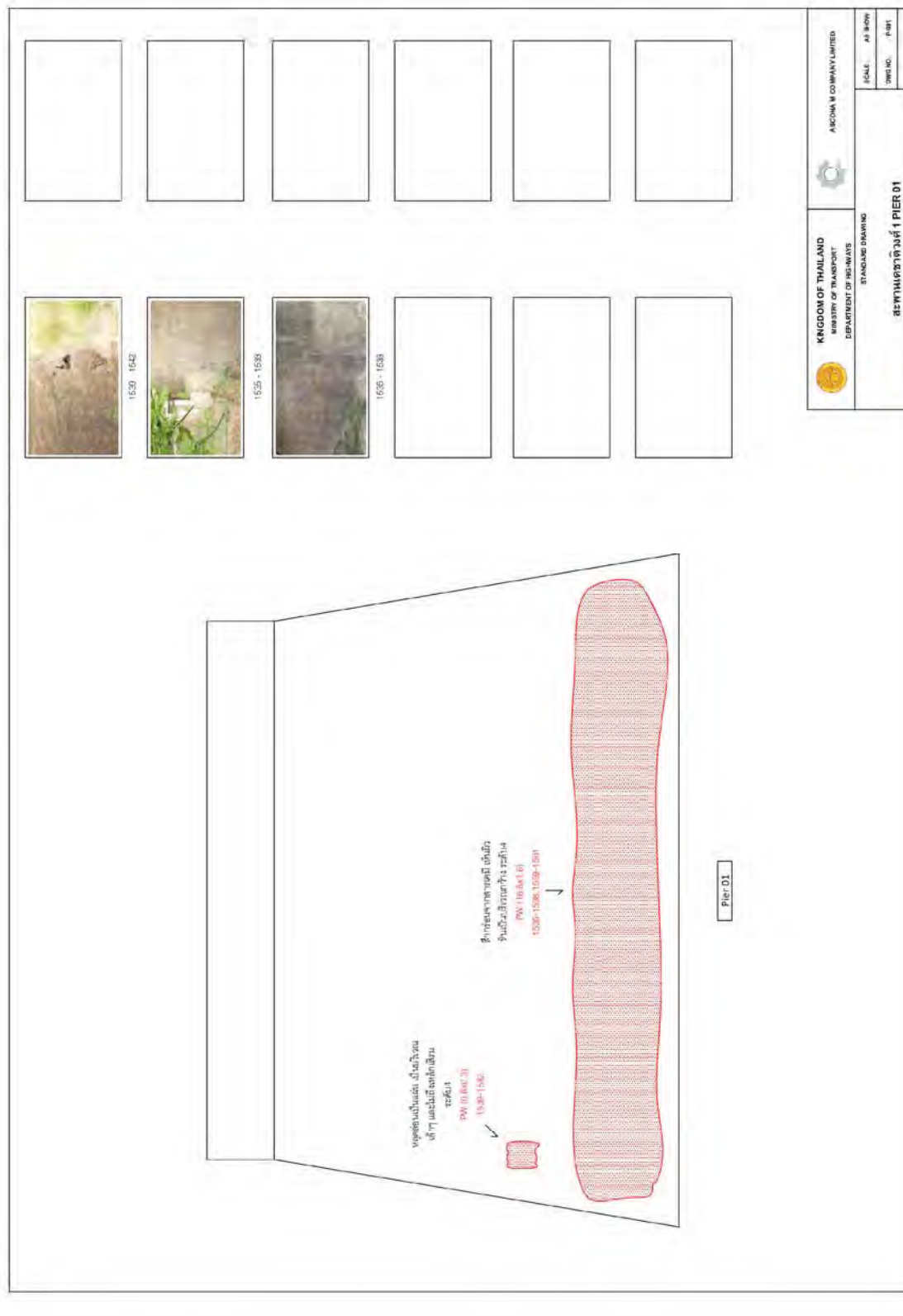


รูปที่ 3-4 ตัวอย่างของช่วงสะพานที่ 5 (S5) (แบบขนาด A3 แสดงในภาคผนวก ค)



รูปที่ 3-5 ตัวอย่างบางส่วน แบบแสดงรายละเอียดของตอม่อตัวริม (A1&A2) (แบบขนาด A3 แสดงในภาคผนวก ค)





รูปที่ 3-6 ตัวอย่างบางส่วน แบบแสดงรายละเอียดของตอม่อตัวกลางที่ 1 (P1) (แบบขนาด A3 แสดงในภาคผนวก ค)

3.2 สรุปภาพรวมผลการตรวจสอบสะพาน

1. ผิวทาง (Wearing Surface, WS) : โดยทั่วไปผิวทางยังอยู่ในสภาพดี ยกเว้นที่ตำแหน่งรอยต่อเพื่อขยาย ตรวจพบรอยแตก
2. รอยต่อเพื่อขยาย (Expansion Joint, EJ) : มีความเสียหายรวม 11 ตำแหน่ง กระจายอยู่เกือบทุกรอยต่อสะพาน (J1-J12) ความเสียหายทั้งหมดเป็นรอยแตกจากการยึดหดตัวของอุณหภูมิที่ตำแหน่งรอยต่อเพื่อขยาย รอยแตกมีขนาดเล็กถึงปานกลาง และมีเพียง 1 ตำแหน่ง ที่รอยแตกเริ่มกะเทาะ ซึ่งจะกลายเป็นหลุมบ่อในอนาคต และให้เกิดแรงกระแทกบริเวณรอยต่อ ควรปรับปรุงผิวทางใหม่ โดยผิวทางในช่วงเชิงลาดสะพาน (Approach Span) ซึ่งมีความยาวแต่ละช่วงไม่มาก (ประมาณ 18-22.6 เมตร) การยึดหดตัวของสะพานเนื่องจากอุณหภูมิไม่สูงมากนัก อาจใช้วิธีชุบไล่ผิวทางเก่าออกไป ปูแผ่นใยสังเคราะห์ที่ใช้ป้องกันรอยแตกสะท้อน (Reflective Cracking) ที่บริเวณรอยต่อ แล้วจึงปูผิวทางใหม่ทับ ส่วนช่วงสะพานโค้ง (Arch Span) ซึ่งมีความยาว 62.5 เมตร การยึดหดตัวของสะพานเนื่องจากอุณหภูมิเกิดได้ค่อนข้างมาก ควรพิจารณาติดตั้งรอยต่อเพื่อขยายที่รองรับการยึดหดตัวระดับปานกลาง เพื่อป้องกันมิให้เกิดรอยแตกและต้องซ่อมผิวทางบ่อยครั้ง
3. ราวสะพาน (Railing, RL) : พบความเสียหายรวม 7 ตำแหน่ง ในช่วงสะพาน S1, S10 และ S12 โดยความเสียหายส่วนใหญ่เป็นรอยแตกหรือคอนกรีตหลุดล่อนเล็กน้อย ในช่วงสะพาน S10 ส่วนที่เป็นราวเหล็กถูกรถชนเสียรูปเล็กน้อย และที่ด้านล่างของราวสะพาน พบรอยแตกและคอนกรีตหลุดล่อนจนเห็นเหล็กเสริม กล่าวโดยรวมราวสะพานมีการเสื่อมสภาพและชำรุดเล็กน้อย ควรซ่อมบำรุงเพื่อยืดอายุการใช้งาน
4. ทางเท้า (Sidewalk, SW) : พบความเสียหายรวม 128 ตำแหน่ง กระจายอยู่ในทุกช่วงสะพาน (S1-S12) โดยความเสียหายส่วนใหญ่เป็นการเสื่อมสภาพทั่วไป เช่น รอยแตกขนาดเล็กถึงปานกลาง ผิวคอนกรีตสึกกร่อน ขอบทางบิ่นเล็กน้อย ส่วนความเสียหายที่สำคัญมี 19 ตำแหน่ง คือ ฝาปิดบนทางเท้าแตกหักหรือสูญหาย ซึ่งเกิดขึ้นในช่วงสะพานที่ S3-S8 ควรซ่อมเปลี่ยนฝาปิดเพื่อให้ผิวทางเท้าสามารถใช้งานได้ตามปกติ
5. ระบบระบายน้ำ (Drainage, DN) ไม่พบความเสียหาย ไม่มีสิ่งอุดตัน การระบายน้ำเป็นปกติ
6. พื้นสะพาน (Deck, DK) : พบความเสียหายรวม 20 ตำแหน่ง กระจายอยู่เกือบทุกช่วงสะพาน (S1-S6, S9, S11, S12) ความเสียหายเกือบทั้งหมด คือ คอนกรีตหลุดล่อนเห็นเหล็กเสริมเล็กน้อย มีบางตำแหน่งที่หลุดล่อนแต่ไม่เห็นเหล็กเสริม และมี 1 ตำแหน่ง ในช่วงสะพาน S6 ที่เป็นรอยร้าวซึม การที่คอนกรีตหลุดล่อนจนเห็นเหล็กเสริม เกิดจากพื้นสะพานแอ่นตัว ทำให้ผิว



ด้านล่างรับแรงดึงและเกิดรอยร้าว ความชื้นสามารถผ่านเข้าไป ทำให้เหล็กเสริมเป็นสนิม เมื่อสนิมมีปริมาณมากขึ้น จะบวมและดันคอนกรีตให้แตกและหลุดล่อน การที่พื้นสะพานคอนกรีตมีการหลุดล่อนจนเห็นเหล็กเสริมเกือบทุกช่วงสะพาน บ่งบอกว่าพื้นสะพานเสื่อมสภาพค่อนข้างมากแล้ว สะพานเดชาดิวงศ์ผ่านการใช้งานมานานถึง 70 ปี ควรรื้อพื้นสะพานและก่อสร้างใหม่ หรือเสริมกำลังเพื่อให้พื้นสะพานสามารถรองรับน้ำหนักบรรทุกได้สูงขึ้น มีอายุการใช้งานนานขึ้น ไม่จำเป็นต้องซ่อมบ่อยครั้ง

7. คานตามยาว (Girder, GD) : พบความเสียหายรวม 12 ตำแหน่ง กระจายอยู่ในหลายช่วงสะพาน (S2-S4, S8, S11-S12) ความเสียหายประมาณ 1/3 เป็นเพียงคอนกรีตหลุดล่อนไม่เห็นเหล็กเสริม อีกประมาณ 1/3 เป็นคอนกรีตหลุดล่อนเห็นเหล็กเสริมเล็กน้อย บางตำแหน่งเป็นเพียงคราบเกลือ ความเสียหายที่สำคัญของคานตามยาวมี 3 ตำแหน่ง คือ ช่วงสะพาน S4 คอนกรีตที่ท้องคานด้านล่างหลุดล่อนจนเห็นเหล็กเสริมเป็นบริเวณกว้าง ความเสียหายที่มองเห็นเหล็กเสริม ควรซ่อมแซมเพื่อป้องกันการลดลงของหน้าตัดเหล็กเสริม ซึ่งจะทำให้กำลังของคานตามยาวลดลง ส่วนอีก 2 ตำแหน่งเกิดในช่วงสะพาน S8 โดยพบรอยแตกตัด (Flexural Crack) หลายเส้นขนานกัน รอยแตกเริ่มจากท้องคานด้านล่างลามไปจนถึงพื้นสะพานด้านบน บ่งบอกถึงความสามารถการรับแรงดัดของคานตามยาวที่ไม่เพียงพอ ปัจจุบันมีการอุดรอยแตกด้วยอีพอกซี ซึ่งสามารถช่วยป้องกันความชื้นและชะลอการเกิดสนิมได้ แต่ไม่สามารถช่วยเพิ่มความสามารถการรับน้ำหนักได้ ดังนั้นคานตามยาวของทุกช่วงสะพานโค้ง (Arch Span) ควรได้รับการเสริมกำลังให้สามารถรองรับการจราจรได้สูงขึ้น (สูงกว่ามาตรฐานการออกแบบเมื่อ 70 ปีที่แล้ว)
8. ใตอะแฟรม/คานพื้น (Diaphragm, DP) : พบความเสียหายรวม 10 ตำแหน่ง กระจายอยู่ในหลายช่วงสะพาน (S2, S4, S9-S11) ความเสียหายประมาณครึ่งหนึ่งเป็นเพียงคอนกรีตหลุดล่อนไม่เห็นเหล็กเสริม และอีกประมาณครึ่งหนึ่งเป็นคอนกรีตหลุดล่อนเห็นเหล็กเสริมเล็กน้อย และมีเพียง 1 ตำแหน่งในช่วงสะพาน S4 ที่คอนกรีตหลุดล่อนจนเห็นเหล็กเสริมเป็นบริเวณกว้าง ความเสียหายที่มองเห็นเหล็กเสริม ควรสกัดคอนกรีตที่เสียหายออก ขัดสนิม และฉาบปิดด้วยปูนซ่อม นอกจากนี้ควรเสริมกำลังให้ใตอะแฟรมสามารถรองรับการจราจรได้สูงขึ้น (สูงกว่ามาตรฐานการออกแบบเมื่อ 70 ปีที่แล้ว)
9. คานชอย (Stringer, ST) : ไม่พบความเสียหาย
10. ลวดชิ่ง (Steel Rod, SR) : พบความเสียหาย 1 ตำแหน่ง ในช่วงสะพาน S6 โดยปลอกภายนอกที่หุ้มลวดชิ่งฉีกขาด แต่ภายในยังมีปลอกหุ้มอีกชั้นหนึ่ง จึงคาดว่าลวดชิ่งยังไม่เป็นสนิม

โดยทั่วไปลวดซึ่งหรือเคเบิลที่รับแรงดึงจะอ่อนไหวต่อสนิม โดยสนิมอาจทำให้หน้าตัดลวดเป็นรู (Pitting Corrosion) และเกิดความเค้นดึงสูงมาก (Stress Concentration) ที่บริเวณปลายรูสนิม ทำให้ลวดซึ่งฉีกขาด ควรซ่อมบำรุงให้ปลอกหุ้มภายนอกมีสภาพปกติ อย่างไรก็ตามพบว่าลวดซึ่งบางเส้นไม่ตึงเท่าที่ควรจะเป็น ควรตรวจสอบและปรับแรงดึงในลวดซึ่งแต่ละเส้นให้เป็นไปตามแบบก่อสร้างหรือค่าที่วิศวกรกำหนด

11. คานโค้ง (Arch Girder, AG) : พบความเสียหายรวม 9 ตำแหน่ง กระจายอยู่ในทุกช่วงสะพานโค้ง (Arch Span, S6-S9) ความเสียหายเกือบทั้งหมดเป็นรอยแตกที่ระดับผิวหุ้มคอนกรีต มีบางตำแหน่งที่คอนกรีตหลุดล่อนเล็กน้อยยังไม่เห็นเหล็กเสริม ความเสียหายที่สำคัญมีเพียง 2 ตำแหน่งในช่วงสะพาน S9 โดยที่โคนทั้งสองด้านของคานโค้งมีการหลุดล่อน มองเห็นเหล็กเสริมเล็กน้อย ควรสกัดคอนกรีตที่เสียหายออก และฉาบปิดด้วยปูนซ่อม ส่วนบริเวณที่มีรอยแตก อาจพิจารณาอุดด้วยอีพอกซี
12. ค้ำยันแนวนอน (Horizontal Bracing, HB) : พบความเสียหาย 1 ตำแหน่ง ในช่วงสะพานโค้ง S7 โดยความเสียหายคือ คอนกรีตหลุดล่อนไม่เห็นเหล็กเสริม ซึ่งเป็นบริเวณเล็ก ๆ
13. เชิงลาด (Approach, AP) พบความเสียหาย 1 ตำแหน่ง โดยเป็นรอยแตกตามยาว สภาพพอใช้ ควรเฝ้าติดตามรอยแตกดังกล่าวในการตรวจสอบสะพานครั้งถัดไป
14. ลาดป้องกันตลิ่ง (Slop Protection, SP) : พบความเสียหายเพียง 1 ตำแหน่ง ที่ตอม่อตัวริม A1 โดยความเสียหาย คือ รอยแตกขนาดใหญ่ แต่เมื่อพิจารณาสภาพโดยรวม ลาดป้องกันตลิ่งยังคงใช้งานได้ แต่ควรเฝ้าติดตามรอยแตกดังกล่าวในการตรวจสอบสะพานครั้งถัดไป
15. อุปกรณ์รองคาน (Bearing, BR) : พบความเสียหายรวม 21 ตำแหน่ง กระจายอยู่เกือบทุกตอม่อ ประมาณครึ่งหนึ่งเป็นการเสื่อมสภาพทั่วไป เช่น มีเศษวัสดุเกาะอุปกรณ์รองรับคาน แผ่นยางมีรอยปูดนูนหรือฉีกขาดเสียหายรูปมากผิดปกติ อีกประมาณครึ่งหนึ่งมีลักษณะชำรุด เช่น แผ่นยางมีรอยปริแตก ฐานรองคานมีรอยแตกขนาดเล็ก อุปกรณ์เป็นสนิมเต็มพื้นที่ไม่สามารถเคลื่อนไหวได้อย่างอิสระ มีเพียง 3 ตำแหน่ง ที่แผ่นยางฉีกขาด/บิตเบี้ยว/เสียหายรูปมาก อย่างไรก็ตามสมควรเปลี่ยนอุปกรณ์รองคานทุกตำแหน่งในสะพาน เพื่อให้อุปกรณ์รองคานทุกชิ้นมีสภาพสมบูรณ์สามารถใช้งานได้ยาวนาน
16. กำแพงตอม่อ (Pier Wall, PW) : พบความเสียหายรวม 32 ตำแหน่ง กระจายอยู่เกือบทุกตอม่อ (P1-P7, P9) ส่วนใหญ่เป็นเพียงการเสื่อมสภาพทั่วไป เช่น คราบเกลือ ผิวคอนกรีตสึกกร่อนไม่ถึงเหล็กเสริม คอนกรีตหลุดล่อนเป็นบริเวณเล็ก ๆ (ไม่ถึงเหล็กเสริม) และรอยแตกระดับผิวขนาดเล็ก มีเพียงบางส่วนที่เป็นคอนกรีตหลุดล่อนเห็นเหล็กเสริมเล็กน้อย ซึ่งพบที่บริเวณตอม่อ



P1, P6, และ P9 และมีเพียง 1 ตำแหน่ง ที่ต่อม่อ P4 ที่พบว่าคอนกรีตหลุดล่อนเห็นเหล็กเสริมเป็นบริเวณกว้าง แต่เมื่อเทียบกับกำแพงตอม่อที่มีขนาดใหญ่มาก จึงไม่น่าจะส่งผลกระทบต่อความสามารถการรับน้ำหนักมากนัก อย่างไรก็ตามควรซ่อมแซมทุกความเสียหายที่คอนกรีตหลุดล่อนจนมองเห็นเหล็กเสริม ไม่ว่าจะเป็นบริเวณเล็ก ๆ หรือเป็นบริเวณกว้างก็ตาม

ในแต่ละบริเวณของสะพานเดชาติวงศ์มีการเสื่อมสภาพและปริมาณชำรุดที่ค่อนข้างมาก พบคอนกรีตหลุดล่อนมองเห็นเหล็กเสริมในหลาย ๆ บริเวณที่เป็น พื้นสะพาน ใต้สะพาน และคานตามยาว บ่งบอกถึงระดับสนิมในเหล็กเสริมที่เกิดขึ้นค่อนข้างมากแล้ว ผิวคอนกรีตที่หุ้มเหล็กเสริมเลยแตกและหลุดล่อนออกมา นอกจากนี้ คานตามยาว (Girder) ในช่วงสะพานโค้ง (Arch Span) มีรอยแตกร้าวหลายเส้นขนานกัน จากท้องคานถึงพื้นสะพาน บ่งบอกว่าช่วงสะพานโค้งไม่สามารถรับแรงดัดจากน้ำหนักบรรทุกจรได้เพียงพอ ควรได้รับการเสริมกำลัง ส่วนบริเวณตอม่อตบริม (Abutment) และตอม่อกลางน้ำ (Pier) มีการเสื่อมสภาพหลายตำแหน่ง แต่ยังไม่รุนแรงมากนัก

การประเมินความเสียหายในภาพรวมเชิงตัวเลขจะใช้ตามแนวทางของระบบบริหารงานบำรุงรักษาสะพาน (BMMS) กรมทางหลวง ซึ่งจะเลือกชิ้นส่วนที่มีค่าผลคูณความสำคัญของชิ้นส่วนกับระดับความเสียหาย (Damage Rating, DR) ที่สูงที่สุด 5 ลำดับแรก จากนั้นหาค่าเฉลี่ยของชิ้นส่วนที่วิกฤติที่สุดเหล่านั้นเป็นค่า Weighted Critical Damage Rating (WCDR) ซึ่งเป็นค่าที่บ่งบอกถึงระดับความเสี่ยงที่โครงสร้างจะวิบัติ ผลการประเมินพบว่าสะพานมีค่า WCDR = 3.68 (จากคะแนนเต็ม 5) หรือแปลงให้อยู่ในรูป Weighted Critical Condition Rating (WCCR) = $5 - 3.68 = 1.32$ ซึ่งอยู่ระหว่าง ระดับวิกฤติ (CR=1) และระดับชำรุด (CR=2) กล่าวโดยรวมสะพานเดชาติวงศ์มีการเสื่อมสภาพมาก ก่อนข้างจะวิกฤติ ควรได้รับการซ่อมบำรุงและเสริมกำลัง

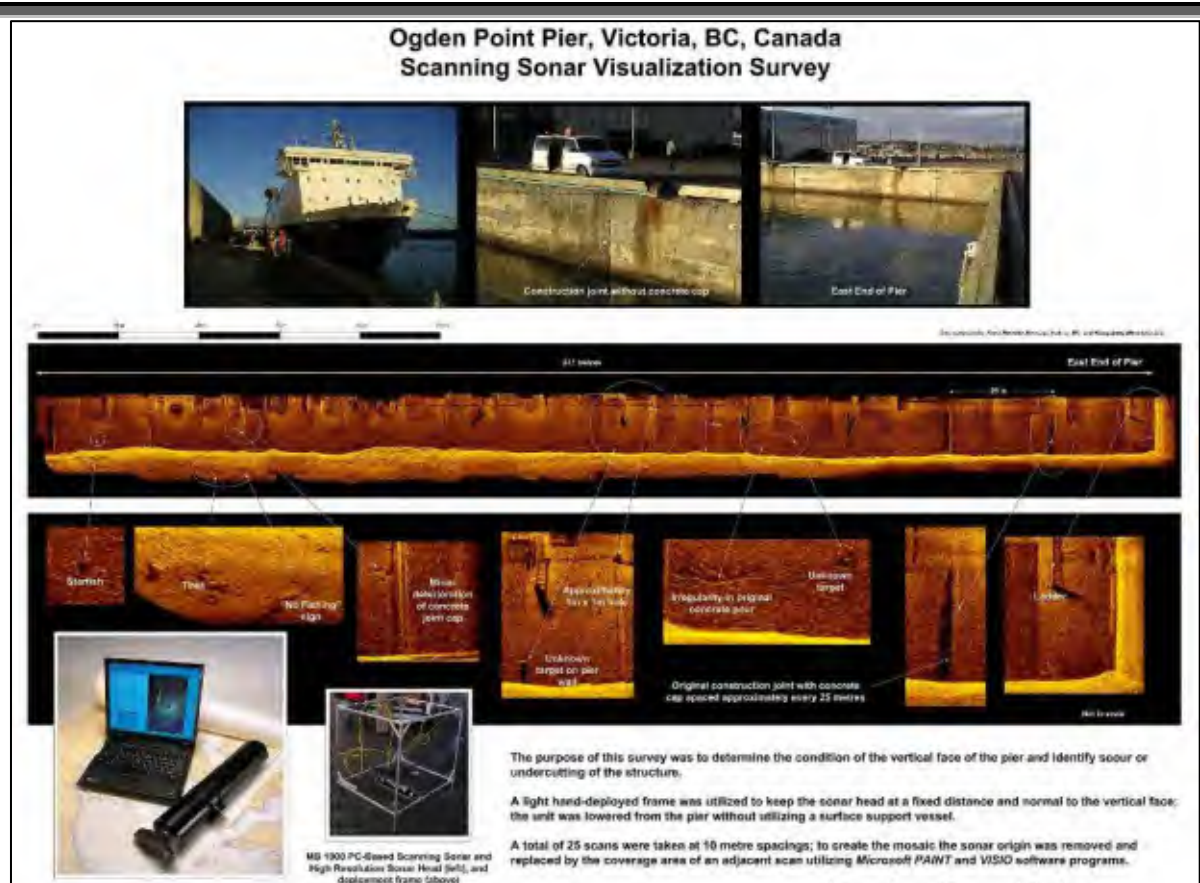
ตารางที่ 3-25 การประเมินระดับความเสียหายหรือสภาพการใช้งานโดยรวม

บริเวณ- ชิ้นส่วน	ประเภท ชิ้นส่วน	สภาพการใช้งาน (Condition Rating, CR)	ระดับความเสียหาย (Damage Rating) (DR = 5 - CR)	ระดับความสำคัญของชิ้นส่วน (w)	w*DR
P4-PW1	Pier Wall	1	4	1.0	4.0
S4-GD1	Girder	1	4	1.0	4.0
S11-DK1	Deck	1	4	1.0	4.0
S4-DP1	Diaphragm	1	4	0.8	3.2
P1-PW1	Bearing	1	4	0.8	3.2
Weighted Critical Damage Rating (WCDR)					3.68
Weighted Critical Condition Rating (CCDR = 5 - WCDR)					1.32

บทที่ 4 การสำรวจโครงสร้างใต้เท้า

การตรวจสอบสะพานของกรมทางหลวงโดยทั่วไปจะดำเนินการเฉพาะโครงสร้างส่วนที่อยู่เหนือน้ำเท่านั้น มีน้อยครั้งมากที่จะตรวจสอบโครงสร้างสะพานส่วนที่อยู่ใต้เท้า โดยที่ผ่านมาการตรวจสอบโครงสร้างส่วนที่อยู่ใต้เท้าจะใช้นักประดาน้ำดำลงไปดูสภาพของโครงสร้างใต้เท้า ซึ่งนักประดาน้ำที่ลงไปดูรายละเอียดแทนวิศวกรนั้นอาจไม่มีความรู้ด้านสะพาน ลักษณะการกัดเซาะ แต่จะถ่ายทอดลักษณะที่พบเห็นให้วิศวกรสะพานทราบเพื่อประเมินสภาพการใช้งาน ในบางกรณี หากน้ำมีสภาพขุ่นหรือมีตะกอนมาก การถ่ายภาพใต้เท้าก็อาจไม่สามารถกระทำได้ จึงไม่มีภาพการตรวจสอบมาให้วิศวกรสะพาน อีกทั้งการตรวจสอบโดยใช้นักประดาน้ำเข้าไปในโครงสร้างต่อมขนาดใหญ่ หากมีกระแสน้ำที่ไหลรุนแรง ก็อาจเป็นอันตรายต่อนักประดาน้ำได้ ด้วยเหตุนี้ ที่ปรึกษาจึงได้นำเครื่อง Sonar Scan จากต่างประเทศ มาทดลองใช้การตรวจสอบโครงสร้างใต้เท้าในโครงการนี้

เครื่อง Sonar Scan ที่เสนอใช้ในโครงการนี้เป็นเครื่องมือที่สามารถตรวจสอบโครงสร้างใต้เท้า และสามารถแสดงภาพใต้เท้าได้เสมือนจริง ใช้ได้กับสภาพน้ำหลากหลายลักษณะ เช่น น้ำขุ่น น้ำใส น้ำลึก หรือน้ำตื้น รวมถึงใช้ได้ในทุกสภาพ เช่น ทะเล แม่น้ำ ลำคลอง โดยมีลักษณะเป็นเครื่องมือแบบเคลื่อนย้ายได้ ติดตั้งง่าย ซึ่งเครื่องมือที่ใช้ในการตรวจสอบโครงสร้างใต้เท้า มีการนำไปประยุกต์ใช้กับงานหลากหลายลักษณะ เช่น ใช้ในการตรวจสอบและรักษาความปลอดภัยของท่าเรือ ใช้สำหรับค้นหาเป้าหมายใต้เท้า ใช้สำหรับงานสำรวจและวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ หรือใช้สำหรับค้นหาวัตถุใต้เท้า เป็นต้น โดยตัวอย่างงานสำรวจโครงสร้างใต้เท้าด้วยเครื่อง Sonar Scan แสดงดังรูปที่ 4-1 และรูปที่ 4-2



รูปที่ 4-1 ตัวอย่างการใช้เครื่อง Sonar Scan โครงสร้างท่าเรือ ประเทศแคนาดา



รูปที่ 4-2 ตัวอย่างการสำรวจระดับท้องน้ำด้วยเครื่อง Sonar Scan ประเทศฟินแลนด์



ความสามารถของเครื่อง Sonar Scan และประโยชน์ที่ได้รับจากการสำรวจโครงสร้างใต้น้ำมีดังนี้

- รัศมีการสแกนได้สูงสุด 200 เมตร
- สามารถสแกนได้แม้ในสภาพน้ำขุ่นที่นักประดาน้ำมองไม่เห็นอะไรเลย
- สามารถนำภาพที่สแกนมาช่วยวางแผนการซ่อมบำรุงโครงสร้างใต้น้ำได้
- สามารถมองหาเป้าหมายใต้น้ำที่ต้องการได้รวดเร็ว
- หากต้องการสำรวจรายละเอียดเพิ่มเติม การทราบตำแหน่งที่แน่ชัดของเป้าหมายสามารถช่วยนำทางให้นักประดาน้ำไปสู่เป้าหมายได้
- ข้อมูลสภาพใต้น้ำและโครงสร้างใต้น้ำช่วยเพิ่มความปลอดภัยแก่นักประดาน้ำ

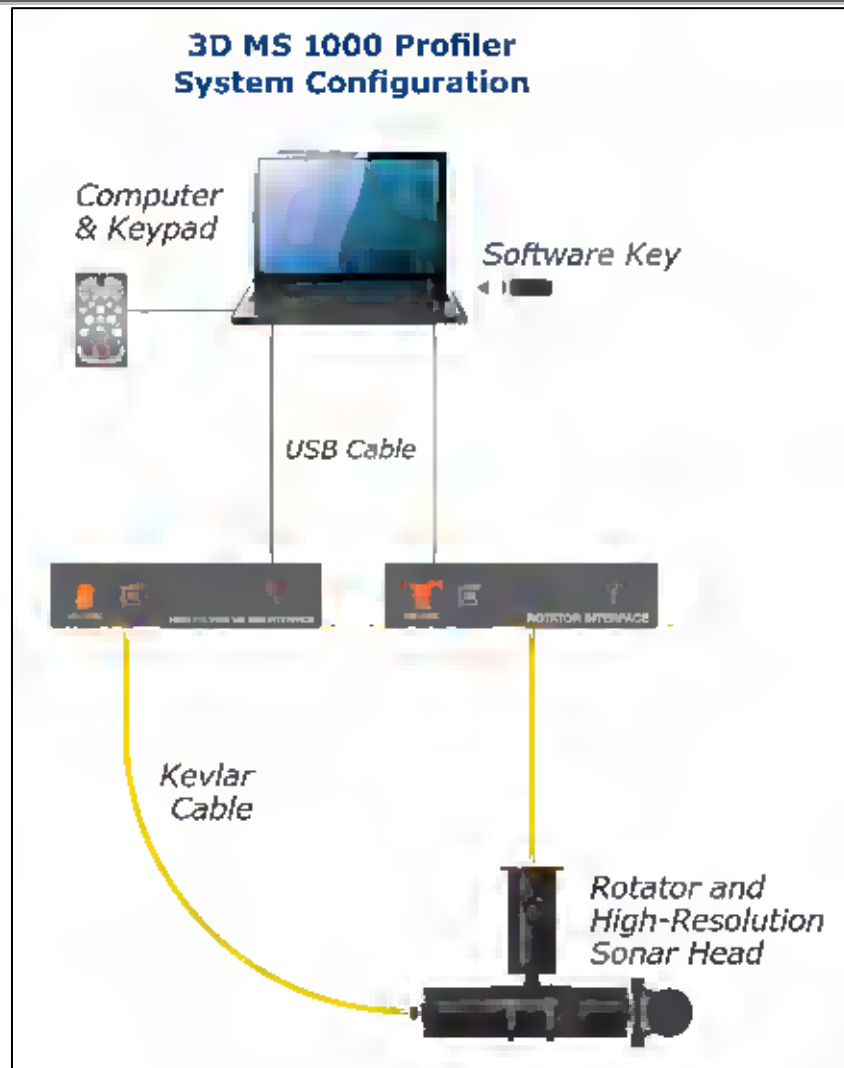
4.1 การสำรวจโครงสร้างใต้น้ำ

การสำรวจโครงสร้างใต้น้ำของสะพานเดชาติวงศ์ ประกอบด้วย ลักษณะความสูงต่ำของร่องน้ำ การถ่ายภาพต่อม่อส่วนที่อยู่ใต้น้ำ และลักษณะการกัดเซาะบริเวณต่อม่อ

4.2 การติดตั้งอุปกรณ์ของเครื่อง Sonar Scan

การศึกษานี้ได้ใช้เครื่อง Sonar Scan ยี่ห้อ KONGSBERG รุ่น MS1000 Profiler โดยรูปแบบและขั้นตอนการติดตั้งเครื่องมือได้แสดงไว้ในรูปที่ 4-3 ถึง รูปที่ 4-8 และมีรายละเอียด ดังนี้

- 1) ทำการประกอบอุปกรณ์ Tripod เพื่อใช้ติดตั้งอุปกรณ์ Sonar Scan
- 2) ทำการติดตั้ง Rotator เข้ากับอุปกรณ์ Tripod จากนั้นทำการติดตั้งอุปกรณ์ Sonar Head เข้ากับ Rotator
- 3) เชื่อมต่ออุปกรณ์ Rotator เข้ากับ MS1000 Rotator Interface และเชื่อมต่ออุปกรณ์ Sonar Head เข้ากับ MS1000SP Interface ด้วยสาย Kevlar Operation's Cable
- 4) เชื่อมต่ออุปกรณ์ Interface เข้ากับ Notebook ด้วยสาย USB Cable
- 5) นำชุดอุปกรณ์ Sonar Scan หย่อนลงน้ำตามตำแหน่งที่ต้องการจะสำรวจ
- 6) ใช้ Software MS1000 Standard Edition ในการควบคุมการทำงานอุปกรณ์ Sonar Scan เพื่อสำรวจโครงสร้างใต้น้ำ



รูปที่ 4-3 รูปแบบการติดตั้งเครื่อง Sonar Scan





รูปที่ 4-4 การประกอบอุปกรณ์ Tripod



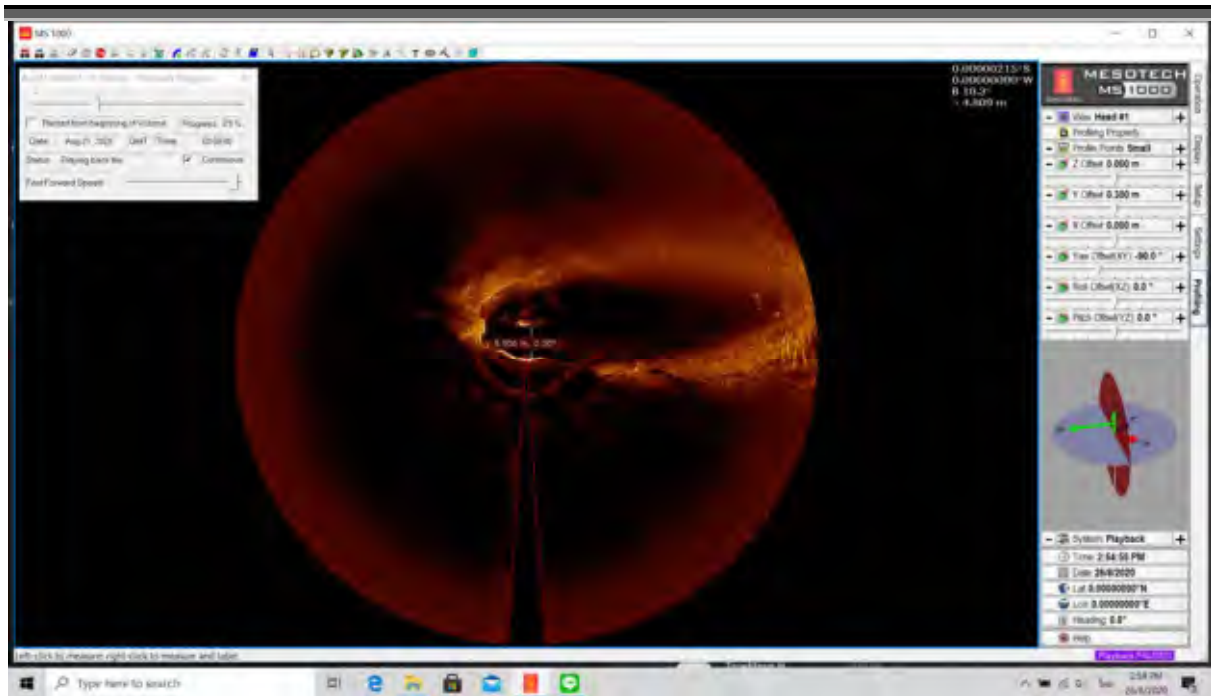
รูปที่ 4-5 การติดตั้ง Rotator และ Sonar Head



รูปที่ 4-6 การเชื่อมต่ออุปกรณ์ชุด Sonar Scan ด้วยสาย Cable

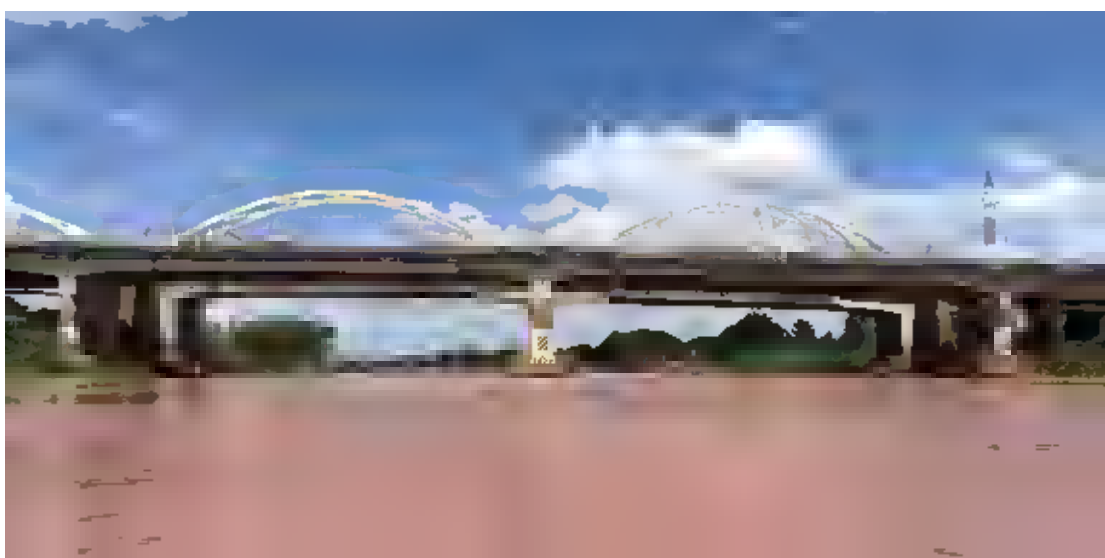


รูปที่ 4-7 การนำชุดอุปกรณ์ Sonar Scan หย่อนลงน้ำตามตำแหน่งที่ต้องการ



รูปที่ 4-8 ตัวอย่างภาพการสำรวจจาก Sonar Scan ด้วย Software MS1000 Standard Edition

การสำรวจตอม่อที่อยู่ใต้น้ำของสะพานเดชาติวงศ์ 1 (MT) จำนวน 3 ตอม่อ (ตามข้อกำหนด TOR ของโครงการ) ประกอบด้วย บริเวณ Pier 5 ผังกรุงเทพฯ ซึ่งสามารถสำรวจได้เพียงด้านเดียว เนื่องจากอีกด้านหนึ่งติดตลิ่ง บริเวณ Pier 6 กลางแม่น้ำ สามารถสำรวจได้ทั้งสองด้าน และ Pier 7 ผังนครสวรรค์ สามารถสำรวจได้ด้านเดียว เนื่องจากอีกด้านติดตลิ่ง โดยตำแหน่งตอม่อได้แสดงไว้ในรูปที่ 4-9 ถึง รูปที่ 4-12 นอกจากนี้ที่ปรึกษาได้สำรวจตอม่อส่วนที่อยู่ใต้น้ำของสะพานเดชาติวงศ์ 2 (RT) และสะพานเดชาติวงศ์ 3 (LT) เพิ่มเติม เพื่อให้ได้หน่วยงานที่ดูแลสะพานได้ทราบข้อมูลที่ครบถ้วนยิ่งขึ้น



รูปที่ 4-9 ภาพรวมการสำรวจบริเวณตอม่อสะพานเดชาติวงศ์ 1 (MT)



รูปที่ 4-10 บริเวณ Pier 5 ฝั่งกรุงเทพฯ



รูปที่ 4-11 บริเวณ Pier 6 กลางแม่น้ำ





รูปที่ 4-12 บริเวณ Pier 7 ผังนครสวรรค์

4.3 ผลการสำรวจลักษณะร่องน้ำ

จากการสำรวจลักษณะร่องน้ำบริเวณสะพานเดชาติวงศ์ 1 (MT) ด้วยเครื่อง Sonar Scan ดังแสดงในรูปที่ 4-13 พบว่า ร่องน้ำช่วง Span 6 (ระหว่างตอม่อ P5 และ P6) มีความลึกจากระดับน้ำประมาณ 8.60 เมตร และมีวัตถุที่ไม่สามารถระบุได้ 2 ตำแหน่ง ร่องน้ำช่วง Span 7 (ระหว่างตอม่อ P6 และ P7) มีความลึกจากระดับน้ำประมาณ 6.30 เมตร และมีวัตถุที่ไม่สามารถระบุได้ 1 ตำแหน่ง

ผลการสำรวจลักษณะร่องน้ำบริเวณสะพานเดชาติวงศ์ 2 (RT) ด้วยเครื่อง Sonar Scan ดังแสดงในรูปที่ 4-14 พบว่า ร่องน้ำช่วง Span 6 มีความลึกจากระดับน้ำประมาณ 8.80 เมตร ร่องน้ำช่วง Span 7 มีความลึกจากระดับน้ำประมาณ 5.90 เมตร และมีวัตถุที่ไม่สามารถระบุได้ 1 ตำแหน่ง

ผลการสำรวจลักษณะร่องน้ำบริเวณสะพานเดชาติวงศ์ 3 (LT) ด้วยเครื่อง Sonar Scan ดังแสดงในรูปที่ 4-15 พบว่า ร่องน้ำช่วง Span 6 มีความลึกจากระดับน้ำประมาณ 9.10 เมตร ร่องน้ำช่วง Span 7 มีความลึกจากระดับน้ำประมาณ 6.40 เมตร และมีวัตถุที่ไม่สามารถระบุได้ 2 ตำแหน่ง



รูปที่ 4-13 ผลการสำรวจระดับร่องน้ำสะพานเดชาติวงศ์ 1 (MT)





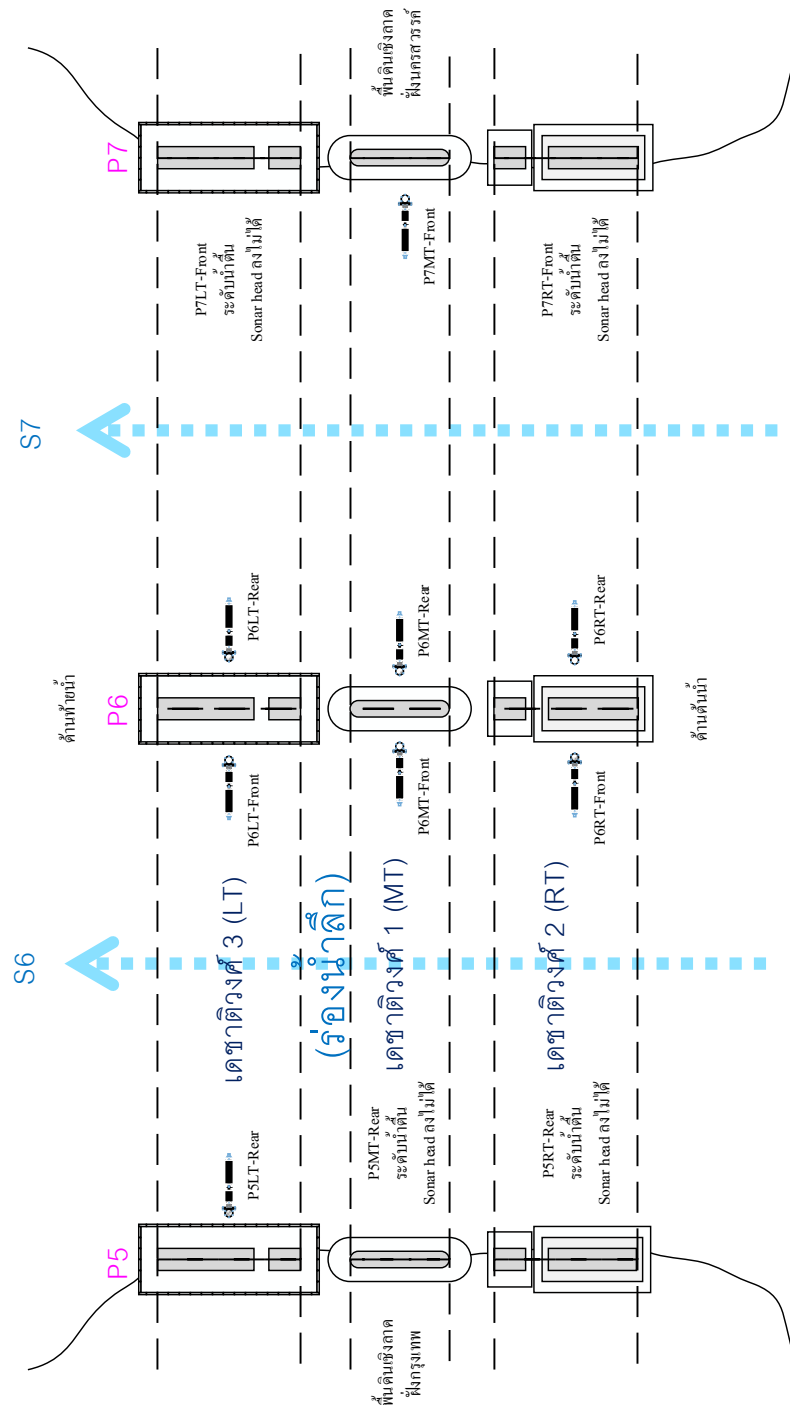
รูปที่ 4-14 ผลการสำรวจระดับร่องน้ำสะพานเดชาดิวงศ์ 2 (สะพาน RT)



รูปที่ 4-15 ผลการสำรวจระดับร่อนน้ำสะพานเดชาติวงศ์ 3 (สะพาน LT)

4.4 ผลการสำรวจลักษณะการกัดเซาะ

รูปที่ 4-16 แสดงตำแหน่งและทิศทางการสแกนภาพต่อม่อส่วนที่อยู่ใต้น้ำในบริเวณต่าง ๆ ของสะพานเดชาติวงศ์ทั้งสามตัว (LT,MT,CT) ซึ่งต่อม่อในบางตำแหน่ง มีระดับน้ำที่ตื้นมาก ไม่เพียงพอที่จะหย่อนเครื่อง Sonar Scan ลงไปสำรวจ จึงไม่มีภาพสแกนของต่อม่อนั้น



รูปที่ 4-16 ตำแหน่งและทิศทางการสแกนภาพต่อม่อส่วนที่อยู่ใต้น้ำของสะพานเดชาติวงศ์ทั้งสามตัว

รูปที่ 4-17 และ รูปที่ 4-18 แสดงผลการสำรวจดินบริเวณรอบตอม่อ P6 (LT) ของสะพานเดชาติวงศ์ 3 ด้านกรุงเทพฯ และด้านนครสวรรค์ ตามลำดับ ซึ่งพบว่า ดินบริเวณรอบตอม่อมีการกัดเซาะลึกประมาณ 3.46 – 4.37 เมตร จากระดับได้ฐานราก



รูปที่ 4-17 ผลการสำรวจการกัดเซาะของดินบริเวณตอม่อ P6 (LT) ด้านกรุงเทพฯ





รูปที่ 4-18 ผลการสำรวจการกัดเซาะของดินบริเวณตอม่อ P6 (LT) ด้านนครสวรรค์

รูปที่ 4-19 และ รูปที่ 4-20 แสดงผลการสำรวจดินบริเวณรอบตอม่อ P6 (MT) ของสะพานเดชาติวงศ์ 1 ด้านกรุงเทพฯ และด้านนครสวรรค์ ตามลำดับ ซึ่งพบว่า ดินบริเวณรอบตอม่อไม่มีการกัดเซาะ



รูปที่ 4-19 ผลการสำรวจการกัดเซาะของดินบริเวณตอม่อ P6 (MT) ด้านกรุงเทพฯ





รูปที่ 4-20 ผลการสำรวจการกัดเซาะของดินบริเวณตอม่อ P6 (MT) ด้านนครสวรรค์

รูปที่ 4-21 และ รูปที่ 4-22 แสดงผลการสำรวจดินบริเวณรอบตอม่อ P6 (RT) ของสะพานเดชาติวงศ์ 2 ด้านกรุงเทพฯ และด้านนครสวรรค์ ตามลำดับ ซึ่งพบว่า ดินบริเวณรอบตอม่อมีการกัดเซาะลึกประมาณ 2.36 – 3.87 เมตร จากระดับได้ฐานราก



รูปที่ 4-21 ผลการสำรวจการกัดเซาะของดินบริเวณตอม่อ P6 (RT) ด้านกรุงเทพฯ





รูปที่ 4-22 ผลการสำรวจการกัดเซาะของดินบริเวณตอม่อ P6 (RT) ด้านนครสวรรค์

รูปที่ 4-7 แสดงผลการสำรวจดินบริเวณรอบตอม่อ P5 (LT) ของสะพานเดชาติวงศ์ 3 ด้าน นครสวรรค์ ซึ่งพบว่า ดินบริเวณรอบตอม่อมีการกัดเซาะลึกประมาณ 2.75 – 3.46 เมตร จากระดับได้ฐานราก ส่วนด้านกรุงเทพฯ ติดตลิ่งไม่สามารถสำรวจได้



รูปที่ 4-23 ผลการสำรวจการกัดเซาะของดินบริเวณตอม่อ P5 (LT) ด้านนครสวรรค์



รูปที่ 4-24 แสดงผลการสำรวจดินบริเวณรอบตอม่อ P7 (MT) ของสะพานเดชาติวงศ์ 1 ด้านกรุงเทพฯ ซึ่งพบว่า ดินบริเวณรอบตอม่อไม่มีการกัดเซาะ ส่วนด้านนครสวรรค์ ติดตลิ่งไม่สามารถสำรวจได้



รูปที่ 4-24 ผลการสำรวจการกัดเซาะของดินบริเวณตอม่อ P7 (MT) ด้านกรุงเทพฯ

ตารางที่ 4-1 แสดงระดับการกัดเซาะของดินบริเวณตอม่อกลางน้ำ (P6) และตอม่อตบริมบางส่วน (P5 และ P7) ที่สามารถสำรวจได้ การกัดเซาะจะเกิดมากที่สุดบริเวณท้ายน้ำ (เฉลี่ย 3.87 เมตร) ซึ่งมากกว่าด้านเหนือน้ำ (เฉลี่ย 3.09 เมตร) เล็กน้อย ส่วนตอม่อที่อยู่ระหว่างกลางไม่พบร่องรอยการกัดเซาะ ดังนั้นการบูรณะสะพานเดชาติวงศ์ 1 (MT) ซึ่งอยู่ตรงกลางจึงยังไม่จำเป็นต้องพิจารณาการกัดเซาะ

ตารางที่ 4-1 สรุประดับการกัดเซาะบริเวณตอม่อของสะพานเดชาติวงศ์

ตอม่อ	ฝั่ง	ท้ายน้ำ		ตรงกลาง		เหนือหน้า	
		เดชาติวงศ์ 3 (LT)		เดชาติวงศ์ 1 (MT)		เดชาติวงศ์ 2 (RT)	
		ซ้าย	ขวา	ซ้าย	ขวา	ซ้าย	ขวา
P7	นครสวรรค์ กรุงเทพฯ	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
		N/A	N/A	0	0	N/A	N/A
P6	นครสวรรค์ กรุงเทพฯ	3.47	4.17	0	0	3.87	2.37
		4.38	3.47	0	0	3.07	3.07
		(เฉลี่ย 3.87)		(เฉลี่ย 0)		(เฉลี่ย 3.09)	
P5	นครสวรรค์ กรุงเทพฯ	3.47	2.75	N/A	N/A	N/A	N/A
		N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A



บทที่ 5 การทดสอบคุณสมบัติวัสดุ โครงสร้างสะพาน

การทดสอบคุณสมบัติวัสดุโครงสร้างสะพานในโครงการนี้มีรวมทั้งสิ้น 4 รายการ ประกอบด้วย (1) การทดสอบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีต (2) การทดสอบกำลังรับแรงดึงของคอนกรีต (3) การทดสอบกำลังรับแรงดึงของเหล็กเสริม และ (4) การทดสอบการเกิดคาร์บอนเนชัน

การทดสอบ 3 รายการแรก เป็นการทดสอบแบบทำลาย (Destructive Test) โดยจะมีการเจาะคอนกรีตออกจากชิ้นส่วนโครงสร้างเพื่อนำไปทดสอบกำลังรับแรงอัดและกำลังรับแรงดึงในห้องปฏิบัติการ หรือมีการสกัดผิวคอนกรีตออกและตัดเหล็กเสริมเพื่อนำไปทดสอบกำลังรับแรงดึงในห้องปฏิบัติการ ส่วนการทดสอบรายการสุดท้ายถึงแม้จะมีการทำลายอยู่บ้าง แต่ไม่รุนแรงเท่ากับ 3 รายการแรก โดยจะมีการเจาะรูคอนกรีตเล็กๆ เพื่อนำผงคอนกรีตไปตรวจสอบระดับความลึกการเกิดปฏิกิริยาคาร์บอนเนชัน

เนื่องจากการทดสอบทั้ง 4 รายการ มีจำนวนค่อนข้างมาก จึงอาจก่อให้เกิดความเสียหายแก่โครงสร้างได้ ดังนั้นการวางแผนทดสอบจึงได้พยายามกระจายตำแหน่งทดสอบไปยังชิ้นส่วนในบริเวณต่าง ๆ ไม่ให้หนาแน่นมากเกินไปที่บริเวณใดบริเวณหนึ่ง และได้คัดเลือกตำแหน่งที่คาดว่าจะมีผลกระทบน้อยต่อโครงสร้าง ภาพรวมการคัดเลือกและการกระจายตำแหน่งการทดสอบทั้ง 4 รายการแสดงดังตารางที่ 5-1 โดยตำแหน่งที่ทดสอบและผลการทดสอบได้แสดงไว้ในภาคผนวก ง (แบบแสดงผลการทดสอบ)

ตารางที่ 5-1 ภาพรวมการกระจายตำแหน่งทดสอบ 4 รายการ

test	Member		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12		SUM	
		A1	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11		A2		
Concrete Compression Test	Deck		5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5		60	120
	Florbeam		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		12	
	Girder		2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2		24	
	Pierwall	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2		1	24	
Concrete Tension Test	Deck		5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5		60	120
	Florbeam		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		12	
	Girder		2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2		24	
	Pierwall	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2		1	24	
Steel Tension test	Deck		2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2		24	60
	Florbeam		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		12	
	Girder		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	
	Pierwall	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2		1	24	
Carbonation Test	Deck		24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24		288	660
	Florbeam		6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6		72	
	Girder		9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9		108	
	Pierwall	8	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16		8	192	



5.1 การทดสอบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีต

5.1.1. วิธีการทดสอบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีต

การทดสอบนี้จะอ้างอิงมาตรฐานการทดสอบ ASTM C 42 โดยจะเจาะแท่งตัวอย่างคอนกรีตออกมาจากชิ้นส่วนโครงสร้างตามสภาพการใช้งานจริง เพื่อนำมาทดสอบกำลังรับแรงอัดประลัยของคอนกรีต ค่าที่ได้จะเป็นกำลังรับแรงอัด (Compressive Strength) ที่แท้จริงของโครงสร้าง ณ ปัจจุบัน การทดสอบด้วยวิธีนี้จะใช้ควบคู่กับเครื่องมือสแกนหาตำแหน่งเหล็กเสริม (Rebar Locator) เพื่อหลีกเลี่ยงไม่ให้เครื่องเจาะคอนกรีตตัดเหล็กเสริมขาด นอกจากนี้การเลือกตำแหน่งในการเจาะจะเลือกบริเวณที่ส่งผลกระทบต่อตัวโครงสร้างน้อยที่สุด

การเจาะแท่งตัวอย่างคอนกรีตเพื่อนำมาทดสอบตามมาตรฐาน ASTM C42 มีข้อกำหนด คือ เส้นผ่าศูนย์กลางของแท่งตัวอย่างควรมีขนาดไม่น้อยกว่า 3 เท่าของขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ใหญ่ที่สุดของวัสดุมวลละเอียด และระยะความลึกของแท่งตัวอย่างคอนกรีตจะต้องอยู่ระหว่าง 1.0 ถึง 2.0 เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลาง โดยโครงการนี้จะเจาะแท่งตัวอย่างขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 ซม. และมีความลึก 10 ซม. ตามข้อกำหนดงานจัดจ้าง (TOR) เพื่อลดผลกระทบที่อาจจะเกิดขึ้นต่อโครงสร้าง

เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ ประกอบด้วย

- เครื่องเจาะเก็บแท่งตัวอย่างคอนกรีต (Core Drilling Machine) เป็นเครื่องเจาะแบบ Rotary Drilling พร้อมด้วยกระบอกเจาะเก็บแท่งตัวอย่างคอนกรีต เป็นกระบอกเจาะหัวเพชร (Diamond Barrel) แบบ Single Core โดยมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 เซนติเมตร ดังแสดงในรูปที่ 5-1 (ก)
- เครื่องมือสำหรับหาตำแหน่งของเหล็กเสริม (Rebar Locator) ดังรูปที่ 5-2



(ก) เครื่องเจาะคอนกรีต

(ข) การเจาะเก็บแท่งตัวอย่างคอนกรีต

รูปที่ 5-1 เครื่องมือที่ใช้ในการเจาะเก็บแท่งตัวอย่างคอนกรีต (Core Drilling)



(ก) เครื่องมือสำหรับหาตำแหน่งเหล็กเสริม

(ข) การหาตำแหน่งเหล็กเสริม

รูปที่ 5-2 เครื่องมือที่ใช้ในการหาตำแหน่งเหล็กเสริมในโครงสร้าง



วิธีการทดสอบ

- กำหนดตำแหน่งการเจาะ โดยตำแหน่งนั้นๆ จะต้องส่งผลกระทบกับตัวโครงสร้างน้อยที่สุด จากนั้นทำการตรวจสอบตำแหน่งเหล็กเสริมที่ชัดเจนด้วยเครื่องมือ Rebar Locator
- ติดตั้งเครื่องเจาะคอนกรีต (Concrete Drilling Machine) แบบ Rotary Drilling ด้วย Anchor Bolt บริเวณจุดที่ต้องการเจาะเก็บแท่งตัวอย่างคอนกรีต จากนั้นติดตั้งกระบอกลูกเจาะแบบ Single Core
- ต่อสายยางจากถังน้ำเข้ากับเครื่องเจาะเก็บแท่งตัวอย่างคอนกรีต
- เมื่อได้ตรวจสอบความเรียบร้อยแล้ว จึงเริ่มทำการเจาะแท่งตัวอย่างคอนกรีต โดยในขณะทำการเจาะ ต้องเปิดน้ำหล่อเลี้ยงเพื่อป้องกันความร้อนที่เกิดจากการเสียดสีระหว่าง Diamond barrel กับคอนกรีต
- เมื่อได้แท่งตัวอย่างคอนกรีตแล้ว (รูปที่ 5-3) ทำความสะอาดแล้วห่อด้วยพลาสติกเพื่อนำไปทดสอบในห้องปฏิบัติการต่อไป
- ทำการซ่อมแซมคอนกรีตบริเวณที่ได้ทำการเจาะเก็บแท่งตัวอย่างคอนกรีตให้เรียบร้อย โดยใช้ Non-Shrinkage Cement ในการอุดรูที่เจาะ



รูปที่ 5-3 แท่งตัวอย่างคอนกรีตหลังจากการ Core Drilling

- แท่งตัวอย่างคอนกรีตที่ได้จากการ Core Drilling ที่ภาคสนามได้นำมาทดสอบหาค่ากำลังรับแรงอัดของคอนกรีตที่ห้องปฏิบัติการ ดังรูปที่ 5-4 ด้วยอัตราการกดระหว่าง 12 ถึง 24 N/ (mm².min)



รูปที่ 5-4 เครื่องมือทดสอบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีต



รูปที่ 5-5 ก่อนตัวอย่างทดสอบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีต



5.1.2. ผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีต

โครงการนี้ได้ทำการทดสอบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตในช่วงสะพาน (Span) S1-S12 ช่วงละ 8 ตำแหน่ง ตอม่อสะพาน (Pier) P1-P11 ตอม่อละ 2 ตำแหน่งและตอม่อตับริม (Abutment) A1 และ A2 อย่างละ 1 ตำแหน่งรวมทั้งสิ้น 120 ตำแหน่ง ตารางที่ 5-2 แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงอัด โดยรายละเอียดทั้งหมดได้แสดงไว้ในภาคผนวก ง แบบแสดงผลการทดสอบ

ตารางที่ 5-2 ผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีต

ลำดับ	บริเวณ	ชั้นส่วน	รหัสทดสอบ	Compressive Strength (MPa)
1	S1	SW1	CC_01_SW1	21.2
2	S1	SW1	CC_02_SW1	14.5
3	S1	SW1	CC_03_SW1	11.0
4	S1	SW1	CC_04_SW1	11.3
5	S1	SW1	CC_05_SW1	24.3
6	S1	GD1	CC_06_GD1	15.0
7	S1	GD2	CC_07_GD2	26.0
8	S1	DP2	CC_08_DP2	12.3
9	S2	SW1	CC_01_SW1	13.6
10	S2	SW1	CC_02_SW1	21.1
11	S2	SW1	CC_03_SW1	14.9
12	S2	SW1	CC_04_SW1	15.7
13	S2	SW1	CC_05_SW1	5.3
14	S2	GD1	CC_06_GD1	11.5
15	S2	GD2	CC_07_GD2	8.8
16	S2	DP1	CC_08_DP1	15.5
17	S3	SW1	CC_01_SW1	14.4
18	S3	SW1	CC_02_SW1	15.7
19	S3	SW1	CC_03_SW1	13.8
20	S3	SW1	CC_04_SW1	30.7
21	S3	SW1	CC_05_SW1	7.0
22	S3	GD1	CC_06_GD1	15.9

ลำดับ	บริเวณ	ชั้นส่วน	รหัสทดสอบ	Compressive Strength (MPa)
23	S3	GD2	CC_07_GD2	6.8
24	S3	DP3	CC_08_DP3	12.0
25	S4	SW1	CC_01_SW1	10.3
26	S4	SW1	CC_02_SW1	8.5
27	S4	SW1	CC_03_SW1	6.8
28	S4	SW1	CC_04_SW1	16.7
29	S4	SW1	CC_05_SW1	10.1
30	S4	GD1	CC_06_GD1	15.1
31	S4	GD2	CC_07_GD2	17.5
32	S4	DP1	CC_08_DP1	18.3
33	S5	SW1	CC_01_SW1	24.2
34	S5	SW1	CC_02_SW1	15.0
35	S5	SW1	CC_03_SW1	25.2
36	S5	SW1	CC_04_SW1	22.9
37	S5	SW1	CC_05_SW1	10.6
38	S5	GD1	CC_06_GD1	5.5
39	S5	GD2	CC_07_GD2	10.4
40	S5	DP3	CC_08_DP3	4.5
41	S6	SW1	CC_01_SW1	13.4
42	S6	SW1	CC_02_SW1	16.9
43	S6	SW1	CC_03_SW1	17.0
44	S6	SW1	CC_04_SW1	23.2
45	S6	SW1	CC_05_SW1	24.5
46	S6	GD1	CC_06_GD1	14.6
47	S6	ST1	CC_07_ST1	9.0
48	S6	DP5	CC_08_DP5	16.5
49	S7	SW1	CC_01_SW1	10.7
50	S7	SW1	CC_02_SW1	20.3
51	S7	SW1	CC_03_SW1	10.3



ลำดับ	บริเวณ	ชั้นส่วน	รหัสทดสอบ	Compressive Strength (MPa)
52	S7	SW1	CC_04_SW1	22.1
53	S7	SW1	CC_05_SW1	15.1
54	S7	GD1	CC_06_GD1	26.8
55	S7	ST1	CC_07_ST1	22.8
56	S7	DP5	CC_08_DP5	10.1
57	S8	SW1	CC_01_SW1	11.4
58	S8	SW1	CC_02_SW1	9.9
59	S8	SW1	CC_03_SW1	9.5
60	S8	SW1	CC_04_SW1	16.4
61	S8	SW1	CC_05_SW1	12.7
62	S8	GD1	CC_06_GD1	14.1
63	S8	ST1	CC_07_ST1	19.9
64	S8	DP5	CC_08_DP5	10.4
65	S9	SW1	CC_01_SW1	12.3
66	S9	SW1	CC_02_SW1	9.3
67	S9	SW1	CC_03_SW1	12.7
68	S9	SW1	CC_04_SW1	9.2
69	S9	SW1	CC_05_SW1	9.7
70	S9	GD1	CC_06_GD1	10.4
71	S9	ST1	CC_07_ST1	6.4
72	S9	DP5	CC_08_DP5	8.7
73	S10	SW1	CC_01_SW1	8.2
74	S10	SW1	CC_02_SW1	9.7
75	S10	SW1	CC_03_SW1	14.1
76	S10	SW1	CC_04_SW1	12.5
77	S10	SW1	CC_05_SW1	10.1
78	S10	GD1	CC_06_GD1	9.9
79	S10	GD2	CC_07_GD2	13.3
80	S10	DP2	CC_08_DP2	6.3



ลำดับ	บริเวณ	ชั้นส่วน	รหัสทดสอบ	Compressive Strength (MPa)
81	S11	SW1	CC_01_SW1	15.8
82	S11	SW1	CC_02_SW1	11.1
83	S11	SW1	CC_03_SW1	14.1
84	S11	SW1	CC_04_SW1	17.2
85	S11	SW1	CC_05_SW1	15.7
86	S11	GD1	CC_06_GD1	10.3
87	S11	GD2	CC_07_GD2	9.0
88	S11	DP2	CC_08_DP2	9.6
89	S12	SW1	CC_01_SW1	10.2
90	S12	SW1	CC_02_SW1	12.0
91	S12	SW1	CC_03_SW1	22.0
92	S12	SW1	CC_04_SW1	20.4
93	S12	SW1	CC_05_SW1	23.0
94	S12	GD1	CC_06_GD1	10.2
95	S12	GD2	CC_07_GD2	14.7
96	S12	DP2	CC_08_DP2	22.4
97	A1	A	CC_01_A	7.6
98	P1	PW	CC_01_PW	26.9
99	P1	PW	CC_02_PW	27.7
100	P2	PW	CC_01_PW	9.6
101	P2	PW	CC_02_PW	19.1
102	P3	PW	CC_01_PW	11.0
103	P3	PW	CC_02_PW	14.6
104	P4	PW	CC_01_PW	18.1
105	P4	PW	CC_02_PW	14.4
106	P5	PW	CC_01_PW	14.9
107	P5	PW	CC_02_PW	17.1
108	P6	PW	CC_01_PW	10.7
109	P6	PW	CC_02_PW	14.6



ลำดับ	บริเวณ	ชั้นส่วน	รหัสทดสอบ	Compressive Strength (MPa)
110	P7	PW	CC_01_PW	15.5
111	P7	PW	CC_02_PW	17.6
112	P8	PW	CC_01_PW	9.2
113	P8	PW	CC_02_PW	28.0
114	P9	PW	CC_01_PW	17.1
115	P9	PW	CC_02_PW	14.4
116	P10	PW	CC_01_PW	16.0
117	P10	PW	CC_02_PW	13.1
118	P11	PW	CC_01_PW	23.5
119	P11	PW	CC_02_PW	13.6
120	A2	A	CC_01_A	7.1

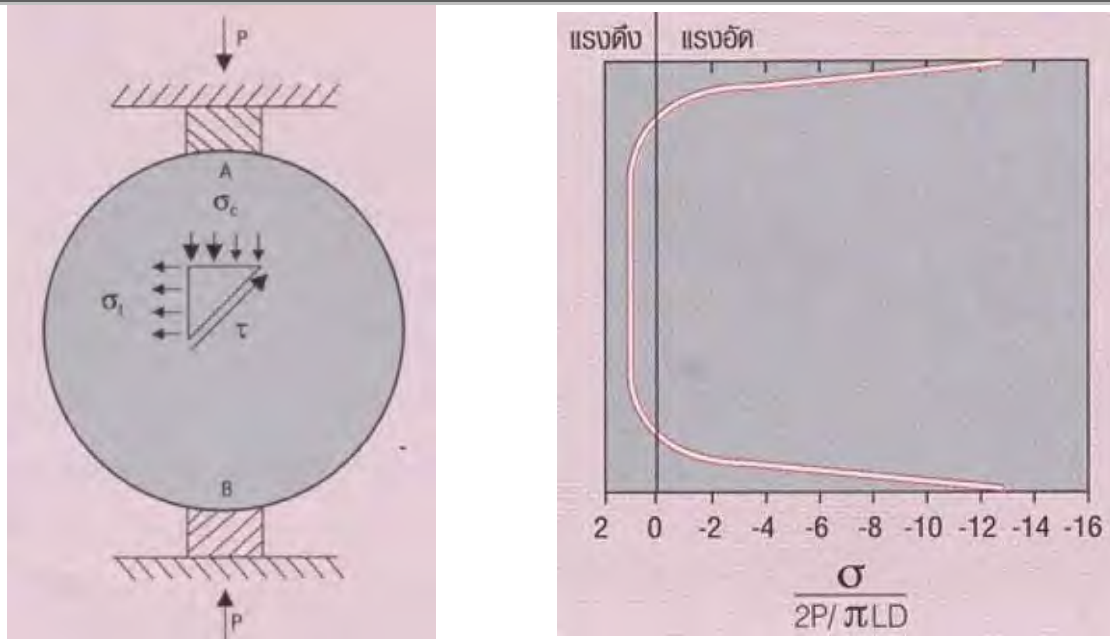
หมายเหตุ รหัสชั้นส่วน SW = Sidewalk, GD = Girder, DP = Diaphragm, ST = Stringer, PW = Pier Wall

5.2 การทดสอบกำลังรับแรงดึงของคอนกรีต

5.2.1. วิธีการทดสอบกำลังรับแรงดึงของคอนกรีต

การทดสอบกำลังรับแรงดึงของคอนกรีตโดยตรง (Direct Tension Test) เป็นสิ่งที่กระทำได้ยากและใช้เวลามาก ดังนั้นวิธีนี้จึงไม่นิยมใช้ในภาคปฏิบัติ ทางเลือกอื่นที่สามารถให้ค่ากำลังรับแรงดึงได้ คือวิธีการทดสอบกำลังรับแรงดึงแบบผ่าซีก (Splitting tensile test) ซึ่งทดสอบได้ง่ายกว่า อีกทั้งผลการทดสอบมีความแปรปรวนต่ำ จึงเป็นวิธีที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในการประเมินค่ากำลังรับแรงดึงของคอนกรีต ดังนั้นโครงการนี้จึงเลือกวิธีการทดสอบกำลังรับแรงดึงแบบผ่าซีก

การทดสอบกำลังรับแรงดึงแบบผ่าซีก (Splitting tensile test) ถูกพัฒนาขึ้นในประเทศบราซิล และมีวิธีการทดสอบตาม ASTM C 496 การทดสอบโดยย่อ คือ ใช้ตัวอย่างคอนกรีตรูปทรงกระบอกวางลงในแนวนอนเพื่อรับแรงกดตามแกนที่ส่งผ่านจากแผ่นไม้อัดหนา 3 มม. กว้าง 25 มม. แรงอัดที่กระทำในแนวดิ่งจะทำให้เกิดแรงดึงในแนวนอนเกือบคงที่ตลอดหน้าตัดคอนกรีตดังแสดงในรูปที่ 5-6 โดยแรงอัดในแนวดิ่งที่ผิวสัมผัสไม่ทำให้คอนกรีตวิบัติ แต่แรงดึงในแนวนอนซึ่งเกิดสูงกว่ากำลังรับแรงดึงของคอนกรีตจะทำให้คอนกรีตแตกออกเป็น 2 ซีก



รูปที่ 5-6 การทดสอบกำลังรับแรงดึงแบบผ่าซีก (Splitting tensile test)



รูปที่ 5-7 เครื่องมือทดสอบกำลังรับแรงดึงแบบผ่าซีก (Splitting tensile test)

ขั้นตอนการเจาะเก็บแท่งตัวอย่างคอนกรีต (เส้นผ่าศูนย์กลาง 5 ซม. ความลึก 10 ซม.)
ดำเนินการด้วยวิธีการเดียวกันกับการเจาะแท่งตัวอย่างคอนกรีตเพื่อทดสอบกำลังรับแรงอัดที่ได้กล่าวไป
แล้ว



5.2.2. ผลทดสอบกำลังรับแรงดึงของคอนกรีต

โครงการนี้ได้ทดสอบกำลังรับแรงดึงของคอนกรีตในช่วงสะพาน (Span) S1-S12 ช่วงละ 8 ตำแหน่ง ตอม่อสะพาน (Pier) P1 - P11 ตอม่อละ 2 ตำแหน่ง และตอม่อตัดบริม (Abutment) A1 และ A2 อย่างละ 1 ตำแหน่งรวมทั้งหมด 120 ตำแหน่ง ตารางที่ 5-3 แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงดึงของคอนกรีต โดยรายละเอียดทั้งหมดได้แสดงไว้ในภาคผนวก ง (แบบแสดงผลการทดสอบ)

ตารางที่ 5-3 ผลการทดสอบกำลังรับแรงดึงของคอนกรีต

ลำดับ	บริเวณ	ชั้นส่วน	รหัสทดสอบ	Tensile Strength (MPa)
1	S1	SW1	CT_01_SW1	1.64
2	S1	SW1	CT_02_SW1	1.47
3	S1	SW1	CT_03_SW1	2.03
4	S1	SW1	CT_04_SW1	2.20
5	S1	SW1	CT_05_SW1	2.64
6	S1	GD1	CT_06_GD1	1.98
7	S1	GD2	CT_07_GD2	2.05
8	S1	DP6	CT_08_DP6	2.00
9	S2	SW1	CT_01_SW1	2.07
10	S2	SW1	CT_02_SW1	2.07
11	S2	SW1	CT_03_SW1	1.92
12	S2	SW1	CT_04_SW1	2.02
13	S2	SW1	CT_05_SW1	1.99
14	S2	GD1	CT_06_GD1	2.09
15	S2	GD2	CT_07_GD2	0.81
16	S2	DP3	CT_08_DP3	1.89
17	S3	SW1	CT_01_SW1	2.35
18	S3	SW1	CT_02_SW1	1.70
19	S3	SW1	CT_03_SW1	2.12
20	S3	SW1	CT_04_SW1	1.93
21	S3	SW1	CT_05_SW1	1.82
22	S3	GD1	CT_06_GD1	2.41

ลำดับ	บริเวณ	ชั้นส่วน	รหัสทดสอบ	Tensile Strength (MPa)
23	S3	GD2	CT_07_GD2	2.39
24	S3	DP5	CT_08_DP5	1.89
25	S4	SW1	CT_01_SW1	3.15
26	S4	SW1	CT_02_SW1	1.85
27	S4	SW1	CT_03_SW1	1.64
28	S4	SW1	CT_04_SW1	1.47
29	S4	SW1	CT_05_SW1	2.03
30	S4	GD1	CT_06_GD1	2.20
31	S4	GD2	CT_07_GD2	2.64
32	S4	DP3	CT_08_DP3	1.98
33	S5	SW1	CT_01_SW1	2.05
34	S5	SW1	CT_02_SW1	2.00
35	S5	SW1	CT_03_SW1	2.07
36	S5	SW1	CT_04_SW1	2.07
37	S5	SW1	CT_05_SW1	1.92
38	S5	GD1	CT_06_GD1	2.02
39	S5	GD2	CT_07_GD2	1.99
40	S5	DP5	CT_08_DP5	2.09
41	S6	SW1	CT_01_SW1	0.81
42	S6	SW1	CT_02_SW1	1.89
43	S6	SW1	CT_03_SW1	2.35
44	S6	SW1	CT_04_SW1	1.70
45	S6	SW1	CT_05_SW1	2.12
46	S6	GD1	CT_06_GD1	1.93
47	S6	ST1	CT_07_ST1	1.82
48	S6	DP13	CT_08_DP13	2.41
49	S7	SW1	CT_01_SW1	2.39
50	S7	SW1	CT_02_SW1	1.89
51	S7	SW1	CT_03_SW1	3.15



ลำดับ	บริเวณ	ชั้นส่วน	รหัสทดสอบ	Tensile Strength (MPa)
52	S7	SW1	CT_04_SW1	1.85
53	S7	SW1	CT_05_SW1	1.64
54	S7	GD1	CT_06_GD1	1.47
55	S7	ST1	CT_07_ST1	2.03
56	S7	DP13	CT_08_DP13	2.20
57	S8	SW1	CT_01_SW1	2.64
58	S8	SW1	CT_02_SW1	1.98
59	S8	SW1	CT_03_SW1	2.05
60	S8	SW1	CT_04_SW1	2.00
61	S8	SW1	CT_05_SW1	2.07
62	S8	GD1	CT_06_GD1	2.07
63	S8	ST1	CT_07_ST1	1.92
64	S8	DP13	CT_08_DP13	2.02
65	S9	SW1	CT_01_SW1	1.99
66	S9	SW1	CT_02_SW1	2.09
67	S9	SW1	CT_03_SW1	0.81
68	S9	SW1	CT_04_SW1	1.89
69	S9	SW1	CT_05_SW1	2.35
70	S9	GD1	CT_06_GD1	1.70
71	S9	ST1	CT_07_ST1	2.12
72	S9	DP13	CT_08_DP13	1.93
73	S10	SW1	CT_01_SW1	1.82
74	S10	SW1	CT_02_SW1	2.41
75	S10	SW1	CT_03_SW1	2.39
76	S10	SW1	CT_04_SW1	1.89
77	S10	SW1	CT_05_SW1	3.15
78	S10	GD1	CT_06_GD1	1.85
79	S10	GD2	CT_07_GD2	1.64
80	S10	DP4	CT_08_DP4	1.47

ลำดับ	บริเวณ	ชั้นส่วน	รหัสทดสอบ	Tensile Strength (MPa)
81	S11	SW1	CT_01_SW1	2.03
82	S11	SW1	CT_02_SW1	2.20
83	S11	SW1	CT_03_SW1	2.64
84	S11	SW1	CT_04_SW1	1.98
85	S11	SW1	CT_05_SW1	2.05
86	S11	GD1	CT_06_GD1	2.00
87	S11	GD2	CT_07_GD2	2.07
88	S11	DP4	CT_08_DP4	2.07
89	S12	SW1	CT_01_SW1	1.92
90	S12	SW1	CT_02_SW1	2.02
91	S12	SW1	CT_03_SW1	1.99
92	S12	SW1	CT_04_SW1	2.09
93	S12	SW1	CT_05_SW1	0.81
94	S12	GD1	CT_06_GD1	1.89
95	S12	GD2	CT_07_GD2	2.35
96	S12	DP6	CT_08_DP6	1.70
97	A1	A	CT_01_A	2.12
98	P1	PW	CT_01_PW	1.93
99	P1	PW	CT_02_PW	1.82
100	P2	PW	CT_01_PW	2.41
101	P2	PW	CT_02_PW	2.39
102	P3	PW	CT_01_PW	1.89
103	P3	PW	CT_02_PW	3.15
104	P4	PW	CT_01_PW	1.85
105	P4	PW	CT_02_PW	1.64
106	P5	PW	CT_01_PW	1.47
107	P5	PW	CT_02_PW	2.03
108	P6	PW	CT_01_PW	2.20
109	P6	PW	CT_02_PW	2.64



ลำดับ	บริเวณ	ชั้นส่วน	รหัสทดสอบ	Tensile Strength (MPa)
110	P7	PW	CT_01_PW	1.98
111	P7	PW	CT_02_PW	2.05
112	P8	PW	CT_01_PW	2.00
113	P8	PW	CT_02_PW	2.07
114	P9	PW	CT_01_PW	2.07
115	P9	PW	CT_02_PW	1.92
116	P10	PW	CT_01_PW	2.02
117	P10	PW	CT_02_PW	1.99
118	P11	PW	CT_01_PW	2.09
119	P11	PW	CT_02_PW	0.81
120	A2	A	CT_01_A	1.89

หมายเหตุ รหัสชั้นส่วน SW = Sidewalk, GD = Girder, DP = Diaphragm, ST = Stringer,
PW = Pier Wall

5.3 การทดสอบกำลังรับแรงดึงของเหล็กเสริม

ความสามารถการรับแรงดึงของเหล็กเสริมที่ใช้ในโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กนับว่าเป็นคุณสมบัติทางกลที่สำคัญในการออกแบบและเสริมกำลังโครงสร้าง โดยเหล็กเสริมจะมีคุณสมบัติกำลังรับแรงดึงเท่ากับกำลังรับแรงอัด ดังนั้นจึงทดสอบเฉพาะคุณสมบัติการรับแรงดึงเท่านั้น

โครงการนี้ได้ทดสอบกำลังรับแรงดึงของเหล็กเสริมรวมทั้งสิ้น 60 ตำแหน่ง กระจายทั่วทั้งสะพาน โดยเหล็กเสริมที่ตัดออกจากโครงสร้างมีความยาวไม่น้อยกว่า 30 ซม. ซึ่งมีขั้นตอนและเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบดังนี้



(ก) เครื่องมือสำหรับหาตำแหน่งของเหล็กเสริม



(ข) การหาตำแหน่งของเหล็กเสริม

รูปที่ 5-8 เครื่องมือที่ใช้ในการหาตำแหน่งเหล็กเสริมในโครงสร้าง





(ก) เครื่องเจียรคอนกรีต



(ข) การเซาะร่องผิวคอนกรีต



(ค) เครื่องสกัดคอนกรีต



(ง) การสกัดคอนกรีต



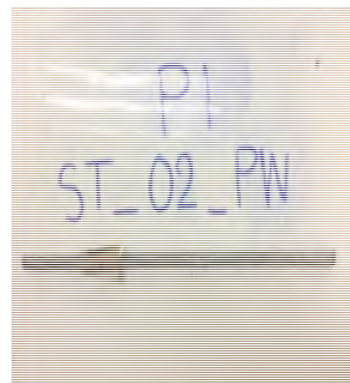
(จ) เครื่องตัดเหล็ก



(ฉ) การตัดเหล็กเสริม



(ซ) การสกัดคอนกรีตที่เหลือเพื่อนำเหล็กเสริมออกมา



(ช) ชิ้นตัวอย่างเหล็กเสริม

รูปที่ 5-9 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างเหล็กเสริม

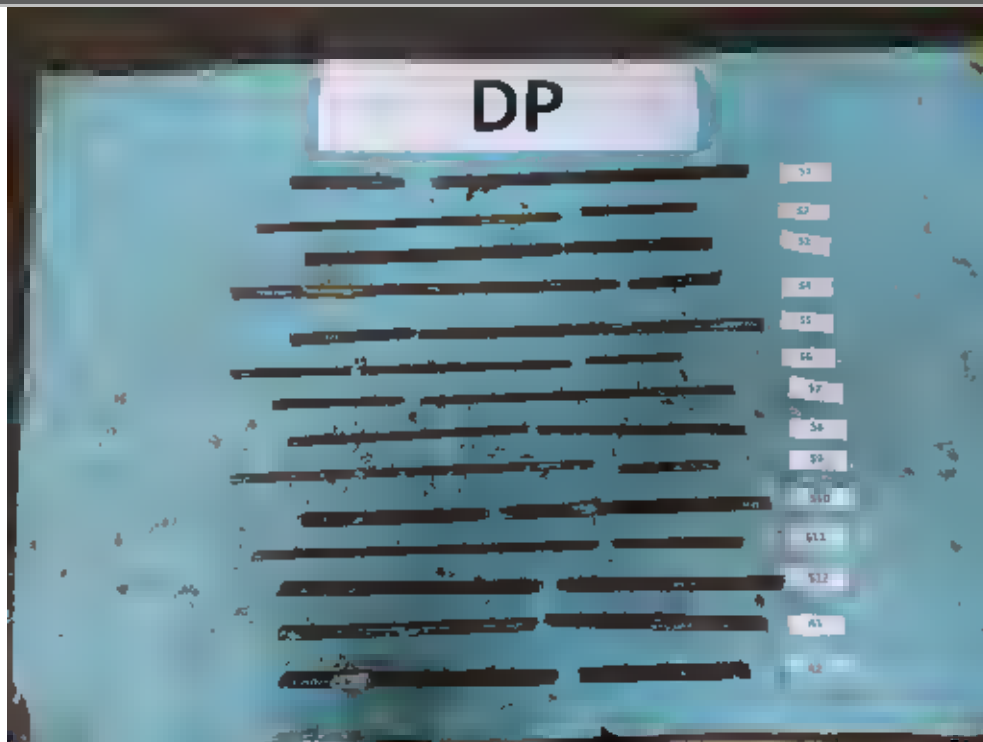
5.3.1. วิธีการทดสอบกำลังรับแรงดึงของเหล็กเสริม

- วัดความยาวของเหล็กเสริมด้วยตลับเมตรให้ละเอียดถึง 1 มิลลิเมตร
- ชั่งน้ำหนักเหล็กเสริมให้ละเอียดถึง 1 กรัม
- กำหนดความยาวพิกัดของเหล็กเสริมเท่ากับ 5D โดยใช้เหล็กสกัดตอกแสดงจุดไว้
- นำเหล็กทดสอบใส่ในเครื่องทดสอบ แล้วยึดเหล็กเสริมด้วยอุปกรณ์สำหรับจับชิ้นงานให้แน่น โดยให้ตำแหน่งของความยาวพิกัดอยู่ที่กึ่งกลางระหว่างอุปกรณ์ดังรูปที่ 5-10 ติดตั้ง Extensometer เพื่อวัดการยืดตัวของเหล็กเสริม
- ควบคุมอัตราการเพิ่มของแรงดึงประมาณ 300 ksc/วินาที พร้อมทั้งบันทึกการยืดตัวของเหล็กเสริมทุกๆ แรงดึง 250 กิโลกรัม หรืออาจใช้การแบ่งค่าเองให้ได้ประมาณ 15-20 ค่าในช่วงพิกัดยืดหยุ่นของเหล็กเสริม
- ดำเนินการทดสอบจนกระทั่งเหล็กเสริมขาด
- ถอดชิ้นทดสอบออกจากเครื่องทดสอบแล้วสังเกตรูปลักษณะความเสียหายของชิ้นทดสอบ
- นำชิ้นทดสอบที่ขาด 2 ท่อนมาต่อกันให้เหมือนเดิม วัดระยะความยาวพิกัดด้วยเวอร์เนียร์ เพื่อคำนวณค่ายืดตัวทั้งหมด



รูปที่ 5-10 การจัดตำแหน่งความยาวพิกัดของเหล็กเสริมกึ่งกลางอุปกรณ์ยึดจับ





รูปที่ 5-11 ชิ้นตัวอย่างเหล็กเสริมหลังการทดสอบ

5.3.2. ผลการทดสอบกำลังรับแรงดึงของเหล็กเสริม

ลำดับ	บริเวณ	ชั้นส่วน	รหัสทดสอบ	DB/RB	Diameter (mm)	Yield Stress (MPa)	Ultimate Stress (MPa)
1	A1	A	ST_01_A	RB	9	304	431
2	A2	A	ST_01_A	DB	9	597	956
3	P1	PW	ST_01_PW	DB	10	403	721
4	P1	PW	ST_02_PW	DB	10	469	811
21	P10	PW	ST_01_PW	DB	10	476	771
22	P10	PW	ST_02_PW	RB	10	388	665
23	P11	PW	ST_01_PW	DB	10	450	745
24	P11	PW	ST_02_PW	DB	10	255	791
5	P2	PW	ST_01_PW	DB	10	481	729
6	P2	PW	ST_02_PW	DB	10	407	669
7	P3	PW	ST_01_PW	RB	12	301	479
8	P3	PW	ST_02_PW	DB	10	382	592

ลำดับ	บริเวณ	ชั้นส่วน	รหัสทดสอบ	DB/RB	Diameter (mm)	Yield Stress (MPa)	Ultimate Stress (MPa)
9	P4	PW	ST_01_PW	DB	12	434	680
10	P4	PW	ST_02_PW	DB	10	431	771
11	P5	PW	ST_01_PW	DB	9	652	1005
12	P5	PW	ST_02_PW	DB	10	462	765
13	P6	PW	ST_01_PW	DB	9	609	852
14	P6	PW	ST_02_PW	DB	12	524	981
15	P7	PW	ST_01_PW	RB	19	163	482
16	P7	PW	ST_02_PW	DB	12	608	1038
17	P8	PW	ST_01_PW	DB	12	355	822
18	P8	PW	ST_02_PW	DB	12	589	1020
19	P9	PW	ST_01_PW	DB	12	398	765
20	P9	PW	ST_02_PW	DB	12	572	1022
25	S1	SW1	ST_01_SW1	RB	9	373	560
26	S1	SW2	ST_02_SW2	RB	10	106	357
27	S1	DP2	ST_03_DP2	DB	9	460	918
28	S2	SW1	ST_01_SW1	RB	9	374	578
29	S2	SW2	ST_02_SW2	RB	10	326	438
30	S2	DP3	ST_03_DP3	RB	6	439	469
31	S3	SW1	ST_01_SW1	DB	9	283	942
32	S3	SW2	ST_02_SW2	RB	10	297	444
33	S3	DP3	ST_03_DP3	DB	9	566	1038
34	S4	SW1	ST_01_SW1	RB	9	228	456
35	S4	SW2	ST_02_SW2	RB	9	361	514
36	S4	DP3	ST_03_DP3	RB	9	331	445
37	S5	SW1	ST_01_SW1	RB	9	293	501
38	S5	SW2	ST_02_SW2	RB	9	340	459
39	S5	DP5	ST_03_DP5	RB	9	335	488
40	S6	SW1	ST_01_SW1	DB	10	457	766
41	S6	SW2	ST_02_SW2	RB	12	288	489
42	S6	DP13	ST_03_DP13	RB	6	132	365



ลำดับ	บริเวณ	ชั้นส่วน	รหัสทดสอบ	DB/RB	Diameter (mm)	Yield Stress (MPa)	Ultimate Stress (MPa)
43	S7	SW1	ST_01_SW1	RB	12	221	517
44	S7	SW2	ST_02_SW2	RB	12	256	517
45	S7	DP13	ST_03_DP13	RB	6	105	306
46	S8	SW1	ST_01_SW1	RB	12	254	482
47	S8	SW2	ST_02_SW2	RB	12	274	477
48	S8	DP13	ST_03_DP13	RB	6	100	265
49	S9	SW1	ST_01_SW1	RB	10	313	419
50	S9	SW2	ST_02_SW2	RB	12	300	472
51	S9	DP13	ST_03_DP13	RB	6	245	266
52	S10	SW1	ST_01_SW1	RB	9	346	449
53	S10	SW2	ST_02_SW2	RB	10	273	358
54	S10	DP4	ST_03_DP4	DB	9	285	711
55	S11	SW1	ST_01_SW1	RB	10	278	370
56	S11	SW2	ST_02_SW2	RB	10	276	375
57	S11	DP3	ST_03_DP3	RB	9	22	125
58	S12	SW1	ST_01_SW1	DB	10	439	760
59	S12	SW2	ST_02_SW2	RB	10	293	423
60	S12	DP2	ST_03_DP2	RB	9	348	527

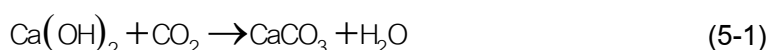
หมายเหตุ รหัสชั้นส่วน SW = Sidewalk, DP = Diaphragm, PW = Pier Wall

5.4 การทดสอบการเกิดคาร์บอนเนชัน

5.4.1. วิธีการทดสอบการเกิดคาร์บอนเนชัน

การทดสอบหาความลึกการเกิดปฏิกิริยาคาร์บอนเนชัน (Carbonation Depth) ในคอนกรีต เป็นการตรวจสอบระดับการเสื่อมสภาพของผิวคอนกรีตที่ใช้องกันสนิมให้กับเหล็กเสริม โดยการเกิดคาร์บอนเนชันในเนื้อคอนกรีตเป็นกระบวนการเปลี่ยนแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) และแคลเซียมซิลิเกตไฮเดรต (C-S-H) ที่เป็นผลผลิตจากปฏิกิริยาไฮเดรชันให้เป็นผลิตภัณฑ์คาร์บอนเนต โดยปฏิกิริยานี้จะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อมีความชื้นและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

คอนกรีตในสภาวะเริ่มต้นจะเป็นสารประกอบของซีเมนต์ไฮเดรต จำพวกแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) ซึ่งมีสภาวะเป็นด่าง ค่า pH ประมาณ 12 ซึ่งเหล็กเสริมในสภาวะที่เป็นด่างสูงจะไม่เกิดสนิม แต่เมื่อปล่อยทิ้งไว้เป็นเวลานานๆ ผิวคอนกรีตจะทำปฏิกิริยากับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ทำให้เกิดสารประกอบแคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO_3) ขึ้น ดังสมการ



กระบวนการทางเคมีดังกล่าวนี้จะเกิดขึ้นที่ผิวคอนกรีตที่สัมผัสกับอากาศและความชื้นโดยตรง และจะค่อย ๆ เกิดลึกลงไปเรื่อยๆ ตามปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์และความชื้นที่ซึมผ่านเข้าไปในเนื้อคอนกรีต ผลของคาร์บอนเนชันจะทำให้แคลเซียมไฮดรอกไซด์ ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) ในคอนกรีตถูกใช้ไปในปฏิกิริยาดังกล่าว หากความลึกของคาร์บอนเนชันเกิดเข้าไปจนถึงตำแหน่งเหล็กเสริม จะทำให้ความเป็นด่างของคอนกรีตรอบเหล็กเสริมลดต่ำลง ส่งผลให้เหล็กเสริมสามารถเกิดสนิมขึ้นได้ ซึ่งการตรวจสอบความลึกการเกิดปฏิกิริยาคาร์บอนเนชันสามารถกระทำได้ ดังนี้

1) สารเคมีที่ใช้ในการทดสอบ

สารละลายฟีนอล์ฟทาลีน (Phenolphthalein $\text{C}_{20}\text{H}_{14}\text{O}_4$) 1% ในแอลกอฮอล์



รูปที่ 5-12 สารละลายฟีนอล์ฟทาลีน



2) วิธีการทดสอบ

- ทำการเจาะเก็บผงตัวอย่างคอนกรีตดังรูปที่ 5-13 (ก) ที่ระดับความลึก 1 ซม. 2 ซม. 3 ซม. 4 ซม. และ 5 ซม. จากผิวคอนกรีต โดยหลีกเลี่ยงการเจาะถูกเหล็กเสริม
- นำผงตัวอย่างคอนกรีตที่ระดับความลึกต่าง ๆ มาทดสอบด้วยสารละลาย Phenolphthalein 1% ในแอลกอฮอล์ ที่ห้องปฏิบัติการ หากผงคอนกรีตเปลี่ยนเป็นสีม่วงแดง แสดงว่าคอนกรีตยังคงสภาพความเป็นด่างอยู่ แต่หากไม่เปลี่ยนสีหรือเปลี่ยนเป็นสีจางๆ แสดงว่า คอนกรีตมีค่าความเป็นด่างลดลง หรือเกิดคาร์บอนเนชันขึ้นในระดับความลึกนี้ดังรูปที่ 5-13 (ข)



(ก) การเจาะเก็บผงตัวอย่างคอนกรีตที่ระดับความลึกต่าง ๆ

(ข) การตรวจสอบคาร์บอนเนชัน

รูปที่ 5-13 การทดสอบความลึกการเกิดปฏิกิริยาคาร์บอนเนชัน

5.4.2. ผลการทดสอบการเกิดคาร์บอนเนชั่น

โครงการนี้ได้ทดสอบการเกิดคาร์บอนเนชั่นในช่วงสะพาน (Span) S1 - S12 ช่วงละ 39 ตำแหน่ง ตอม่อสะพาน (Pier) P1 - P11 ตอม่อละ 16 ตำแหน่งและตอม่อตับริม (Abutment) A1 และ A2 อย่างละ 8 ตำแหน่งรวมทั้งหมด 660 ตำแหน่งตารางที่ 5-4 แสดงผลการทดสอบหาค่าความลึกปฏิกิริยาคาร์บอนเนชั่นสะพานเดชาติวงศ์ โดยรายละเอียดทั้งหมดได้แสดงไว้ในภาคผนวก ง (แบบแสดงผลการทดสอบ)

ตารางที่ 5-4 ผลการทดสอบหาค่าความลึกปฏิกิริยาคาร์บอนเนชั่น

ลำดับ	บริเวณ	ชั้นส่วน	รหัสทดสอบ	ความลึกสูงสุดที่เกิดปฏิกิริยา คาร์บอนเนชั่นจากผิวคอนกรีต
1	S1	SW1	Ca_01_SW1	5 cm
2	S1	SW1	Ca_02_SW1	5 cm
3	S1	SW1	Ca_03_SW1	4 cm
4	S1	SW1	Ca_04_SW1	5 cm
5	S1	SW1	Ca_05_SW1	5 cm
6	S1	SW1	Ca_06_SW1	5 cm
7	S1	SW2	Ca_07_SW2	5 cm
8	S1	SW2	Ca_08_SW2	5 cm
9	S1	SW2	Ca_09_SW2	4 cm
10	S1	SW2	Ca_10_SW2	5 cm
11	S1	SW2	Ca_11_SW2	5 cm
12	S1	SW2	Ca_12_SW2	5 cm
13	S1	DK	Ca_13_DK	ไม่พบ
14	S1	DK	Ca_14_DK	ไม่พบ
15	S1	DK	Ca_15_DK	ไม่พบ
16	S1	DK	Ca_16_DK	5 cm
17	S1	DK	Ca_17_DK	ไม่พบ
18	S1	DK	Ca_18_DK	1 cm
19	S1	DK	Ca_19_DK	5 cm
20	S1	DK	Ca_20_DK	2 cm
21	S1	DK	Ca_21_DK	ไม่พบ
22	S1	DK	Ca_22_DK	5 cm
23	S1	DK	Ca_23_DK	ไม่พบ
24	S1	DK	Ca_24_DK	ไม่พบ



ลำดับ	บริเวณ	ชั้นส่วน	รหัสทดสอบ	ความลึกสูงสุดที่เกิดปฏิกิริยา คาร์บอนเนชันจากผิวคอนกรีต
25	S1	GD1	Ca_25_GD1	5 cm
26	S1	GD1	Ca_26_GD1	ไม่พบ
27	S1	GD1	Ca_27_GD1	ไม่พบ
28	S1	GD2	Ca_28_GD2	ไม่พบ
29	S1	GD2	Ca_29_GD2	2 cm
30	S1	GD2	Ca_30_GD2	ไม่พบ
31	S1	GD3	Ca_31_GD3	ไม่พบ
32	S1	GD3	Ca_32_GD3	ไม่พบ
33	S1	GD3	Ca_33_GD3	ไม่พบ
34	S1	DP2	Ca_34_DP2	5 cm
35	S1	DP4	Ca_35_DP4	4 cm
36	S1	DP6	Ca_36_DP6	5 cm
37	S1	DP2	Ca_37_DP2	4 cm
38	S1	DP4	Ca_38_DP4	1 cm
39	S1	DP6	Ca_39_DP6	4 cm
40	S2	SW1	Ca_01_SW1	ไม่พบ
41	S2	SW1	Ca_02_SW1	ไม่พบ
42	S2	SW1	Ca_03_SW1	ไม่พบ
43	S2	SW1	Ca_04_SW1	1 cm
44	S2	SW1	Ca_05_SW1	2 cm
45	S2	SW1	Ca_06_SW1	4 cm
46	S2	SW2	Ca_07_SW2	ไม่พบ
47	S2	SW2	Ca_08_SW2	ไม่พบ
48	S2	SW2	Ca_09_SW2	ไม่พบ
49	S2	SW2	Ca_10_SW2	2 cm
50	S2	SW2	Ca_11_SW2	2 cm
51	S2	SW2	Ca_12_SW2	4 cm
52	S2	DK	Ca_13_DK	ไม่พบ
53	S2	DK	Ca_14_DK	ไม่พบ
54	S2	DK	Ca_15_DK	ไม่พบ
55	S2	DK	Ca_16_DK	5 cm

ลำดับ	บริเวณ	ชั้นส่วน	รหัสทดสอบ	ความลึกสูงสุดที่เกิดปฏิกิริยา คาร์บอนเนชันจากผิวคอนกรีต
56	S2	DK	Ca_17_DK	ไม่พบ
57	S2	DK	Ca_18_DK	ไม่พบ
58	S2	DK	Ca_19_DK	5 cm
59	S2	DK	Ca_20_DK	5 cm
60	S2	DK	Ca_21_DK	ไม่พบ
61	S2	DK	Ca_22_DK	5 cm
62	S2	DK	Ca_23_DK	ไม่พบ
63	S2	DK	Ca_24_DK	ไม่พบ
64	S2	GD1	Ca_25_GD1	5 cm
65	S2	GD1	Ca_26_GD1	ไม่พบ
66	S2	GD1	Ca_27_GD1	ไม่พบ
67	S2	GD2	Ca_28_GD2	ไม่พบ
68	S2	GD2	Ca_29_GD2	ไม่พบ
69	S2	GD2	Ca_30_GD2	ไม่พบ
70	S2	GD3	Ca_31_GD3	ไม่พบ
71	S2	GD3	Ca_32_GD3	ไม่พบ
72	S2	GD3	Ca_33_GD3	ไม่พบ
73	S2	DP1	Ca_34_DP1	5 cm
74	S2	DP2	Ca_35_DP2	ไม่พบ
75	S2	DP3	Ca_36_DP3	5 cm
76	S2	DP1	Ca_37_DP1	4 cm
77	S2	DP2	Ca_38_DP2	ไม่พบ
78	S2	DP3	Ca_39_DP3	4 cm
79	S3	SW1	Ca_01_SW1	2 cm
80	S3	SW1	Ca_02_SW1	3 cm
81	S3	SW1	Ca_03_SW1	4 cm
82	S3	SW1	Ca_04_SW1	5 cm
83	S3	SW1	Ca_05_SW1	2 cm
84	S3	SW1	Ca_06_SW1	ไม่พบ
85	S3	SW2	Ca_07_SW2	1 cm
86	S3	SW2	Ca_08_SW2	2 cm



ลำดับ	บริเวณ	ชั้นส่วน	รหัสทดสอบ	ความลึกสูงสุดที่เกิดปฏิกิริยา คาร์บอนเนชันจากผิวคอนกรีต
87	S3	SW2	Ca_09_SW2	5 cm
88	S3	SW2	Ca_10_SW2	5 cm
89	S3	SW2	Ca_11_SW2	2 cm
90	S3	SW2	Ca_12_SW2	ไม่พบ
91	S3	DK	Ca_13_DK	ไม่พบ
92	S3	DK	Ca_14_DK	ไม่พบ
93	S3	DK	Ca_15_DK	ไม่พบ
94	S3	DK	Ca_16_DK	5 cm
95	S3	DK	Ca_17_DK	ไม่พบ
96	S3	DK	Ca_18_DK	ไม่พบ
97	S3	DK	Ca_19_DK	5 cm
98	S3	DK	Ca_20_DK	ไม่พบ
99	S3	DK	Ca_21_DK	ไม่พบ
100	S3	DK	Ca_22_DK	5 cm
101	S3	DK	Ca_23_DK	ไม่พบ
102	S3	DK	Ca_24_DK	ไม่พบ
103	S3	GD1	Ca_25_GD1	5 cm
104	S3	GD1	Ca_26_GD1	ไม่พบ
105	S3	GD1	Ca_27_GD1	ไม่พบ
106	S3	GD2	Ca_28_GD2	ไม่พบ
107	S3	GD2	Ca_29_GD2	ไม่พบ
108	S3	GD2	Ca_30_GD2	ไม่พบ
109	S3	GD3	Ca_31_GD3	ไม่พบ
110	S3	GD3	Ca_32_GD3	ไม่พบ
111	S3	GD3	Ca_33_GD3	ไม่พบ
112	S3	DP3	Ca_34_DP3	5 cm
113	S3	DP4	Ca_35_DP4	ไม่พบ
114	S3	DP5	Ca_36_DP5	5 cm
115	S3	DP3	Ca_37_DP3	4 cm
116	S3	DP4	Ca_38_DP4	ไม่พบ
117	S3	DP5	Ca_39_DP5	5 cm

ลำดับ	บริเวณ	ชั้นส่วน	รหัสทดสอบ	ความลึกสูงสุดที่เกิดปฏิกิริยา คาร์บอนเนชันจากผิวคอนกรีต
118	S4	SW1	Ca_01_SW1	ไม่พบ
119	S4	SW1	Ca_02_SW1	3 cm
120	S4	SW1	Ca_03_SW1	1 cm
121	S4	SW1	Ca_04_SW1	ไม่พบ
122	S4	SW1	Ca_05_SW1	ไม่พบ
123	S4	SW1	Ca_06_SW1	3 cm
124	S4	SW2	Ca_07_SW2	ไม่พบ
125	S4	SW2	Ca_08_SW2	ไม่พบ
126	S4	SW2	Ca_09_SW2	1 cm
127	S4	SW2	Ca_10_SW2	1 cm
128	S4	SW2	Ca_11_SW2	ไม่พบ
129	S4	SW2	Ca_12_SW2	3 cm
130	S4	DK	Ca_13_DK	5 cm
131	S4	DK	Ca_14_DK	5 cm
132	S4	DK	Ca_15_DK	1 cm
133	S4	DK	Ca_16_DK	2 cm
134	S4	DK	Ca_17_DK	3 cm
135	S4	DK	Ca_18_DK	ไม่พบ
136	S4	DK	Ca_19_DK	5 cm
137	S4	DK	Ca_20_DK	4 cm
138	S4	DK	Ca_21_DK	5 cm
139	S4	DK	Ca_22_DK	2 cm
140	S4	DK	Ca_23_DK	1 cm
141	S4	DK	Ca_24_DK	ไม่พบ
142	S4	GD1	Ca_25_GD1	4 cm
143	S4	GD1	Ca_26_GD1	1 cm
144	S4	GD1	Ca_27_GD1	ไม่พบ
145	S4	GD2	Ca_28_GD2	2 cm
146	S4	GD2	Ca_29_GD2	ไม่พบ
147	S4	GD2	Ca_30_GD2	3 cm
148	S4	GD3	Ca_31_GD3	1 cm



ลำดับ	บริเวณ	ชั้นส่วน	รหัสทดสอบ	ความลึกสูงสุดที่เกิดปฏิกิริยา คาร์บอนเนชันจากผิวคอนกรีต
149	S4	GD3	Ca_32_GD3	2 cm
150	S4	GD3	Ca_33_GD3	ไม่พบ
151	S4	DP1	Ca_34_DP1	ไม่พบ
152	S4	DP2	Ca_35_DP2	ไม่พบ
153	S4	DP3	Ca_36_DP3	ไม่พบ
154	S4	DP1	Ca_37_DP1	3 cm
155	S4	DP2	Ca_38_DP2	5 cm
156	S4	DP3	Ca_39_DP3	1 cm
157	S5	SW1	Ca_01_SW1	ไม่พบ
158	S5	SW1	Ca_02_SW1	ไม่พบ
159	S5	SW1	Ca_03_SW1	ไม่พบ
160	S5	SW1	Ca_04_SW1	ไม่พบ
161	S5	SW1	Ca_05_SW1	ไม่พบ
162	S5	SW1	Ca_06_SW1	ไม่พบ
163	S5	SW2	Ca_07_SW2	ไม่พบ
164	S5	SW2	Ca_08_SW2	ไม่พบ
165	S5	SW2	Ca_09_SW2	ไม่พบ
166	S5	SW2	Ca_10_SW2	ไม่พบ
167	S5	SW2	Ca_11_SW2	1 cm
168	S5	SW2	Ca_12_SW2	ไม่พบ
169	S5	DK	Ca_13_DK	1 cm
170	S5	DK	Ca_14_DK	ไม่พบ
171	S5	DK	Ca_15_DK	ไม่พบ
172	S5	DK	Ca_16_DK	ไม่พบ
173	S5	DK	Ca_17_DK	2 cm
174	S5	DK	Ca_18_DK	ไม่พบ
175	S5	DK	Ca_19_DK	2 cm
176	S5	DK	Ca_20_DK	ไม่พบ
177	S5	DK	Ca_21_DK	ไม่พบ
178	S5	DK	Ca_22_DK	2 cm
179	S5	DK	Ca_23_DK	ไม่พบ

ลำดับ	บริเวณ	ชั้นส่วน	รหัสทดสอบ	ความลึกสูงสุดที่เกิดปฏิกิริยา คาร์บอนเนชันจากผิวคอนกรีต
180	S5	DK	Ca_24_DK	ไม่พบ
181	S5	GD1	Ca_25_GD1	ไม่พบ
182	S5	GD1	Ca_26_GD1	2 cm
183	S5	GD1	Ca_27_GD1	ไม่พบ
184	S5	GD2	Ca_28_GD2	ไม่พบ
185	S5	GD2	Ca_29_GD2	ไม่พบ
186	S5	GD2	Ca_30_GD2	ไม่พบ
187	S5	GD3	Ca_31_GD3	ไม่พบ
188	S5	GD3	Ca_32_GD3	ไม่พบ
189	S5	GD3	Ca_33_GD3	3 cm
190	S5	DP3	Ca_34_DP3	ไม่พบ
191	S5	DP4	Ca_35_DP4	ไม่พบ
192	S5	DP5	Ca_36_DP5	ไม่พบ
193	S5	DP3	Ca_37_DP3	2 cm
194	S5	DP4	Ca_38_DP4	ไม่พบ
195	S5	DP5	Ca_39_DP5	ไม่พบ
196	S6	SW1	Ca_01_SW1	ไม่พบ
197	S6	SW1	Ca_02_SW1	ไม่พบ
198	S6	SW1	Ca_03_SW1	1 cm
199	S6	SW1	Ca_04_SW1	ไม่พบ
200	S6	SW1	Ca_05_SW1	ไม่พบ
201	S6	SW1	Ca_06_SW1	4 cm
202	S6	SW2	Ca_07_SW2	ไม่พบ
203	S6	SW2	Ca_08_SW2	ไม่พบ
204	S6	SW2	Ca_09_SW2	1 cm
205	S6	SW2	Ca_10_SW2	1 cm
206	S6	SW2	Ca_11_SW2	3 cm
207	S6	SW2	Ca_12_SW2	4 cm
208	S6	DK	Ca_13_DK	4 cm
209	S6	DK	Ca_14_DK	5 cm
210	S6	DK	Ca_15_DK	ไม่พบ



ลำดับ	บริเวณ	ชั้นส่วน	รหัสทดสอบ	ความลึกสูงสุดที่เกิดปฏิกิริยา คาร์บอนเนชันจากผิวคอนกรีต
211	S6	DK	Ca_16_DK	ไม่พบ
212	S6	DK	Ca_17_DK	1 cm
213	S6	DK	Ca_18_DK	2 cm
214	S6	DK	Ca_19_DK	ไม่พบ
215	S6	DK	Ca_20_DK	ไม่พบ
216	S6	DK	Ca_21_DK	4 cm
217	S6	DK	Ca_22_DK	1 cm
218	S6	DK	Ca_23_DK	2 cm
219	S6	DK	Ca_24_DK	2 cm
220	S6	GD1	Ca_25_GD1	ไม่พบ
221	S6	GD1	Ca_26_GD1	ไม่พบ
222	S6	GD1	Ca_27_GD1	ไม่พบ
223	S6	GD2	Ca_28_GD2	ไม่พบ
224	S6	GD2	Ca_29_GD2	ไม่พบ
225	S6	GD2	Ca_30_GD2	4 cm
226	S6	ST1	Ca_31_ST1	ไม่พบ
227	S6	ST1	Ca_32_ST1	ไม่พบ
228	S6	ST1	Ca_33_ST1	4 cm
229	S6	DP5	Ca_34_DP5	2 cm
230	S6	DP9	Ca_35_DP9	ไม่พบ
231	S6	DP13	Ca_36_DP13	2 cm
232	S6	DP5	Ca_37_DP5	ไม่พบ
233	S6	DP9	Ca_38_DP9	ไม่พบ
234	S6	DP13	Ca_39_DP13	ไม่พบ
235	S7	SW1	Ca_01_SW1	ไม่พบ
236	S7	SW1	Ca_02_SW1	ไม่พบ
237	S7	SW1	Ca_03_SW1	ไม่พบ
238	S7	SW1	Ca_04_SW1	4 cm
239	S7	SW1	Ca_05_SW1	2 cm
240	S7	SW1	Ca_06_SW1	3 cm
241	S7	SW2	Ca_07_SW2	ไม่พบ

ลำดับ	บริเวณ	ชั้นส่วน	รหัสทดสอบ	ความลึกสูงสุดที่เกิดปฏิกิริยา คาร์บอนเนชันจากผิวคอนกรีต
242	S7	SW2	Ca_08_SW2	ไม่พบ
243	S7	SW2	Ca_09_SW2	ไม่พบ
244	S7	SW2	Ca_10_SW2	5 cm
245	S7	SW2	Ca_11_SW2	2 cm
246	S7	SW2	Ca_12_SW2	3 cm
247	S7	DK	Ca_13_DK	ไม่พบ
248	S7	DK	Ca_14_DK	5 cm
249	S7	DK	Ca_15_DK	ไม่พบ
250	S7	DK	Ca_16_DK	ไม่พบ
251	S7	DK	Ca_17_DK	ไม่พบ
252	S7	DK	Ca_18_DK	ไม่พบ
253	S7	DK	Ca_19_DK	3 cm
254	S7	DK	Ca_20_DK	ไม่พบ
255	S7	DK	Ca_21_DK	4 cm
256	S7	DK	Ca_22_DK	1 cm
257	S7	DK	Ca_23_DK	2 cm
258	S7	DK	Ca_24_DK	ไม่พบ
259	S7	GD1	Ca_25_GD1	ไม่พบ
260	S7	GD1	Ca_26_GD1	ไม่พบ
261	S7	GD1	Ca_27_GD1	ไม่พบ
262	S7	GD2	Ca_28_GD2	ไม่พบ
263	S7	GD2	Ca_29_GD2	ไม่พบ
264	S7	GD2	Ca_30_GD2	4 cm
265	S7	ST1	Ca_31_ST1	ไม่พบ
266	S7	ST1	Ca_32_ST1	ไม่พบ
267	S7	ST1	Ca_33_ST1	4 cm
268	S7	DP5	Ca_34_DP5	ไม่พบ
269	S7	DP9	Ca_35_DP9	ไม่พบ
270	S7	DP13	Ca_36_DP13	2 cm
271	S7	DP5	Ca_37_DP5	ไม่พบ
272	S7	DP9	Ca_38_DP9	ไม่พบ



ลำดับ	บริเวณ	ชั้นส่วน	รหัสทดสอบ	ความลึกสูงสุดที่เกิดปฏิกิริยา คาร์บอนเนชันจากผิวคอนกรีต
273	S7	DP13	Ca_39_DP13	ไม่พบ
274	S8	SW1	Ca_01_SW1	ไม่พบ
275	S8	SW1	Ca_02_SW1	2 cm
276	S8	SW1	Ca_03_SW1	4 cm
277	S8	SW1	Ca_04_SW1	2 cm
278	S8	SW1	Ca_05_SW1	1 cm
279	S8	SW1	Ca_06_SW1	4 cm
280	S8	SW2	Ca_07_SW2	1 cm
281	S8	SW2	Ca_08_SW2	2 cm
282	S8	SW2	Ca_09_SW2	4 cm
283	S8	SW2	Ca_10_SW2	2 cm
284	S8	SW2	Ca_11_SW2	1 cm
285	S8	SW2	Ca_12_SW2	5 cm
286	S8	DK	Ca_13_DK	ไม่พบ
287	S8	DK	Ca_14_DK	ไม่พบ
288	S8	DK	Ca_15_DK	ไม่พบ
289	S8	DK	Ca_16_DK	ไม่พบ
290	S8	DK	Ca_17_DK	ไม่พบ
291	S8	DK	Ca_18_DK	ไม่พบ
292	S8	DK	Ca_19_DK	ไม่พบ
293	S8	DK	Ca_20_DK	ไม่พบ
294	S8	DK	Ca_21_DK	ไม่พบ
295	S8	DK	Ca_22_DK	ไม่พบ
296	S8	DK	Ca_23_DK	ไม่พบ
297	S8	DK	Ca_24_DK	ไม่พบ
298	S8	GD1	Ca_25_GD1	ไม่พบ
299	S8	GD1	Ca_26_GD1	ไม่พบ
300	S8	GD1	Ca_27_GD1	ไม่พบ
301	S8	GD2	Ca_28_GD2	ไม่พบ
302	S8	GD2	Ca_29_GD2	2 cm
303	S8	GD2	Ca_30_GD2	ไม่พบ

ลำดับ	บริเวณ	ชั้นส่วน	รหัสทดสอบ	ความลึกสูงสุดที่เกิดปฏิกิริยา คาร์บอนเนชันจากผิวคอนกรีต
304	S8	ST1	Ca_31_ST1	ไม่พบ
305	S8	ST1	Ca_32_ST1	2 cm
306	S8	ST1	Ca_33_ST1	ไม่พบ
307	S8	DP5	Ca_34_DP5	ไม่พบ
308	S8	DP9	Ca_35_DP9	ไม่พบ
309	S8	DP13	Ca_36_DP13	ไม่พบ
310	S8	DP5	Ca_37_DP5	ไม่พบ
311	S8	DP9	Ca_38_DP9	2 cm
312	S8	DP13	Ca_39_DP13	ไม่พบ
313	S9	SW1	Ca_01_SW1	1 cm
314	S9	SW1	Ca_02_SW1	1 cm
315	S9	SW1	Ca_03_SW1	ไม่พบ
316	S9	SW1	Ca_04_SW1	1 cm
317	S9	SW1	Ca_05_SW1	1 cm
318	S9	SW1	Ca_06_SW1	1 cm
319	S9	SW2	Ca_07_SW2	ไม่พบ
320	S9	SW2	Ca_08_SW2	3 cm
321	S9	SW2	Ca_09_SW2	ไม่พบ
322	S9	SW2	Ca_10_SW2	1 cm
323	S9	SW2	Ca_11_SW2	1 cm
324	S9	SW2	Ca_12_SW2	1 cm
325	S9	DK	Ca_13_DK	ไม่พบ
326	S9	DK	Ca_14_DK	ไม่พบ
327	S9	DK	Ca_15_DK	ไม่พบ
328	S9	DK	Ca_16_DK	ไม่พบ
329	S9	DK	Ca_17_DK	ไม่พบ
330	S9	DK	Ca_18_DK	ไม่พบ
331	S9	DK	Ca_19_DK	ไม่พบ
332	S9	DK	Ca_20_DK	ไม่พบ
333	S9	DK	Ca_21_DK	ไม่พบ
334	S9	DK	Ca_22_DK	ไม่พบ



ลำดับ	บริเวณ	ชั้นส่วน	รหัสทดสอบ	ความลึกสูงสุดที่เกิดปฏิกิริยา คาร์บอนเนชันจากผิวคอนกรีต
335	S9	DK	Ca_23_DK	ไม่พบ
336	S9	DK	Ca_24_DK	ไม่พบ
337	S9	GD1	Ca_25_GD1	ไม่พบ
338	S9	GD1	Ca_26_GD1	ไม่พบ
339	S9	GD1	Ca_27_GD1	ไม่พบ
340	S9	GD2	Ca_28_GD2	ไม่พบ
341	S9	GD2	Ca_29_GD2	2 cm
342	S9	GD2	Ca_30_GD2	ไม่พบ
343	S9	ST1	Ca_31_ST1	ไม่พบ
344	S9	ST1	Ca_32_ST1	ไม่พบ
345	S9	ST1	Ca_33_ST1	ไม่พบ
346	S9	DP5	Ca_34_DP5	ไม่พบ
347	S9	DP9	Ca_35_DP9	ไม่พบ
348	S9	DP13	Ca_36_DP13	ไม่พบ
349	S9	DP5	Ca_37_DP5	ไม่พบ
350	S9	DP9	Ca_38_DP9	ไม่พบ
351	S9	DP13	Ca_39_DP13	ไม่พบ
352	S10	SW1	Ca_01_SW1	3 cm
353	S10	SW1	Ca_02_SW1	3 cm
354	S10	SW1	Ca_03_SW1	2 cm
355	S10	SW1	Ca_04_SW1	ไม่พบ
356	S10	SW1	Ca_05_SW1	ไม่พบ
357	S10	SW1	Ca_06_SW1	3 cm
358	S10	SW2	Ca_07_SW2	ไม่พบ
359	S10	SW2	Ca_08_SW2	ไม่พบ
360	S10	SW2	Ca_09_SW2	2 cm
361	S10	SW2	Ca_10_SW2	ไม่พบ
362	S10	SW2	Ca_11_SW2	ไม่พบ
363	S10	SW2	Ca_12_SW2	3 cm
364	S10	DK	Ca_13_DK	5 cm
365	S10	DK	Ca_14_DK	4 cm

ลำดับ	บริเวณ	ชั้นส่วน	รหัสทดสอบ	ความลึกสูงสุดที่เกิดปฏิกิริยา คาร์บอนेशनจากผิวคอนกรีต
366	S10	DK	Ca_15_DK	3 cm
367	S10	DK	Ca_16_DK	3 cm
368	S10	DK	Ca_17_DK	ไม่พบ
369	S10	DK	Ca_18_DK	ไม่พบ
370	S10	DK	Ca_19_DK	5 cm
371	S10	DK	Ca_20_DK	5 cm
372	S10	DK	Ca_21_DK	4 cm
373	S10	DK	Ca_22_DK	5 cm
374	S10	DK	Ca_23_DK	3 cm
375	S10	DK	Ca_24_DK	1 cm
376	S10	GD1	Ca_25_GD1	3 cm
377	S10	GD1	Ca_26_GD1	3 cm
378	S10	GD1	Ca_27_GD1	3 cm
379	S10	GD2	Ca_28_GD2	4 cm
380	S10	GD2	Ca_29_GD2	2 cm
381	S10	GD2	Ca_30_GD2	ไม่พบ
382	S10	GD3	Ca_31_GD3	4 cm
383	S10	GD3	Ca_32_GD3	5 cm
384	S10	GD3	Ca_33_GD3	ไม่พบ
385	S10	DP2	Ca_34_DP2	4 cm
386	S10	DP3	Ca_35_DP3	4 cm
387	S10	DP4	Ca_36_DP4	5 cm
388	S10	DP2	Ca_37_DP2	4 cm
389	S10	DP3	Ca_38_DP3	2 cm
390	S10	DP4	Ca_39_DP4	5 cm
391	S11	SW1	Ca_01_SW1	3 cm
392	S11	SW1	Ca_02_SW1	4 cm
393	S11	SW1	Ca_03_SW1	3 cm
394	S11	SW1	Ca_04_SW1	5 cm
395	S11	SW1	Ca_05_SW1	4 cm
396	S11	SW1	Ca_06_SW1	4 cm



ลำดับ	บริเวณ	ชั้นส่วน	รหัสทดสอบ	ความลึกสูงสุดที่เกิดปฏิกิริยา คาร์บอนเนชันจากผิวคอนกรีต
397	S11	SW2	Ca_07_SW2	3 cm
398	S11	SW2	Ca_08_SW2	4 cm
399	S11	SW2	Ca_09_SW2	4 cm
400	S11	SW2	Ca_10_SW2	5 cm
401	S11	SW2	Ca_11_SW2	4 cm
402	S11	SW2	Ca_12_SW2	4 cm
403	S11	DK	Ca_13_DK	ไม่พบ
404	S11	DK	Ca_14_DK	5 cm
405	S11	DK	Ca_15_DK	3 cm
406	S11	DK	Ca_16_DK	ไม่พบ
407	S11	DK	Ca_17_DK	ไม่พบ
408	S11	DK	Ca_18_DK	ไม่พบ
409	S11	DK	Ca_19_DK	5 cm
410	S11	DK	Ca_20_DK	5 cm
411	S11	DK	Ca_21_DK	4 cm
412	S11	DK	Ca_22_DK	5 cm
413	S11	DK	Ca_23_DK	ไม่พบ
414	S11	DK	Ca_24_DK	ไม่พบ
415	S11	GD1	Ca_25_GD1	4 cm
416	S11	GD1	Ca_26_GD1	3 cm
417	S11	GD1	Ca_27_GD1	4 cm
418	S11	GD2	Ca_28_GD2	4 cm
419	S11	GD2	Ca_29_GD2	ไม่พบ
420	S11	GD2	Ca_30_GD2	ไม่พบ
421	S11	GD3	Ca_31_GD3	4 cm
422	S11	GD3	Ca_32_GD3	5 cm
423	S11	GD3	Ca_33_GD3	ไม่พบ
424	S11	DP1	Ca_34_DP1	4 cm
425	S11	DP2	Ca_35_DP2	4 cm
426	S11	DP3	Ca_36_DP3	5 cm
427	S11	DP1	Ca_37_DP1	4 cm

ลำดับ	บริเวณ	ชั้นส่วน	รหัสทดสอบ	ความลึกสูงสุดที่เกิดปฏิกิริยา คาร์บอนเนชันจากผิวคอนกรีต
428	S11	DP2	Ca_38_DP2	2 cm
429	S11	DP3	Ca_39_DP3	5 cm
430	S12	SW1	Ca_01_SW1	ไม่พบ
431	S12	SW1	Ca_02_SW1	3 cm
432	S12	SW1	Ca_03_SW1	ไม่พบ
433	S12	SW1	Ca_04_SW1	ไม่พบ
434	S12	SW1	Ca_05_SW1	3 cm
435	S12	SW1	Ca_06_SW1	ไม่พบ
436	S12	SW2	Ca_07_SW2	ไม่พบ
437	S12	SW2	Ca_08_SW2	2 cm
438	S12	SW2	Ca_09_SW2	ไม่พบ
439	S12	SW2	Ca_10_SW2	ไม่พบ
440	S12	SW2	Ca_11_SW2	2 cm
441	S12	SW2	Ca_12_SW2	ไม่พบ
442	S12	DK	Ca_13_DK	ไม่พบ
443	S12	DK	Ca_14_DK	5 cm
444	S12	DK	Ca_15_DK	ไม่พบ
445	S12	DK	Ca_16_DK	ไม่พบ
446	S12	DK	Ca_17_DK	ไม่พบ
447	S12	DK	Ca_18_DK	ไม่พบ
448	S12	DK	Ca_19_DK	5 cm
449	S12	DK	Ca_20_DK	5 cm
450	S12	DK	Ca_21_DK	ไม่พบ
451	S12	DK	Ca_22_DK	5 cm
452	S12	DK	Ca_23_DK	ไม่พบ
453	S12	DK	Ca_24_DK	ไม่พบ
454	S12	GD1	Ca_25_GD1	4 cm
455	S12	GD1	Ca_26_GD1	3 cm
456	S12	GD1	Ca_27_GD1	4 cm
457	S12	GD2	Ca_28_GD2	4 cm
458	S12	GD2	Ca_29_GD2	ไม่พบ



ลำดับ	บริเวณ	ชั้นส่วน	รหัสทดสอบ	ความลึกสูงสุดที่เกิดปฏิกิริยา คาร์บอนเนชันจากผิวคอนกรีต
459	S12	GD2	Ca_30_GD2	ไม่พบ
460	S12	GD3	Ca_31_GD3	4 cm
461	S12	GD3	Ca_32_GD3	5 cm
462	S12	GD3	Ca_33_GD3	ไม่พบ
463	S12	DP1	Ca_34_DP1	ไม่พบ
464	S12	DP2	Ca_35_DP2	4 cm
465	S12	DP3	Ca_36_DP3	5 cm
466	S12	DP1	Ca_37_DP1	ไม่พบ
467	S12	DP2	Ca_38_DP2	ไม่พบ
468	S12	DP3	Ca_39_DP3	5 cm
469	A1	A	Ca_01_A	2 cm
470	A1	A	Ca_02_A	5 cm
471	A1	A	Ca_03_A	2 cm
472	A1	A	Ca_04_A	ไม่พบ
473	A1	A	Ca_05_A	ไม่พบ
474	A1	A	Ca_06_A	ไม่พบ
475	A1	A	Ca_07_A	2 cm
476	A1	A	Ca_08_A	2 cm
477	A2	A	Ca_01_A	5 cm
478	A2	A	Ca_02_A	5 cm
479	A2	A	Ca_03_A	5 cm
480	A2	A	Ca_04_A	5 cm
481	A2	A	Ca_05_A	5 cm
482	A2	A	Ca_06_A	2 cm
483	A2	A	Ca_07_A	2 cm
484	A2	A	Ca_08_A	ไม่พบ
485	P1	PW	Ca_01_PW	ไม่พบ
486	P1	PW	Ca_02_PW	ไม่พบ
487	P1	PW	Ca_03_PW	ไม่พบ
488	P1	PW	Ca_04_PW	1 cm
489	P1	PW	Ca_05_PW	2 cm

ลำดับ	บริเวณ	ชั้นส่วน	รหัสทดสอบ	ความลึกสูงสุดที่เกิดปฏิกิริยา คาร์บอนเนชันจากผิวคอนกรีต
490	P1	PW	Ca_06_PW	ไม่พบ
491	P1	PW	Ca_07_PW	ไม่พบ
492	P1	PW	Ca_08_PW	ไม่พบ
493	P1	PW	Ca_09_PW	ไม่พบ
494	P1	PW	Ca_10_PW	1 cm
495	P1	PW	Ca_11_PW	ไม่พบ
496	P1	PW	Ca_12_PW	1 cm
497	P1	PW	Ca_13_PW	ไม่พบ
498	P1	PW	Ca_14_PW	ไม่พบ
499	P1	PW	Ca_15_PW	1 cm
500	P1	PW	Ca_16_PW	ไม่พบ
501	P2	PW	Ca_01_PW	5 cm
502	P2	PW	Ca_02_PW	5 cm
503	P2	PW	Ca_03_PW	5 cm
504	P2	PW	Ca_04_PW	5 cm
505	P2	PW	Ca_05_PW	4 cm
506	P2	PW	Ca_06_PW	5 cm
507	P2	PW	Ca_07_PW	5 cm
508	P2	PW	Ca_08_PW	5 cm
509	P2	PW	Ca_09_PW	ไม่พบ
510	P2	PW	Ca_10_PW	5 cm
511	P2	PW	Ca_11_PW	4 cm
512	P2	PW	Ca_12_PW	5 cm
513	P2	PW	Ca_13_PW	4 cm
514	P2	PW	Ca_14_PW	2 cm
515	P2	PW	Ca_15_PW	4 cm
516	P2	PW	Ca_16_PW	4 cm
517	P3	PW	Ca_01_PW	3 cm
518	P3	PW	Ca_02_PW	3 cm
519	P3	PW	Ca_03_PW	ไม่พบ
520	P3	PW	Ca_04_PW	2 cm



ลำดับ	บริเวณ	ชั้นส่วน	รหัสทดสอบ	ความลึกสูงสุดที่เกิดปฏิกิริยา คาร์บอนชันจากผิวคอนกรีต
521	P3	PW	Ca_05_PW	4 cm
522	P3	PW	Ca_06_PW	5 cm
523	P3	PW	Ca_07_PW	4 cm
524	P3	PW	Ca_08_PW	5 cm
525	P3	PW	Ca_09_PW	4 cm
526	P3	PW	Ca_10_PW	5 cm
527	P3	PW	Ca_11_PW	4 cm
528	P3	PW	Ca_12_PW	2 cm
529	P3	PW	Ca_13_PW	5 cm
530	P3	PW	Ca_14_PW	5 cm
531	P3	PW	Ca_15_PW	5 cm
532	P3	PW	Ca_16_PW	5 cm
533	P4	PW	Ca_01_PW	4 cm
534	P4	PW	Ca_02_PW	2 cm
535	P4	PW	Ca_03_PW	5 cm
536	P4	PW	Ca_04_PW	3 cm
537	P4	PW	Ca_05_PW	ไม่พบ
538	P4	PW	Ca_06_PW	ไม่พบ
539	P4	PW	Ca_07_PW	ไม่พบ
540	P4	PW	Ca_08_PW	ไม่พบ
541	P4	PW	Ca_09_PW	3 cm
542	P4	PW	Ca_10_PW	5 cm
543	P4	PW	Ca_11_PW	5 cm
544	P4	PW	Ca_12_PW	ไม่พบ
545	P4	PW	Ca_13_PW	ไม่พบ
546	P4	PW	Ca_14_PW	1 cm
547	P4	PW	Ca_15_PW	2 cm
548	P4	PW	Ca_16_PW	1 cm
549	P5	PW	Ca_01_PW	2 cm
550	P5	PW	Ca_02_PW	5 cm
551	P5	PW	Ca_03_PW	1 cm



ลำดับ	บริเวณ	ชั้นส่วน	รหัสทดสอบ	ความลึกสูงสุดที่เกิดปฏิกิริยา คาร์บอนเนชันจากผิวคอนกรีต
552	P5	PW	Ca_04_PW	1 cm
553	P5	PW	Ca_05_PW	2 cm
554	P5	PW	Ca_06_PW	1 cm
555	P5	PW	Ca_07_PW	2 cm
556	P5	PW	Ca_08_PW	3 cm
557	P5	PW	Ca_09_PW	ไม่พบ
558	P5	PW	Ca_10_PW	ไม่พบ
559	P5	PW	Ca_11_PW	ไม่พบ
560	P5	PW	Ca_12_PW	ไม่พบ
561	P5	PW	Ca_13_PW	2 cm
562	P5	PW	Ca_14_PW	5 cm
563	P5	PW	Ca_15_PW	2 cm
564	P5	PW	Ca_16_PW	2 cm
565	P6	PW	Ca_01_PW	2 cm
566	P6	PW	Ca_02_PW	5 cm
567	P6	PW	Ca_03_PW	5 cm
568	P6	PW	Ca_04_PW	ไม่พบ
569	P6	PW	Ca_05_PW	2 cm
570	P6	PW	Ca_06_PW	ไม่พบ
571	P6	PW	Ca_07_PW	2 cm
572	P6	PW	Ca_08_PW	2 cm
573	P6	PW	Ca_09_PW	ไม่พบ
574	P6	PW	Ca_10_PW	ไม่พบ
575	P6	PW	Ca_11_PW	ไม่พบ
576	P6	PW	Ca_12_PW	ไม่พบ
577	P6	PW	Ca_13_PW	2 cm
578	P6	PW	Ca_14_PW	5 cm
579	P6	PW	Ca_15_PW	1 cm
580	P6	PW	Ca_16_PW	2 cm
581	P7	PW	Ca_01_PW	5 cm
582	P7	PW	Ca_02_PW	5 cm



ลำดับ	บริเวณ	ชั้นส่วน	รหัสทดสอบ	ความลึกสูงสุดที่เกิดปฏิกิริยา คาร์บอนेशनจากผิวคอนกรีต
583	P7	PW	Ca_03_PW	5 cm
584	P7	PW	Ca_04_PW	5 cm
585	P7	PW	Ca_05_PW	5 cm
586	P7	PW	Ca_06_PW	5 cm
587	P7	PW	Ca_07_PW	5 cm
588	P7	PW	Ca_08_PW	5 cm
589	P7	PW	Ca_09_PW	5 cm
590	P7	PW	Ca_10_PW	5 cm
591	P7	PW	Ca_11_PW	5 cm
592	P7	PW	Ca_12_PW	5 cm
593	P7	PW	Ca_13_PW	4 cm
594	P7	PW	Ca_14_PW	4 cm
595	P7	PW	Ca_15_PW	5 cm
596	P7	PW	Ca_16_PW	5 cm
597	P8	PW	Ca_01_PW	5 cm
598	P8	PW	Ca_02_PW	5 cm
599	P8	PW	Ca_03_PW	5 cm
600	P8	PW	Ca_04_PW	5 cm
601	P8	PW	Ca_05_PW	5 cm
602	P8	PW	Ca_06_PW	5 cm
603	P8	PW	Ca_07_PW	5 cm
604	P8	PW	Ca_08_PW	5 cm
605	P8	PW	Ca_09_PW	5 cm
606	P8	PW	Ca_10_PW	5 cm
607	P8	PW	Ca_11_PW	5 cm
608	P8	PW	Ca_12_PW	5 cm
609	P8	PW	Ca_13_PW	4 cm
610	P8	PW	Ca_14_PW	4 cm
611	P8	PW	Ca_15_PW	5 cm
612	P8	PW	Ca_16_PW	5 cm
613	P9	PW	Ca_01_PW	4 cm



ลำดับ	บริเวณ	ชั้นส่วน	รหัสทดสอบ	ความลึกสูงสุดที่เกิดปฏิกิริยา คาร์บอนเนชันจากผิวคอนกรีต
614	P9	PW	Ca_02_PW	5 cm
615	P9	PW	Ca_03_PW	3 cm
616	P9	PW	Ca_04_PW	2 cm
617	P9	PW	Ca_05_PW	4 cm
618	P9	PW	Ca_06_PW	4 cm
619	P9	PW	Ca_07_PW	3 cm
620	P9	PW	Ca_08_PW	3 cm
621	P9	PW	Ca_09_PW	4 cm
622	P9	PW	Ca_10_PW	5 cm
623	P9	PW	Ca_11_PW	4 cm
624	P9	PW	Ca_12_PW	5 cm
625	P9	PW	Ca_13_PW	4 cm
626	P9	PW	Ca_14_PW	5 cm
627	P9	PW	Ca_15_PW	4 cm
628	P9	PW	Ca_16_PW	5 cm
629	P10	PW	Ca_01_PW	3 cm
630	P10	PW	Ca_02_PW	4 cm
631	P10	PW	Ca_03_PW	5 cm
632	P10	PW	Ca_04_PW	5 cm
633	P10	PW	Ca_05_PW	4 cm
634	P10	PW	Ca_06_PW	5 cm
635	P10	PW	Ca_07_PW	1 cm
636	P10	PW	Ca_08_PW	2 cm
637	P10	PW	Ca_09_PW	3 cm
638	P10	PW	Ca_10_PW	4 cm
639	P10	PW	Ca_11_PW	4 cm
640	P10	PW	Ca_12_PW	3 cm
641	P10	PW	Ca_13_PW	2 cm
642	P10	PW	Ca_14_PW	3 cm
643	P10	PW	Ca_15_PW	4 cm
644	P10	PW	Ca_16_PW	5 cm



ลำดับ	บริเวณ	ชั้นส่วน	รหัสทดสอบ	ความลึกสูงสุดที่เกิดปฏิกิริยา คาร์บอนเนชันจากผิวคอนกรีต
645	P11	PW	Ca_01_PW	4 cm
646	P11	PW	Ca_02_PW	4 cm
647	P11	PW	Ca_03_PW	4 cm
648	P11	PW	Ca_04_PW	4 cm
649	P11	PW	Ca_05_PW	5 cm
650	P11	PW	Ca_06_PW	5 cm
651	P11	PW	Ca_07_PW	5 cm
652	P11	PW	Ca_08_PW	5 cm
653	P11	PW	Ca_09_PW	3 cm
654	P11	PW	Ca_10_PW	3 cm
655	P11	PW	Ca_11_PW	5 cm
656	P11	PW	Ca_12_PW	3 cm
657	P11	PW	Ca_13_PW	5 cm
658	P11	PW	Ca_14_PW	4 cm
659	P11	PW	Ca_15_PW	4 cm
660	P11	PW	Ca_16_PW	4 cm

5.5 สรุปผลทดสอบวัสดุสะพานเดชาติวงศ์

ตารางที่ 5-5 แสดงการสรุปผลทดสอบวัสดุคอนกรีต 3 รายการแรก แยกตามบริเวณต่าง ๆ
ตอม่อตบริม A1-A2 ตอม่อตบกลาง P1-P11 และช่วงสะพาน S1-S12

ตารางที่ 5-5 ผลการทดสอบคอนกรีตแยกตามบริเวณ

บริเวณ	Compression Strength (ksc)			Tensile Strength (ksc)			Carbonation Depth (cm)		
	N	Avg	Std	N	Avg	Std	N	Avg	Std
A1	1	7.6	-	1	2.03	-	8	1.6	1.7
A2	1	7.0	-	1	1.85	-	8	3.6	2.0
P1	2	27.3	0.6	2	2.42	0.31	16	0.4	0.6
P2	2	14.4	6.8	2	2.02	0.04	16	3.6	1.2
P3	2	12.8	2.6	2	2.03	0.05	16	4.2	0.8
P4	2	16.3	2.7	2	1.99	0.11	16	4.2	1.4
P5	2	16.0	1.5	2	2.00	0.02	16	3.8	1.5
P6	2	12.6	2.7	2	1.45	0.90	16	1.9	2.0
P7	2	16.5	1.5	2	2.12	0.33	16	1.8	1.6
P8	2	18.6	13.3	2	1.91	0.29	16	1.8	1.8
P9	2	15.8	1.9	2	1.87	0.07	16	4.9	0.3
P10	2	14.6	2.0	2	2.40	0.01	16	4.9	0.3
P11	2	18.6	7.0	2	2.52	0.89	16	4.0	0.9
S1	8	16.9	6.0	8	2.17	0.21	39	2.7	2.3
S2	8	13.3	4.8	8	2.35	0.72	39	2.6	1.8
S3	8	14.5	7.5	8	2.26	0.92	39	3.1	1.9
S4	8	12.9	4.5	8	2.09	0.54	39	1.7	2.1
S5	8	14.8	8.4	8	2.23	0.63	39	1.5	2.1
S6	8	16.9	5.0	8	2.54	0.55	39	1.8	2.2
S7	8	17.2	6.6	8	2.28	0.62	39	1.7	1.8
S8	8	13.1	3.6	8	2.58	0.72	39	0.4	0.8
S9	8	9.9	2.0	8	2.29	0.75	39	1.2	1.6
S10	8	10.5	2.7	8	2.16	0.36	39	1.1	1.7
S11	8	12.8	3.2	8	1.82	0.48	39	0.9	1.4
S12	8	16.9	5.7	8	2.11	0.45	39	0.3	0.7



ตารางที่ 5-6 แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตแยกตามประเภทชิ้นส่วน ซึ่งพบว่าชิ้นส่วนทางเท้า (SW), คานตามยาว (GD), คานชอย (ST) ไคอะแฟรม (DP) กำแพงตอม่อ (PW) และตอม่อตัวริม (A) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 14.8, 13.3, 14.5, 12.5, 16.7 และ 7.3 MPa ตามลำดับ ซึ่งนับว่าค่อนข้างต่ำมาก แต่เนื่องจากไม่มีข้อมูลกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตระบุไว้ในแบบก่อสร้างสะพานเดชาติวงศ์ จึงไม่ทราบค่าที่ทดสอบได้สูงหรือต่ำกว่าเกณฑ์มากนักน้อยเพียงใด หากสมมุติว่าการผลิตคอนกรีตเมื่อ 70 กว่าปีที่แล้วใช้วิธีผสมมือ ซึ่งตามมาตรฐาน วสท. สมัยก่อน อนุญาตให้ใช้กำลังรับแรงอัดคอนกรีตได้ไม่เกิน 14.5 MPa (145 ksc) สำหรับการออกแบบด้วยวิธี Ultimate Strength ดังนั้นหากใช้ค่า 14.5 MPa เป็นเกณฑ์ และพิจารณาความแปรปรวนของวัสดุแล้ว ชิ้นส่วนทางเท้า (SW) คานตามยาว (GD) คานชอย (ST) ไคอะแฟรม (DP) กำแพงตอม่อ (PW) และตอม่อตัวริม (A) มีโอกาสที่กำลังรับแรงอัดจะน้อยกว่า 14.5 MPa เท่ากับ 47.8, 58.5, 50.0, 67.0, 34.7, 98.2 % ตามลำดับ แสดงว่าปัจจุบันกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตส่วนใหญ่ต่ำกว่ามาตรฐานที่ใช้ก่อสร้างสะพานในสมัยนั้น

ตารางที่ 5-6 ผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีต

Member	N	Avg (MPa)	Std (MPa)	Prob (fc<14.5 MPa) (%)
Side Walk (SW)	60	14.8	5.5	47.8
Girder (GD)	20	13.3	5.5	58.5
Stringer (ST)	4	14.5	8	50.0
Diaphragm (DP)	12	12.2	5.1	67.0
Pier Wall (PW)	22	16.7	5.5	34.7
Abutment (A)	2	7.3	0.4	98.2
Deck (DK)	-	-	-	

ตารางที่ 5-7 แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงดึงของคอนกรีตแยกตามประเภทชิ้นส่วน ซึ่งพบว่าชิ้นส่วนทางเท้า (SW) คานตามยาว (GD) คานชอย (ST) ไคอะแฟรม (DP) กำแพงตอม่อ (PW) และตอม่อตัวริม (A) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.51, 1.77, 1.77, 1.84, 2.07 และ 1.94 MPa ตามลำดับ โดยทั่วไปการออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กจะไม่พิจารณากำลังรับแรงดึงของคอนกรีต โดยการออกแบบจะใช้เหล็กเสริมในการรับแรงดึงทั้งหมด ดังนั้นจึงไม่มีการกำหนดเกณฑ์ตรวจวัดสำหรับค่ากำลังรับแรงดึงของคอนกรีต

ตารางที่ 5-7 ผลการทดสอบกำลังรับแรงดึงของคอนกรีต

Member	N	Avg (MPa)	Std (MPa)
Side Walk (SW)	60	2.51	0.56
Girder (GD)	20	1.77	0.4
Stringer (ST)	4	1.77	0.42
Diaphragm (DP)	12	1.84	0.32
Pier Wall (PW)	22	2.07	0.42
Abutment (A)	2	1.94	0.13
Deck (DK)	-	-	-

ตารางที่ 5-8 แสดงผลการทดสอบค่าความลึกการเกิดปฏิกิริยาคาร์บอนเนชันแยกตามประเภทชิ้นส่วน ซึ่งพบว่า ชิ้นส่วนทางเท้า (SW) คานตามยาว (GD) คานชอย (ST) โดอะแฟรม (DP) กำแพงตอม่อ (PW) ตอม่อตัวริม (A) และพื้นสะพาน (Deck) มีความลึกการเกิดคาร์บอนเนชันเท่ากับ 1.8, 1.2, 0.8, 2.0, 3.2, 2.6, 1.5 ซม. ตามลำดับ ถ้าคาร์บอนเนชันเกิดลึกถึงชั้นเหล็กเสริม เหล็กเสริมสามารถเกิดสนิมได้ ซึ่งชิ้นส่วนแต่ละประเภทอาจมีระยะคอนกรีตหุ้มเหล็กเสริมไม่เท่ากัน และเมื่อพิจารณาความแปรปรวนของค่าที่ตรวจวัดได้ ชิ้นส่วนทางเท้า (SW) คานตามยาว (GD) คานชอย (ST) โดอะแฟรม (DP) กำแพงตอม่อ (PW) ตอม่อตัวริม (A) และพื้นสะพาน (Deck) มีโอกาสที่ความลึกคาร์บอนเนชันจะเกิดลึกถึงชั้นเหล็กเสริมเท่ากับ 23.3, 16, 9.8, 31.8, 17.2, 13.6, 22.7 % ตามลำดับ อาจกล่าวได้ว่าปัจจุบัน ทุกชิ้นส่วนมีโอกาสที่จะเกิดสนิมได้ โดยโดอะแฟรมเป็นชิ้นส่วนที่มีโอกาสจะเกิดสนิมได้มากที่สุด (31.8%)

ตารางที่ 5-8 ผลทดสอบความลึกการเกิดปฏิกิริยาคาร์บอนเนชัน

Member	N	Avg (cm)	Std (cm)	Covering (cm)		Prob (depth > field covering) (%)
				Drawing	Field (Appx)	
Side Walk (SW)	144	1.8	1.8	1.5 (min)	3.00	25.3
Girder (GD)	96	1.2	1.8	2.5 (min)	3.00	16.0
Stringer (ST)	12	0.8	1.6	2.5 (min)	3.00	9.8
Diaphragm (DP)	72	2	2.1	2.5 (min)	3.00	31.8
Pier Wall (PW)	176	3.2	1.9	2.5 (min)	5.00	17.2
Abutment (A)	16	2.6	2.1	2.5 (min)	5.00	13.6
Deck (DK)	144	1.5	2	1.5 (min)	3.00	22.7



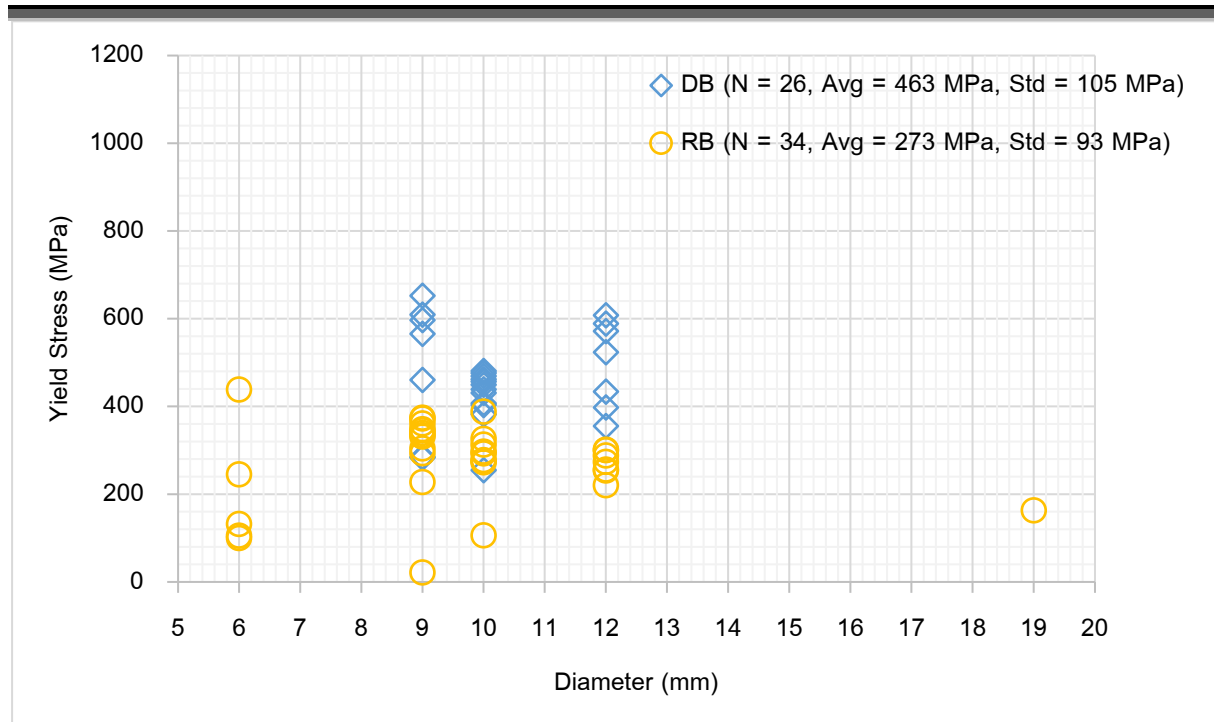
ตารางที่ 5-9 และตารางที่ 5-10 แสดงผลการทดสอบเหล็กข้ออ้อย (DB) และเหล็กกลม (RB) ตามลำดับ ในแบบก่อสร้างสะพานเดชาติวงศ์ ไม่พบการระบุขนาดของเหล็กเสริม ดังนั้นจึงสมมุติว่าการใช้เหล็กเสริมเหมือนสะพานรุ่นเก่าของกรมทางหลวง โดยที่เหล็กข้ออ้อยนิยมใช้เกรด SD30 และเหล็กกลมใช้เกรด SD24 ซึ่งมีค่ากำลังรับแรงดึงที่จุดคราก (Yield Tensile Strength) ไม่น้อยกว่า 300 MPa และ 240 MPa ตามลำดับ เมื่อนำข้อมูลแต่ละกลุ่มมาวิเคราะห์ ผลการทดสอบเหล็กข้ออ้อย (DB) จำนวน 26 ตัวอย่าง พบว่ามีค่าเฉลี่ยกำลังรับแรงดึงที่จุดครากเท่ากับ 463 MPa ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 105 MPa และโอกาสที่เหล็กข้ออ้อยจะมีกำลังรับแรงดึงที่จุดครากต่ำกว่า 300 MPa มีอยู่ 6.7% ส่วนผลการทดสอบเหล็กกลมจำนวน 34 ตัวอย่าง พบว่ามีค่าเฉลี่ยความเค้นดึงที่จุดครากเท่ากับ 273 MPa ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 93 MPa และโอกาสที่เหล็กกลมจะมีกำลังรับแรงดึงที่จุดครากต่ำกว่า 240 MPa มีอยู่ 36.2 % แสดงว่าปัจจุบันเหล็กกลมจำนวนไม่น้อยมีกำลังต่ำกว่ามาตรฐาน รูปที่ 5-14 และรูปที่ 5-15 แสดงลักษณะการกระจายตัวของผลทดสอบเหล็กข้ออ้อยและเหล็กกลม

ตารางที่ 5-9 ผลการทดสอบกำลังรับแรงดึงของเหล็กเสริม (กลุ่มเหล็กข้ออ้อย DB)

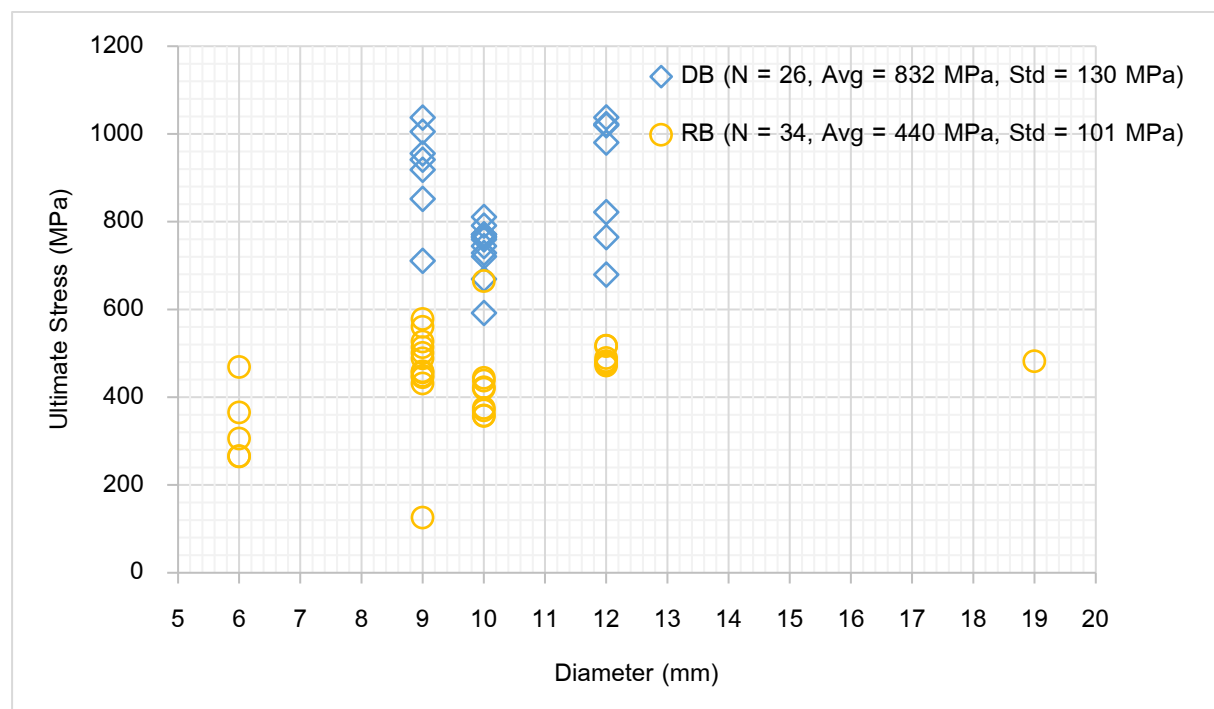
Member	Yield Tensile Strength (MPa)				Ultimate Tensile Strength (MPa)		
	N	Avg	Std	Prob (fsy < 300 MPa) (%)	N	Avg	Std
Abutment (A)	1	597	-	0.0	1	956	-
Diaphragm (DP)	3	437	142	21.8	3	889	165
Pier Wall (PW)	19	471	101	5.4	19	818	133
Sidewalk (SW)	3	393	95	21.5	3	822	103
All	26	463	105	6.7	26	832	130

ตารางที่ 5-10 ผลการทดสอบกำลังรับแรงดึงของเหล็กเสริม (กลุ่มเหล็กกลม RB)

Member	Yield Tensile Strength (MPa)				Ultimate Tensile Strength (MPa)		
	N	Avg	Std	Prob (fsy < 240 MPa) (%)	N	Avg	Std
Abutment (A)	1	304	-	0.0	1	431	-
Diaphragm (DP)	9	229	143	53.0	9	362	132
Pier Wall (PW)	3	284	113	36.7	3	542	106
Sidewalk (SW)	21	289	60	21.2	21	460	62
All	34	273	93	36.2	34	440	101



รูปที่ 5-14 กำลังรับแรงดึงของเหล็กเสริมที่จุดคราก (Yield Tensile Strength, MPa)



รูปที่ 5-15 กำลังรับแรงดึงของเหล็กเสริมที่จุดประลัย (Ultimate Tensile Strength, MPa)



บทที่ 6 การตรวจวัดพฤติกรรมโครงสร้าง สะพาน

การตรวจวัดพฤติกรรมโครงสร้างสะพานภายใต้น้ำหนักบรรทุก (Bridge Load Test) เป็นการทดสอบเพื่อศึกษาพฤติกรรมการรับน้ำหนักของโครงสร้างสะพานภายใต้น้ำหนักบรรทุกรูปแบบต่างๆ เพื่อนำผลตอบสนองของโครงสร้าง (Structural Response) ที่ได้ไปใช้ปรับปรุงแบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ของสะพานให้สอดคล้องกับพฤติกรรมจริงของสะพานมากที่สุด และใช้แบบจำลองที่ปรับแก้แล้วในการศึกษาพฤติกรรมด้านต่างๆ ที่สนใจ และใช้วิเคราะห์หาแรงกระทำภายในโครงสร้างสำหรับใช้ออกแบบเสริมกำลังสะพาน

6.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

- 1) อุปกรณ์วัดความเครียดบนผิวคอนกรีต (Strain Gauge for Concrete) เป็นอุปกรณ์สำหรับใช้วัดค่าความเครียดที่เกิดขึ้นบนผิวคอนกรีตจากการยืดหรือหดตัวของโครงสร้างสะพานเมื่อรับน้ำหนักบรรทุก ณ ตำแหน่งที่กำหนด
- 2) อุปกรณ์วัดความเครียดบนผิวเหล็ก (Strain Gauge for Steel) เป็นอุปกรณ์สำหรับใช้วัดค่าความเครียดที่เกิดขึ้นบนผิวเหล็กจากการยืดหรือหดตัวของโครงสร้างสะพานเมื่อรับน้ำหนักบรรทุก ณ ตำแหน่งที่กำหนด
- 3) อุปกรณ์วัดการเคลื่อนที่ (Displacement Transducer) เป็นอุปกรณ์สำหรับวัดการเคลื่อนที่ของโครงสร้างที่เกิดขึ้นจากการรับน้ำหนักบรรทุกหรือผลของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ โดยจะใช้ในการวัดค่าการแอ่นตัวของคานพื้นและคานหลักของสะพาน
- 4) อุปกรณ์ตรวจวัดความเร่งจากการสั่นไหว (Accelerometer) เป็นอุปกรณ์สำหรับตรวจวัดความเร่งจากการสั่นไหวของโครงสร้างสะพาน เพื่อใช้วิเคราะห์หาค่าความถี่ธรรมชาติ รูปแบบโหมดการสั่นไหว อัตราส่วนความหน่วง และแฟคเตอร์แรงกระทำ
- 5) อุปกรณ์รวบรวมสัญญาณ (Data Acquisition) เป็นอุปกรณ์สำหรับใช้รวบรวมสัญญาณจากอุปกรณ์ตรวจวัดต่างๆ ควบคุมการทำงานด้วยคอมพิวเตอร์
- 6) อุปกรณ์คอมพิวเตอร์แบบพกพา (Computer Notebook) เป็นอุปกรณ์สำหรับใช้ในการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์รวมสัญญาณและบันทึกผล



(ก) อุปกรณ์วัดความเครียดบนผิวคอนกรีต
(Strain Gauge for Concrete)



(ข) อุปกรณ์วัดความเครียดบนผิวเหล็ก
(Strain Gauge for Steel)



(ค) อุปกรณ์วัดการเคลื่อนที่ (Displacement Transducer)



(ง) อุปกรณ์วัดความเร่งจากการสั่นไหว
(Accelerometer)



(จ) อุปกรณ์รวบรวมสัญญาณ (Data Acquisition)



(ฉ) อุปกรณ์คอมพิวเตอร์แบบพกพา
(Computer Notebook)

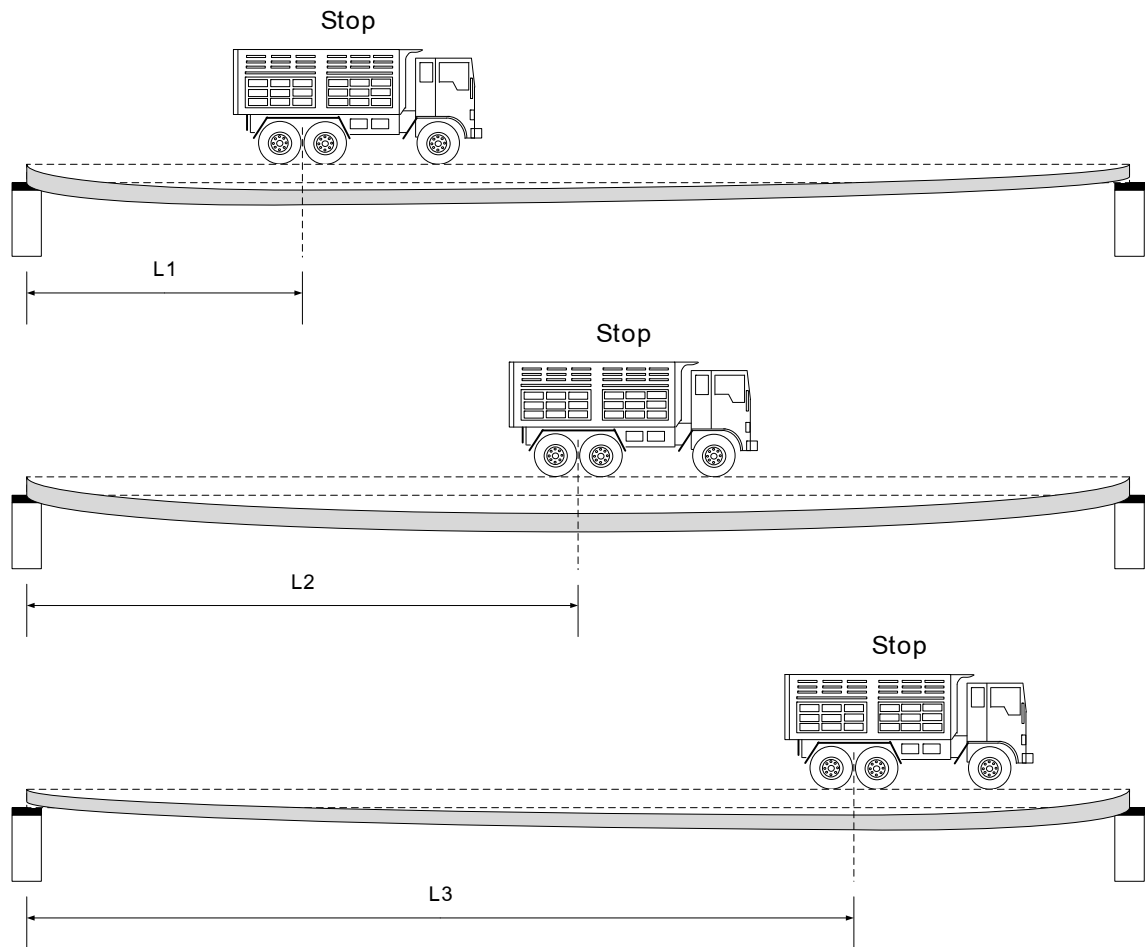
รูปที่ 6.1-1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบสะพาน

6.2 การทดสอบสะพานแบบสถิต (Static Load Test)

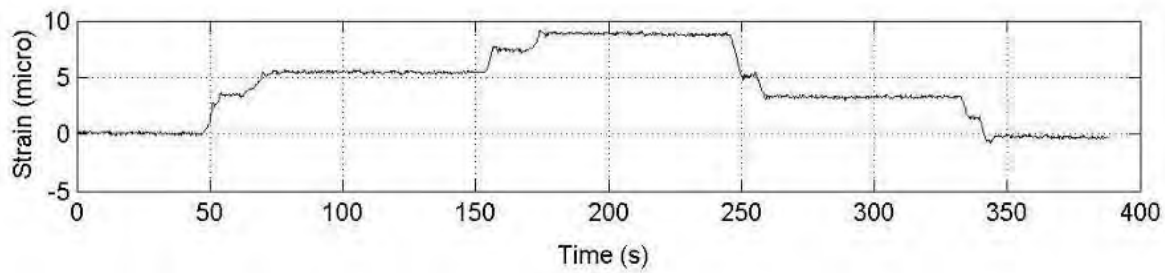
เป็นการทดสอบเพื่อศึกษาพฤติกรรมการรับน้ำหนักบรรทุกของโครงสร้างสะพานเนื่องจากน้ำหนักและตำแหน่งของรถบรรทุกที่กระทำต่อสะพานแบบสถิต ในการทดสอบจะนำรถบรรทุกมาจอดนิ่งอยู่กับที่ โดยให้ระยะกึ่งกลางของชุดเพลาลังตรงกับตำแหน่งต่างๆ ที่ต้องการจะทดสอบดังรูปที่ 6.2-1 ในแต่ละตำแหน่งที่ทำการหยุดรถ จะบันทึกผลการตอบสนองของโครงสร้าง เช่น ค่าความเครียด (Strain) ค่าการแอ่นตัว (Deflection) ดังแสดงในรูปที่ 6.2-2 และรูปที่ 6.2-3 ตามลำดับ โดยจะนำข้อมูลจากการตรวจวัดที่ตำแหน่งต่าง ๆ นี้มาวิเคราะห์และแสดงให้อยู่ในรูปความสัมพันธ์ต่าง ๆ เช่น ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเครียดกับตำแหน่งของรถบรรทุก ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการแอ่นตัวแนวตั้งกับตำแหน่งของรถบรรทุก เป็นต้น นอกจากนี้ผลการตอบสนองที่ได้จากตำแหน่งที่น้ำหนักบรรทุกกระทำ



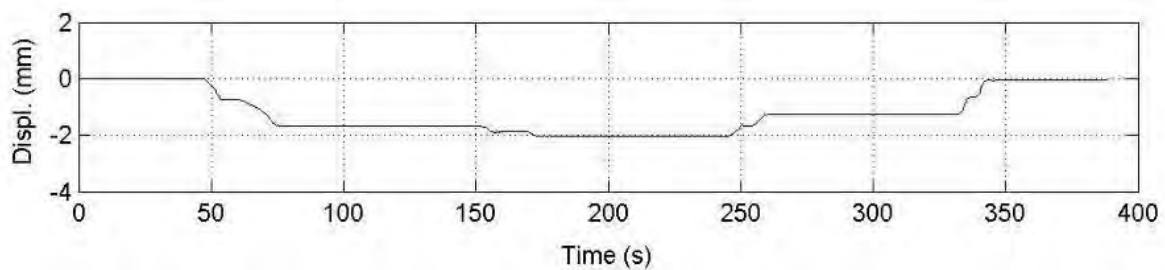
กับสะพาน สามารถนำไปใช้ในการปรับแก้แบบจำลองของสะพานให้มีพฤติกรรมสอดคล้องกับโครงสร้างจริงมากที่สุด



รูปที่ 6.2-1 การทดสอบสะพานแบบสถิต โดยการให้รถบรรทุกจอดที่ตำแหน่งต่างๆ บนสะพาน



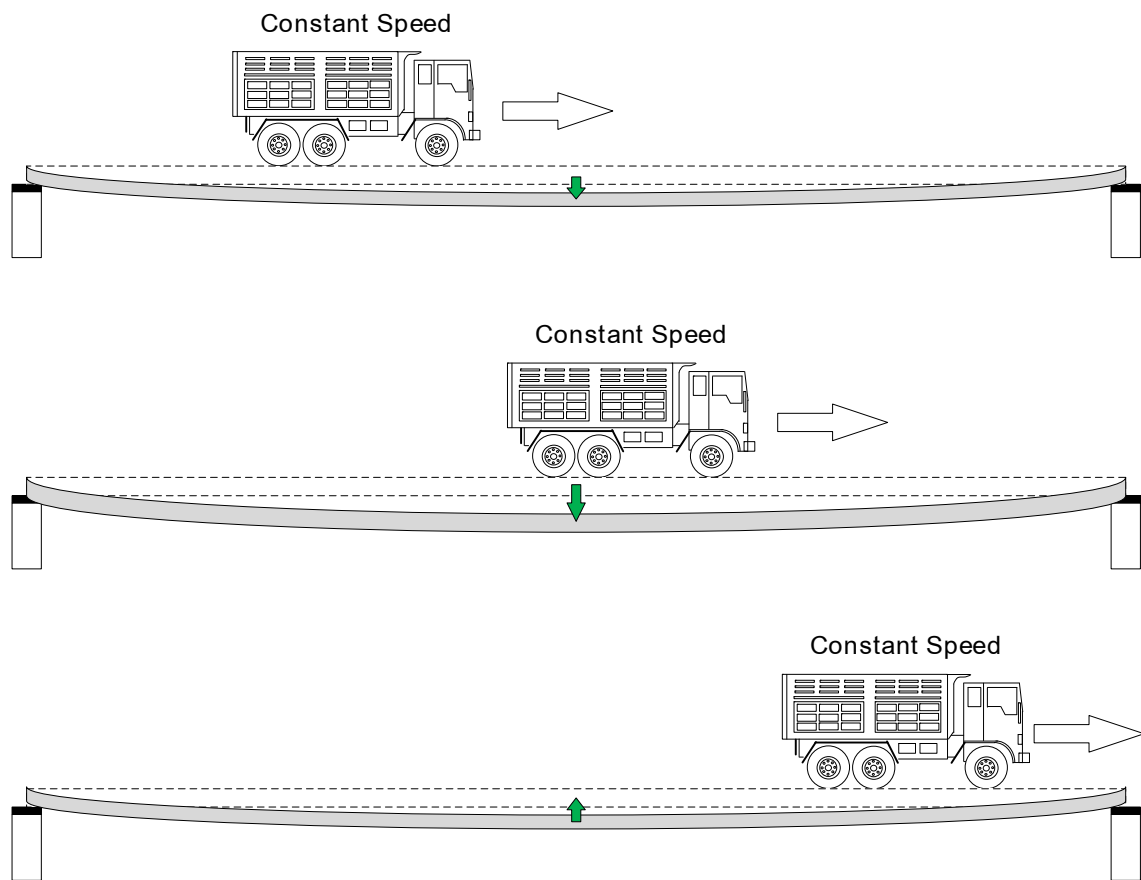
รูปที่ 6.2-2 ตัวอย่างผลการตรวจวัดค่าความเครียดจาก Strain Gauge



รูปที่ 6.2-3 ตัวอย่างผลการตรวจวัดค่าการแอ่นตัวที่ได้จาก Displacement Transducer

6.3 การทดสอบสะพานแบบพลวัต (Dynamic Load Test)

เป็นการทดสอบเพื่อศึกษาพฤติกรรมการรับน้ำหนักเชิงพลวัตของโครงสร้างสะพานเนื่องจากน้ำหนักและความเร็วของรถบรรทุกที่วิ่งผ่านสะพาน ในการทดสอบจะนำรถบรรทุกมาวิ่งผ่านบนสะพานที่ความเร็วต่าง ๆ กัน ในแต่ละความเร็วที่วิ่งบนสะพาน จะทำการตรวจวัดการสั่นไหวของโครงสร้างสะพาน เพื่อนำไปวิเคราะห์หาคุณสมบัติทางพลศาสตร์ (Dynamic Properties) ของสะพานด้านต่าง ๆ เช่น ค่าความถี่ธรรมชาติ (Natural Frequency) รูปร่างการสั่นไหวในโหมดต่าง ๆ (Mode Shape) อัตราส่วนความหน่วง (Damping Ratios) และค่าแฟคเตอร์แรงกระแทก (Impact Factor) รวมถึงตรวจวัดระดับการสั่นไหวของโครงสร้างสะพานและผลกระทบที่มีต่อการใช้งาน (Serviceability) ของสะพาน



รูปที่ 6.3-1 การทดสอบแบบพลวัตโดยให้รถบรรทุกวิ่งด้วยความเร็วคงที่บนสะพาน

6.3.1. แฟกเตอร์แรงกระแทก (Impact Factor)

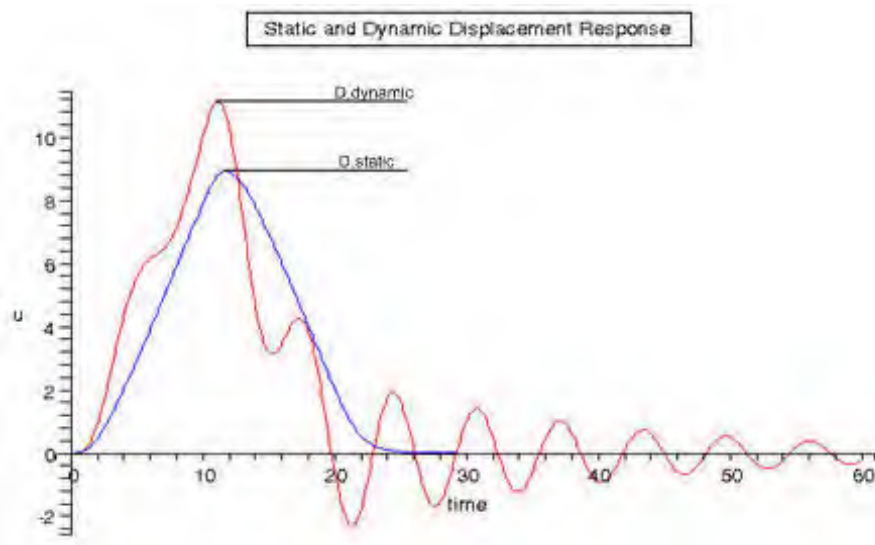
เป็นค่าแฟกเตอร์ที่ใช้คูณกับแรงกระทำของรถบรรทุกที่ได้จากการวิเคราะห์โครงสร้างสะพานแบบสถิต เพื่อพิจารณาผลกระทบจากแรงกระแทกและการสั่นไหวของโครงสร้างสะพานเมื่อมีรถบรรทุกวิ่งผ่าน ค่าแฟกเตอร์แรงกระแทกสามารถคำนวณได้โดยสมการ (6.3-1)

$$I = \frac{R_{Dyn}}{R_{Sta}} \quad (6.3-1)$$

โดยที่ R_{Dyn} = ค่าสูงสุดของผลการตอบสนองแบบพลวัต ณ ตำแหน่งที่พิจารณา

R_{Sta} = ค่าสูงสุดของผลการตอบสนองแบบสถิต ณ ตำแหน่งที่พิจารณา

ในกรณีที่ไม่สามารถตรวจวัดแบบสถิตได้ จะทำการคำนวณโดยใช้ข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดแบบ Dynamic Load Test มาผ่านกระบวนการกรองความถี่แบบ Low Pass Filter เพื่อแยกส่วน Pseudo-Static ออกจาก Dynamic Response โดยส่วนที่เป็น Pseudo-Static นี้จะเปรียบเสมือนผลการตอบสนองของโครงสร้างแบบสถิต ณ ตำแหน่งที่พิจารณา ซึ่งไม่รวมผลกระทบจากการสั่นไหวของโครงสร้าง โดยจะใช้ค่าสูงสุดของ Pseudo-Static สำหรับค่า R_{Sta} เพื่อใช้คำนวณในสมการ

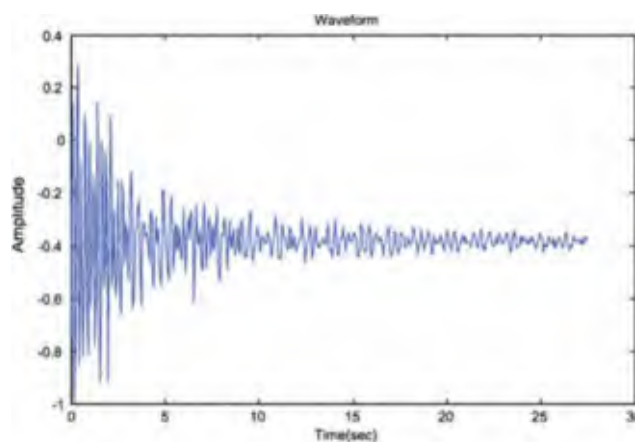


รูปที่ 6.3-2 ค่าการตอบสนองของโครงสร้างแบบ Pseudo Static และแบบ Dynamic

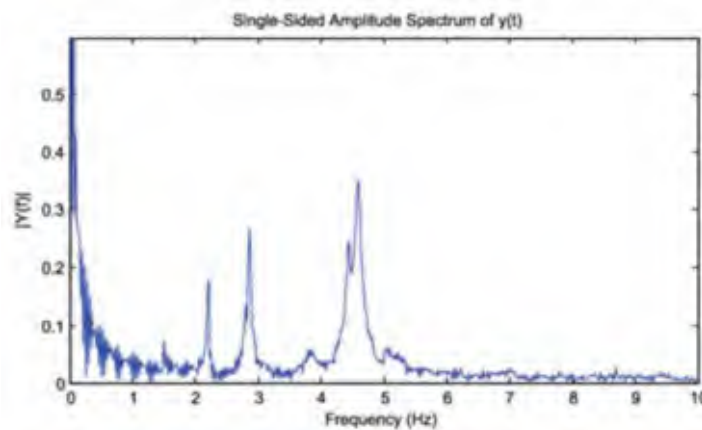
6.3.2. ค่าความถี่ธรรมชาติ (Natural Frequency)

ค่าความถี่ธรรมชาติเป็นคุณสมบัติพื้นฐานทางพลศาสตร์ของโครงสร้างสะพาน สามารถตรวจวัดได้จากการสั่นไหวแบบอิสระของโครงสร้าง (Free Vibration) ถ้าสะพานได้รับแรงกระทำจากภายนอกที่มีความถี่ใกล้เคียงหรือเท่ากับค่าความถี่ธรรมชาติ สะพานจะมีการตอบสนองแบบสั่นพ้อง (Resonance) โดยระดับการตอบสนองจะเพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ จนกระทั่งวิบัติ

การวิเคราะห์หาค่าความถี่ธรรมชาติ สามารถทำได้โดยนำข้อมูลการสั่นไหวที่บันทึกในรูปแบบ Time-History (เช่น ประวัติข้อมูลความเร่ง) มาวิเคราะห์ดังตัวอย่างในรูปที่ 6.3-3 จากนั้นทำการแปลงข้อมูลด้วยวิธี Fourier Transform ให้อยู่ในรูปของ Frequency Domain สุดท้ายจะพิจารณาค่าความถี่ที่มีขนาดค่าสัมประสิทธิ์ฟูเรียร์สูงสุดเป็นค่าความถี่หลักหรือความถี่ธรรมชาติของโครงสร้างสะพานดังรูปที่ 6.3-4



รูปที่ 6.3-3 ตัวอย่างข้อมูลการสั่นไหวในแนวดิ่งแบบ Time History

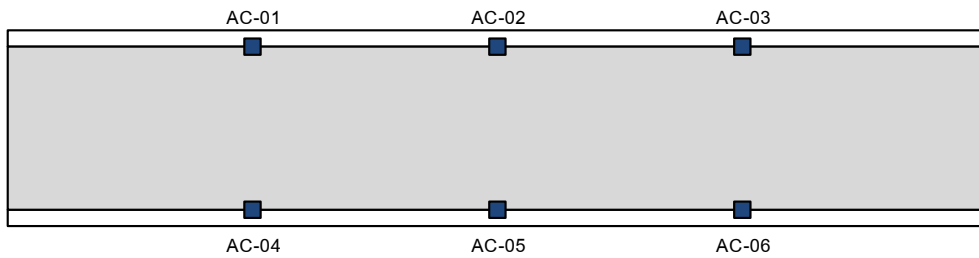


รูปที่ 6.3-4 ตัวอย่าง Frequency Domain ของการสั่นไหวแบบอิสระของโครงสร้างสะพาน

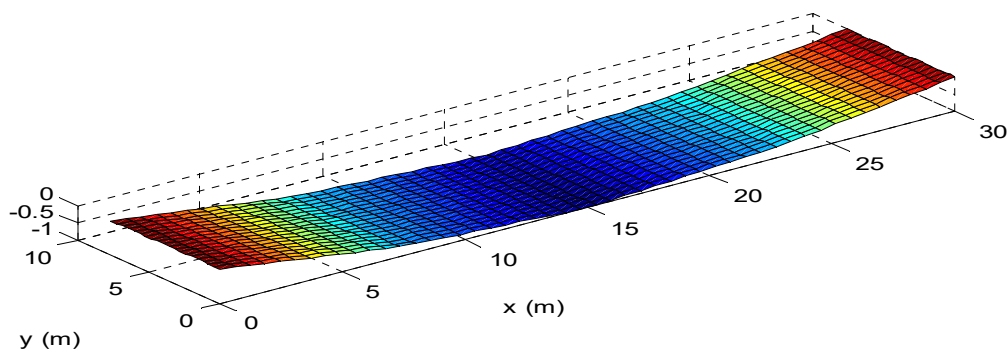
6.3.3. รูปร่างการสั่นไหว (Mode Shapes)

รูปร่างการสั่นไหว (Mode Shapes) เป็นลักษณะจำเพาะของการเสียรูปแบบพลวัตของแต่ละสะพาน โดยทั่วไปจะเกิดขึ้นได้หลายโหมด แต่โหมดที่สำคัญจะเป็นโหมดแรกๆ (มีค่าความถี่ธรรมชาติต่ำ) ส่วนโหมดท้ายๆ (ซึ่งมีค่าความถี่สูง) จะเป็นการสั่นสะเทือน หรือ Noise และจะมีความสำคัญน้อยกว่าโหมดแรกๆ

การหารูปร่างการสั่นไหวจำเป็นจะต้องติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดความเร่ง (Accelerometer) ให้กระจายและครอบคลุมช่วงสะพานที่พิจารณา โดยตำแหน่งที่ติดตั้งต้องเป็นตำแหน่งที่อ่อนไหว (Sensitive) ต่อค่าความถี่ธรรมชาติ และควรสามารถสั่นไหวได้หลายโหมด การสร้าง Mode Shape จะสร้างตามค่าความถี่ธรรมชาติที่เลือก โดยใช้ค่า Amplitude ของแต่ละตำแหน่งอุปกรณ์เป็นตัวแทนการพล็อตค่าการแอ่นตัว และใช้ Phase ของ Accelerometer ในการกำหนดทิศทางของการแอ่นตัวว่าเป็นไปในทิศทางเดียวกันหรือตรงกันข้าม โดยตัวอย่างการติดตั้ง Accelerometer และ Mode Shape ได้แสดงไว้ดังรูปที่ 6.3-5 หากมีตำแหน่งการติดตั้ง Accelerometer น้อยเกินไป จะไม่สามารถตรวจสอบรูปร่างการสั่นไหวที่เกิดขึ้นได้ แต่การติดตั้ง Accelerometer จำนวนมากเกินไปจะมีค่าทดสอบที่สูง ดังนั้นโครงการนี้จะใช้ Accelerometer จำนวน 6 ตัว ซึ่งเพียงพอต่อการหา Mode Shape แรก ๆ ของสะพาน เช่น Bending Mode 1 ซึ่งเป็นโหมดที่มีความสำคัญมากของสะพาน



(ก) ตำแหน่งการติดตั้งอุปกรณ์ Accelerometer



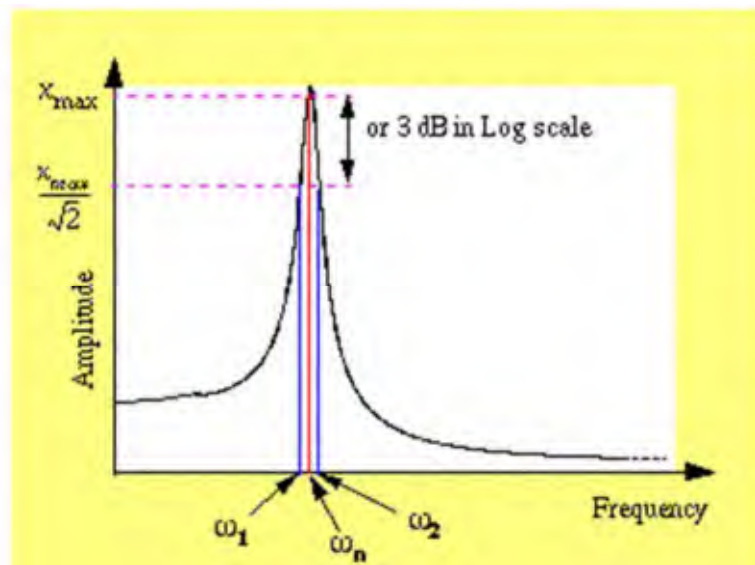
(ข) Mode Shape ของสะพาน

รูปที่ 6.3-5 ตัวอย่าง Mode Shape ของการสั่นไหวแบบอิสระของโครงสร้างสะพาน

6.3.4. ค่าอัตราส่วนความหน่วง (Damping Ratio)

ค่าอัตราส่วนความหน่วงของโครงสร้างสะพาน เป็นค่าที่บ่งบอกถึงการลดลงของพลังงานการสั่นไหวของโครงสร้างให้กลับมาอยู่ในสภาวะหยุดนิ่ง ถ้าสะพานมีอัตราส่วนความหน่วงสูง เมื่อรถวิ่งออกจากสะพานแล้ว สะพานจะสั่นไหวแบบอิสระเพียงไม่กี่รอบก็จะกลับมาอยู่ในสภาวะหยุดนิ่ง ในทางกลับกัน ถ้าสะพานที่มีค่าอัตราส่วนความหน่วงต่ำ การสั่นไหวจนกระทั่งหยุดนิ่งจะใช้เวลาาน การหาค่าอัตราส่วนความหน่วงกระทำได้โดย นำข้อมูลการสั่นไหวแบบอิสระ (Free Vibration) มาแปลงให้อยู่ในรูปความถี่ (Frequency Domain) ทำการหาค่าความถี่ธรรมชาติ และวิเคราะห์ค่าอัตราส่วนความหน่วงด้วยวิธี Half Power Bandwidth ดังรูปที่ 6.3-6 และสมการที่ (6.3-2)





รูปที่ 6.3-6 ตัวอย่างการหาค่า Damping Ratio ด้วยวิธี Half Power Bandwidth

$$\zeta_n = \frac{\omega_2 - \omega_1}{2\omega_n} \quad (6.3-2)$$

โดยที่

- ζ_n = ค่าอัตราส่วนความหน่วงของโหมดการสั่นไหว n ที่พิจารณา
- ω_n = ค่าความถี่ธรรมชาติของโหมด n
- ω_2 = ค่า Upper frequency ที่ระดับ Amplitude = Half power ($2^{-0.5} = 0.707$)
ของค่า Amplitude ที่ความถี่ธรรมชาติที่พิจารณา ω_n
- ω_1 = ค่า Lower frequency ที่ระดับ Amplitude = Half power ($2^{-0.5} = 0.707$)
ของค่า Amplitude ที่ความถี่ธรรมชาติที่พิจารณา ω_n

6.4 ตำแหน่งการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัด

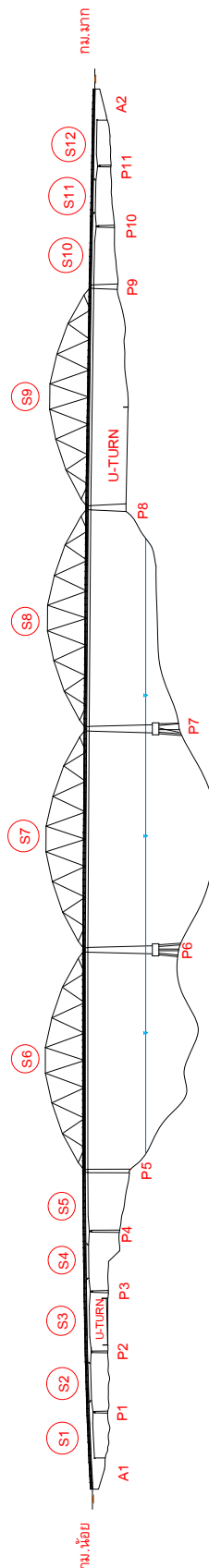
การติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดพฤติกรรมสะพานภายใต้น้ำหนักบรรทุกแบบสถิตและแบบพลวัตประกอบไปด้วยอุปกรณ์ประเภทต่างๆ และมีจำนวนดังนี้

- อุปกรณ์ตรวจวัดความเครียดบนผิวคอนกรีต (Strain Gauge for Concrete) จำนวน 248 ตำแหน่ง (ไม่น้อยกว่าข้อกำหนด TOR ที่ระบุไว้ 240 ตำแหน่ง)
- อุปกรณ์ตรวจวัดความเครียดบนผิวเหล็ก (Strain Gauge for Steel) จำนวน 484 ตำแหน่ง (ไม่น้อยกว่าข้อกำหนด TOR ที่ระบุไว้ 480 ตำแหน่ง)
- อุปกรณ์ตรวจวัดการเคลื่อนที่ (Displacement Transducer) สำหรับวัดการแอ่นตัว จำนวน 76 ตำแหน่ง (ไม่น้อยกว่าข้อกำหนด TOR ที่ระบุไว้ 72 ตำแหน่ง)
- อุปกรณ์ตรวจวัดความเร่งจากการสั่นไหว (Accelerometer) จำนวน 96 ตำแหน่ง (ไม่น้อยกว่าข้อกำหนด TOR ที่ระบุไว้ 72 ตำแหน่ง)

รูปที่ 6.4-1 แสดงภาพรวมของโครงสร้างสะพานเดชาติวงศ์ ซึ่งพฤติกรรมของโครงสร้างสามารถแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ได้ดังนี้

- กลุ่มที่ 1: เชิงลาดสะพานที่มีส่วนยื่น (Approach with Cantilever) ได้แก่ ช่วงสะพานที่ S1, S3, S5, S10, และ S12
- กลุ่มที่ 2: เชิงลาดสะพานแบบแขวน (Suspended Approach) ได้แก่ ช่วงสะพานที่ S2, S4, และ S11
- กลุ่มที่ 3: ช่วงสะพานโค้ง (Arch Span) ได้แก่ ช่วงสะพานที่ S6, S7, S8 และ S9 โดยช่วงสะพาน S6-S8 จะอยู่เหนือผิวน้ำ ต้องใช้นั่งร้านแขวน ส่วนช่วงสะพาน S9 จะอยู่เหนือพื้นดิน สามารถตั้งนั่งร้านจากผิวดินได้





รูปที่ 6.4-1 โครงสร้างสะพานเดชาติวงศ์

ตารางที่ 6.4-1 และรูปที่ 6.4-2 ถึงรูปที่ 6.4-7 แสดงการกระจายการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดประเภทต่าง ให้กับชิ้นส่วนโครงสร้างส่วนบน (Superstructure) ที่สำคัญ ซึ่งประกอบไปด้วย พื้นสะพาน (Deck) คานพื้น (Floor beam) คานหลัก (Girder) คานโค้ง (Arch Girder) และลวดซิง (Rod) เพื่อทำการตรวจวัดพฤติกรรมการถ่ายแรงภายในโครงสร้างที่เกิดจากน้ำหนักบรรทุกจร สะพานเดชาดิวงศ์เปิดให้บริการตั้งแต่ปี 2493 ปัจจุบัน (2563) มีอายุมากถึง 70 ปี และผลการตรวจสอบสะพาน พบว่ามีความเสียหายหลายตำแหน่ง ดังนั้นการทดสอบพฤติกรรมการรับน้ำหนักบรรทุกของสะพานจึงใช้รถบรรทุกสิบล้อจำนวน 2 คัน โดยเป็นรถบรรทุกเปล่า 10 ตัน 1 คัน และรถบรรทุกขนวัสดุ 18 ตัน 1 คัน เพื่อหลีกเลี่ยงความเสียหายที่อาจจะเกิดขึ้นกับโครงสร้างสะพาน การใช้น้ำหนักบรรทุกปานกลางกับโครงสร้างขนาดใหญ่อาจทำให้ผลตอบสนองของโครงสร้าง (Structural Response) มีค่าไม่สูงมากนัก ดังนั้นบริเวณที่คาดว่าจะให้ผลการตรวจวัดที่น้อยเกินไป หรือน้อยกว่าค่าสัญญาณรบกวน (Noise) จะไม่ทำการตรวจวัดในบริเวณดังกล่าว

การตรวจวัดพฤติกรรมโครงสร้างสะพานนิยมใช้อุปกรณ์ตรวจวัดความเร่ง (Accelerometer) ในการตรวจวัดความเร่งการสั่นไหวของสะพานที่ตำแหน่งสำคัญที่จะทำให้ทราบรูปร่างการสั่นไหว (Mode Shape) และค่าความถี่ธรรมชาติ (Natural Frequency) ในโหมดแรก ๆ ซึ่งมีความสำคัญสูงต่อพฤติกรรมโดยรวมของสะพาน สะพานโดยทั่วไปจะมีพฤติกรรมคล้ายกับคาน คือมีการแอ่นตัวหรือดัดงอ การตรวจวัดจึงนิยมติดตั้ง Accelerometer ที่ตำแหน่งควบคุม (Control Points) การแอ่นตัวอย่างน้อย 3 ตำแหน่ง คือ $L/4$, $L/2$, $3L/4$ การติดตั้ง Accelerometer ในบริเวณที่เป็นเชิงลาดสะพาน (Approach) จะแบ่งการติดตั้งเป็น 2 แนว คือ แนวตามยาวด้านซ้าย และแนวตามยาวด้านขวา หากการแอ่นตัวของ 2 แนวเกิดขึ้นไม่พร้อมกัน อาจทำให้ได้ค่าโหมดการบิดของสะพานด้วย ส่วนช่วงสะพานโค้ง (Arch Span) จะติดตั้ง Accelerometer เพียง 1 แนว โดยจะติดตั้ง 3 ตำแหน่ง ($L/4$, $L/2$, $3L/4$) ที่คานหลักด้านล่าง และ 5 ตำแหน่ง ($L/6$, $L/3$, $L/2$, $2L/3$, $5L/6$) ที่คานโค้งด้านบน เพื่อตรวจวัดการแอ่นตัวขึ้นลงในแนวดิ่งของระนาบคานโค้งและคานหลักที่ยึดกันลวดซิง และจะติดตั้ง Accelerometer เพิ่มอีก 6 ตัว ที่คานโค้งด้านบน ($L/6$, $L/3$, $L/2$ มี 2 ตัว, $2L/3$, $5L/6$) เพื่อวัดการเคลื่อนที่ด้านข้าง ค่าความถี่ธรรมชาติที่ตรวจวัดได้มีความหมายทางกายภาพ คือ ถ้าสะพานได้รับแรงกระทำเป็นจังหวะเท่ากับค่าความถี่ธรรมชาติ สะพานจะเกิดการสั่นเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ (Resonance) จนกระทั่งวิบัติ โดยค่าความถี่ธรรมชาติหาได้จากการวิเคราะห์ Eigen Value ของ Global Stiffness Matrix และ Global Mass Matrix ดังนั้น ค่าความถี่ธรรมชาติ จึงเป็นค่าที่บ่งบอกถึง Global Stiffness Matrix และ Global Mass Matrix ของสะพาน ที่อยู่ในรูปของ Scalar ซึ่งมีความซับซ้อนน้อยกว่าเมทริกซ์ที่มีตัวเลขเป็นจำนวนมาก การที่มวลของสะพานไม่มีการเปลี่ยนแปลงหรือเปลี่ยนแปลงน้อยมาก ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงค่าความถี่ธรรมชาติของสะพานจึงบ่งบอกถึงการเปลี่ยนแปลงสติฟเนสของสะพาน หากสะพานมีสภาพชำรุด สติฟเนสมีแนวโน้มที่จะอ่อนลง หากสะพานได้รับการเสริมกำลัง สติฟเนสมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้น ดังนั้นค่าความถี่ธรรมชาติและโหมดการสั่นไหวจึงนิยมใช้เป็นพารามิเตอร์หลักในการคาร์เบตแบบจำลองสะพานให้มีพฤติกรรมสอดคล้องกับพฤติกรรมจริงของสะพานในแต่ละช่วงอายุการใช้งาน



ในกรณีที่สามารถตั้งนั่งร้านจากพื้นดินได้ การตรวจวัดพฤติกรรมโครงสร้างสะพานนิยมใช้อุปกรณ์ตรวจวัดการเคลื่อนที่ (LVDT) ในการตรวจวัดพฤติกรรมการแอ่นตัวของสะพานด้วย เพื่อให้ทราบพฤติกรรมการกระจายแรงจากน้ำหนักบรรทุกเข้าสู่คานตัวนอก (Exterior Girder) และคานตัวใน (Interior Girder) ซึ่งเป็นชิ้นส่วนสำคัญในการรับน้ำหนักของสะพาน โดยทั่วไปสะพานช่วงเดี่ยว (Simple Span) จะวัดการแอ่นตัวตามแนวยาวสะพานที่ระยะประมาณ $L/4$, $L/2$ และ $3L/4$ หากสะพานมีคานหลายตัว จะตรวจวัดที่คานตัวนอกและคานตัวในอย่างน้อยประเภทละ 1 ตัว สะพานเดชาดิวงค์มีช่วงสะพานที่เป็นช่วงเดี่ยวและที่เป็นช่วงยื่น ดังนั้นกรณีที่มีช่วงยื่นจะตรวจวัดเพิ่มอีก 1 จุด ที่ปลายช่วงยื่น เพื่อให้ทราบพฤติกรรมการแอ่นลงในช่วงเดี่ยวและแอ่นตัวขึ้นที่ปลายช่วงยื่น บริเวณที่เป็นเชิงลาดสะพาน (Approach) สามารถตั้งนั่งร้านจากพื้นดินได้ทั้งหมด ส่วนช่วงสะพานโค้ง (Arch Span) มีเพียงช่วงสะพานที่ 9 (S9) เท่านั้น ที่สามารถตั้งนั่งร้านจากพื้นดินได้ อีก 3 ช่วงที่เหลือ (S6,S7,S8) อยู่สูงจากพื้นน้ำ การเข้าถึงท้องสะพานต้องใช้นั่งร้านแขวน ซึ่งการแขวนนั่งร้านกับท้องสะพานจะทำให้ไม่สามารถวัดค่าการแอ่นตัวได้ เนื่องจากนั่งร้านแขวนจะแอ่นตัวไปพร้อม ๆ กับคานสะพาน ในกรณีดังกล่าวจะติดตั้ง LVDT ที่ปลายคานทั้งสองฝั่ง เพื่อวัดการเคลื่อนตัวตามแนวยาวของสะพาน ข้อมูลค่าการแอ่นตัวหรือการเคลื่อนที่ที่ตรวจวัดได้ สามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลเสริมในการคาร์เบตแบบจำลองสะพานได้

ในกรณีที่ไม่สามารถตั้งนั่งร้านจากพื้นดินเพื่อวัดค่าการแอ่นตัวได้ การตรวจวัดความเครียดก็เป็นอีกแนวทางหนึ่งที่จะทำให้ทราบพฤติกรรมการแอ่นตัว (Flexural Behavior) หรือพฤติกรรมการยืดหดตัวตามแนวแกน (Axial Behavior) ของชิ้นส่วนโครงสร้างได้ โดยการตรวจวัดพฤติกรรมการแอ่นตัวจะตรวจวัดที่ชิ้นส่วน คานพื้น และคานหลัก โดยทั่วไปจะติดตั้ง Strain Gauge ที่ด้านล่างของชิ้นส่วนที่มีการแอ่นตัว โดยจะติดตั้งที่ตำแหน่งการแอ่นตัวที่สำคัญ เช่น ที่ระยะประมาณ $L/4$, $L/2$, $3L/4$ นอกจากนี้อาจติดตั้งตลอดความสูงของคานบริเวณกึ่งกลางช่วงสะพาน ($L/2$) เพื่อดูการกระจายความเครียดตลอดความสูงของคานหลัก โดยคานหลักจะรับแรงอัดด้านบนและรับแรงดึงด้านล่าง สามารถใช้วิเคราะห์หาจุดที่แรงกระทำเป็นศูนย์หรือจุดสะเทิน (Neutral Axis) ได้ อย่างไรก็ตาม ผลการตรวจวัดด้วย Strain Gauge ที่ผิวคอนกรีตอาจได้ค่าที่ค่อนข้างแปรปรวน ซึ่งอาจเกิดจากปัจจัยหลายอย่างในแต่ละตำแหน่ง (Local Effect) เช่น การยืดหดตัวของผิวคอนกรีตที่มีรอยร้าวจะเกิดขึ้นไม่สม่ำเสมอ การติด Strain Gauge คร่อมรอยร้าวจะได้ค่าที่สูงมาก ขณะที่การติด Strain Gauge ระหว่างรอยร้าวจะได้ค่าที่ต่ำมาก นอกจากนี้คอนกรีตเสริมเหล็กไม่ได้เป็นวัสดุเนื้อเดียวกันและมีพฤติกรรมทุกทิศทางเหมือนกัน (Isotropic Elastic Material) ตำแหน่งที่มีก้อนหินอยู่ใกล้ผิวคอนกรีตอาจให้ค่าต่างจากตำแหน่งที่มีมอร์ตาร์อยู่ใกล้ผิวคอนกรีต หรือบริเวณที่มีการเสริมเหล็กหนาแน่นอาจให้ค่าแตกต่างจากบริเวณที่มีปริมาณเหล็กเบาบาง อีกทั้งการยืดหดของวัสดุได้รับอิทธิพลจากอัตราส่วนปัวซอง (Poisson Ratio) และการยึดรั้งในทิศทางต่าง ๆ ดังนั้นค่าความเครียดที่ตรวจวัดได้บนผิวคอนกรีตจึงมีลักษณะผสมกันหลายอย่าง การใช้ข้อมูลความเครียดที่ผิวคอนกรีตจำเป็นต้องใช้วิจารณญาณ โดยอาจใช้เป็นข้อมูลประกอบการวิเคราะห์พฤติกรรมโครงสร้างร่วมกับแบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์

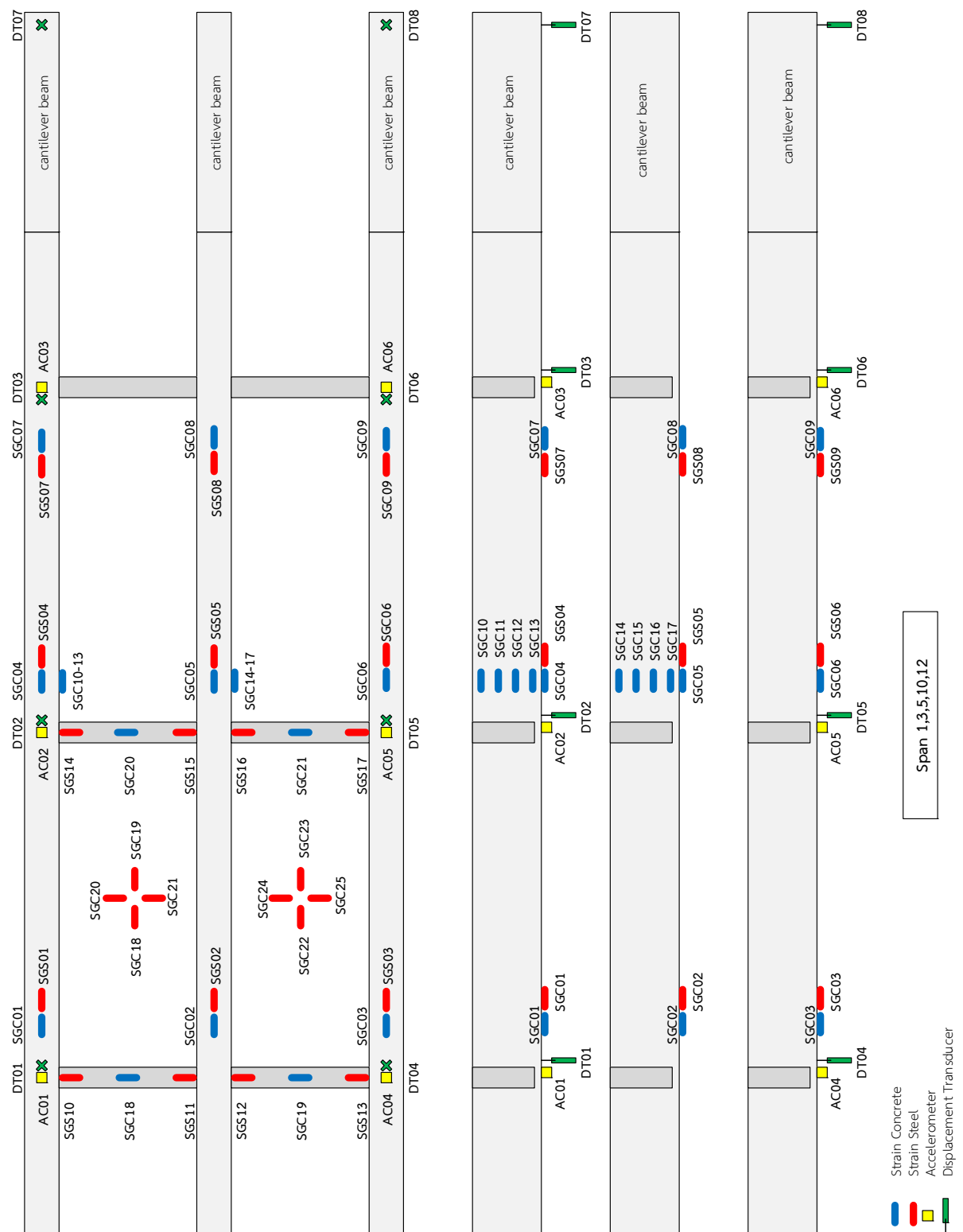
การตรวจวัดความเครียดของโครงสร้างคอนกรีตที่มีรอยแตกหรือรอยร้าวมาก หรือเหล็กเสียดำแหน่งที่มีความเสียหายได้ลำบาก การตรวจวัดความเครียดที่ผิวเหล็กเสริมซึ่งอยู่ในชิ้นส่วนโครงสร้างก็

เป็นอีกทางเลือกหนึ่ง เช่น พื้นสะพานที่รับแรงกระทำจากล้อรถบรรทุกโดยตรง ทำให้เกิดการแอ่นตัวได้มาก และเกิดขึ้นหลายครั้งต่อวันเป็นระยะเวลานาน อาจทำให้เกิดรอยร้าวจากความล้าได้ ซึ่งอาจมีทั้งรอยร้าวที่มองเห็นหรือรอยร้าวที่มองไม่เห็นด้วยตาเปล่า (Micro Cracks) นอกจากนี้ชิ้นส่วนที่รับแรงดัดประเภทอื่น ๆ ในสะพานก็ตรวจพบว่ามีรอยร้าว รอยแตก หรือหลุดล่อน ดังนั้นจะทำการตรวจวัดพฤติกรรมการณ์แอ่นตัวของชิ้นส่วนรับแรงดัดประเภทต่าง ๆ ได้แก่ พื้นสะพาน คานพื้น และคานหลัก โดยจะติดตั้ง Strain Gauge ที่ด้านล่างของชิ้นส่วนที่ตำแหน่งการแอ่นตัวที่สำคัญ เช่น ที่ระยะประมาณ $L/4$, $L/2$, $3L/4$ นอกจากนี้จะติดตั้ง Strain Gauge ที่ลวดขึง (Steel Rod) ด้วย เพื่อวัดการยืดตัวขณะที่มีน้ำหนักบรรทุกกระทำต่อสะพาน อย่างไรก็ตาม ผลการตรวจวัดด้วย Strain Gauge ที่ผิวเหล็กเสริมอาจได้ค่าที่ค่อนข้างแปรปรวน ซึ่งอาจเกิดจากปัจจัยหลายอย่างในแต่ละตำแหน่ง (Local Effect) เช่น ความไม่สม่ำเสมอการถ่ายแรงระหว่างเหล็กเสริมกับคอนกรีตโดยรอบ ความไม่สม่ำเสมอของระยะห่างระหว่างเหล็กเสริม การยึดรั้งระหว่างเหล็กตามยาวและเหล็กตามขวาง การทาบเหล็ก การงอเหล็ก เป็นต้น ดังนั้นค่าความเครียดที่ตรวจวัดได้จึงมีลักษณะผสมกันหลายอย่าง การใช้ข้อมูลความเครียดที่ผิวเหล็กเสริมจำเป็นต้องใช้วิจารณญาณ โดยอาจใช้เป็นข้อมูลประกอบการวิเคราะห์พฤติกรรมโครงสร้างร่วมกับแบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์

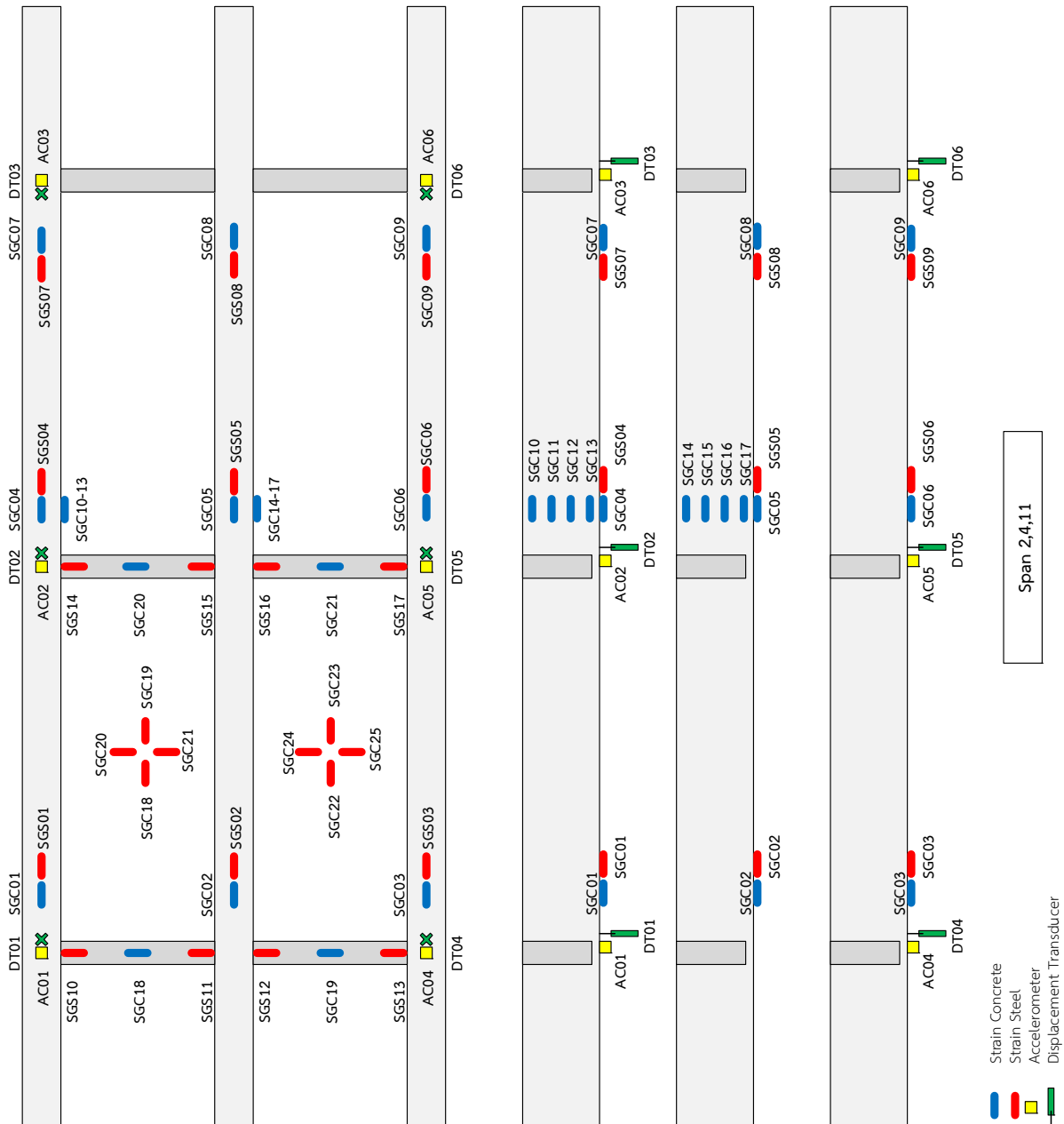
ตารางที่ 6.4-1 การกระจายตำแหน่งการตรวจวัดพฤติกรรมของโครงสร้างสะพาน

Sensor	Member	Approach with Cantilever					Suspended Approach			Arch Span				Sum	
		S1	S3	S5	S10	S12	S2	S4	S11	S6	S7	S8	S9	Member	All
Strain Gauge (Concrete)	Deck	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	248
	Floorbeam	4	4	4	4	4	4	4	4	2	2	2	2	40	
	Girder	17	17	17	17	17	17	17	17	18	18	18	18	208	
	Rod	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	
Strain Gauge (Steel)	Deck	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	96	484
	Floorbeam	8	8	8	8	8	8	8	8	9	9	9	9	100	
	Girder	9	9	9	9	9	9	9	9	6	6	6	6	96	
	Rod	-	-	-	-	-	-	-	-	48	48	48	48	192	
Accelerometer	Deck	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	96
	Floorbeam	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	
	Girder	6	6	6	6	6	6	6	6	12	12	12	12	96	
	Rod	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	
Displacement Transducer	Deck	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	76
	Floorbeam	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	
	Girder	8	8	8	8	8	6	6	6	4	4	4	6	76	
	Rod	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	



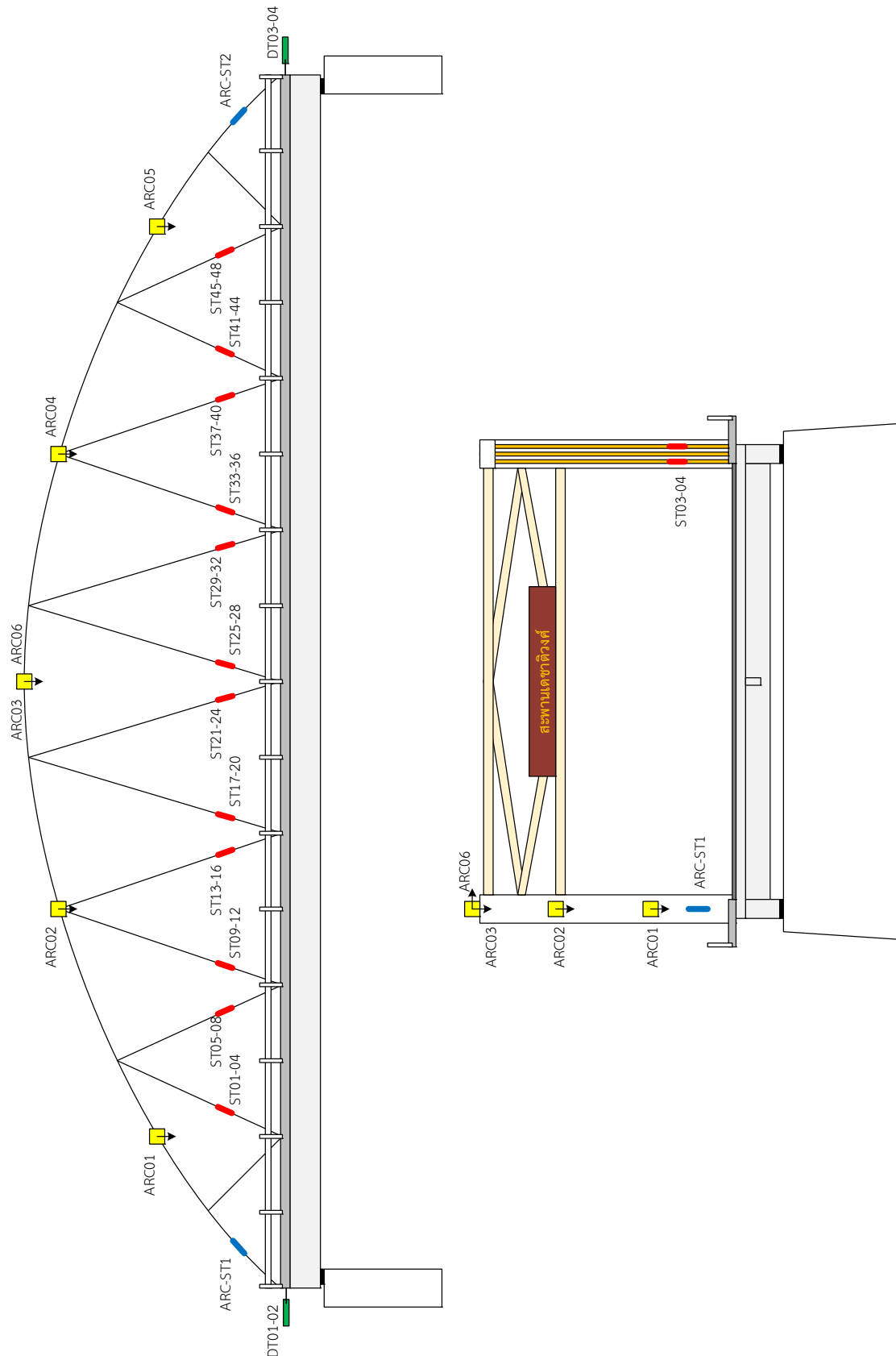


รูปที่ 6.4-2 การติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดในช่วงสะพานที่ 1,3,5,10,12: Approach with cantilever

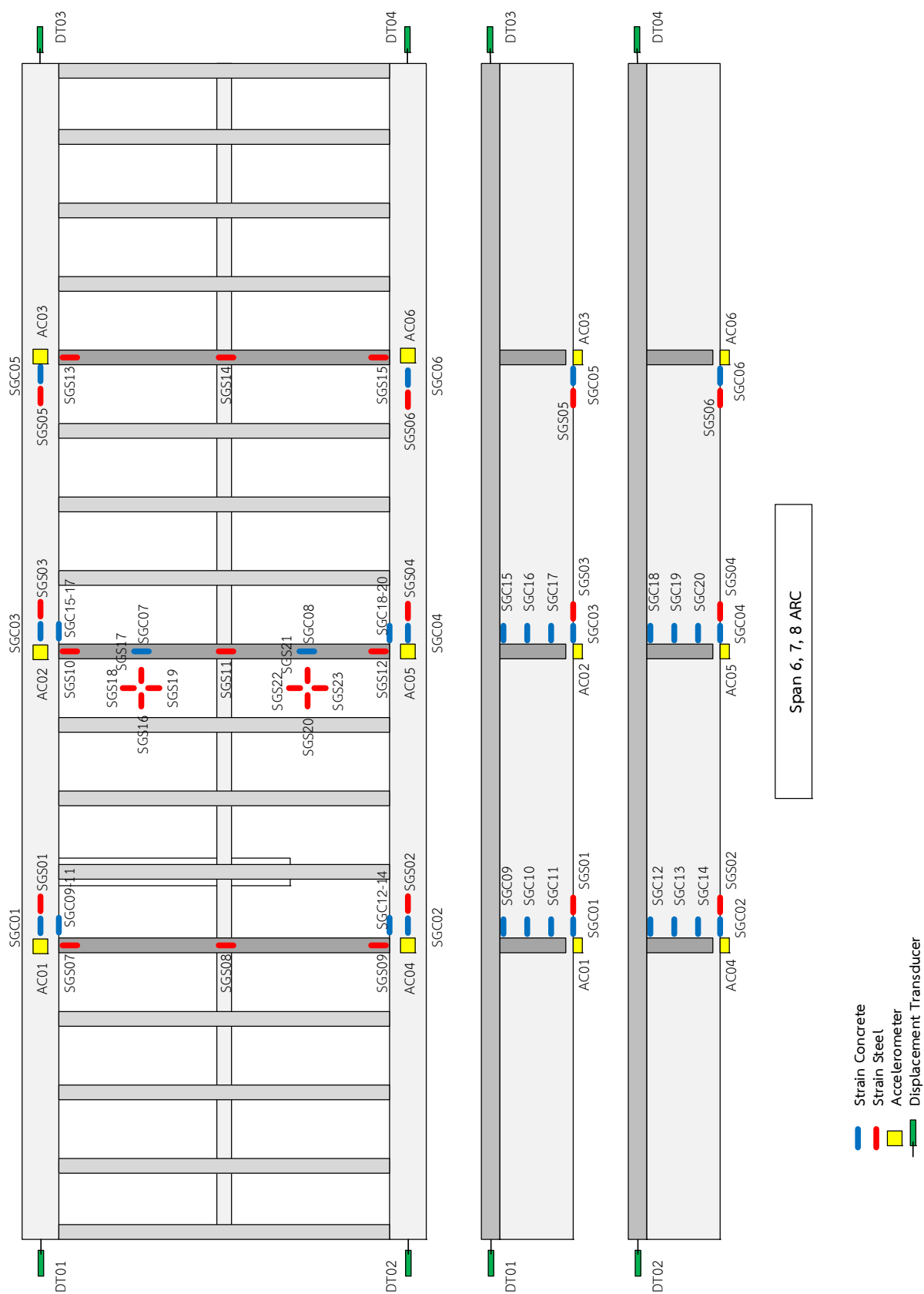


รูปที่ 6.4-3 การติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดในช่วงสะพานที่ 2,4,11 : Suspended Approach



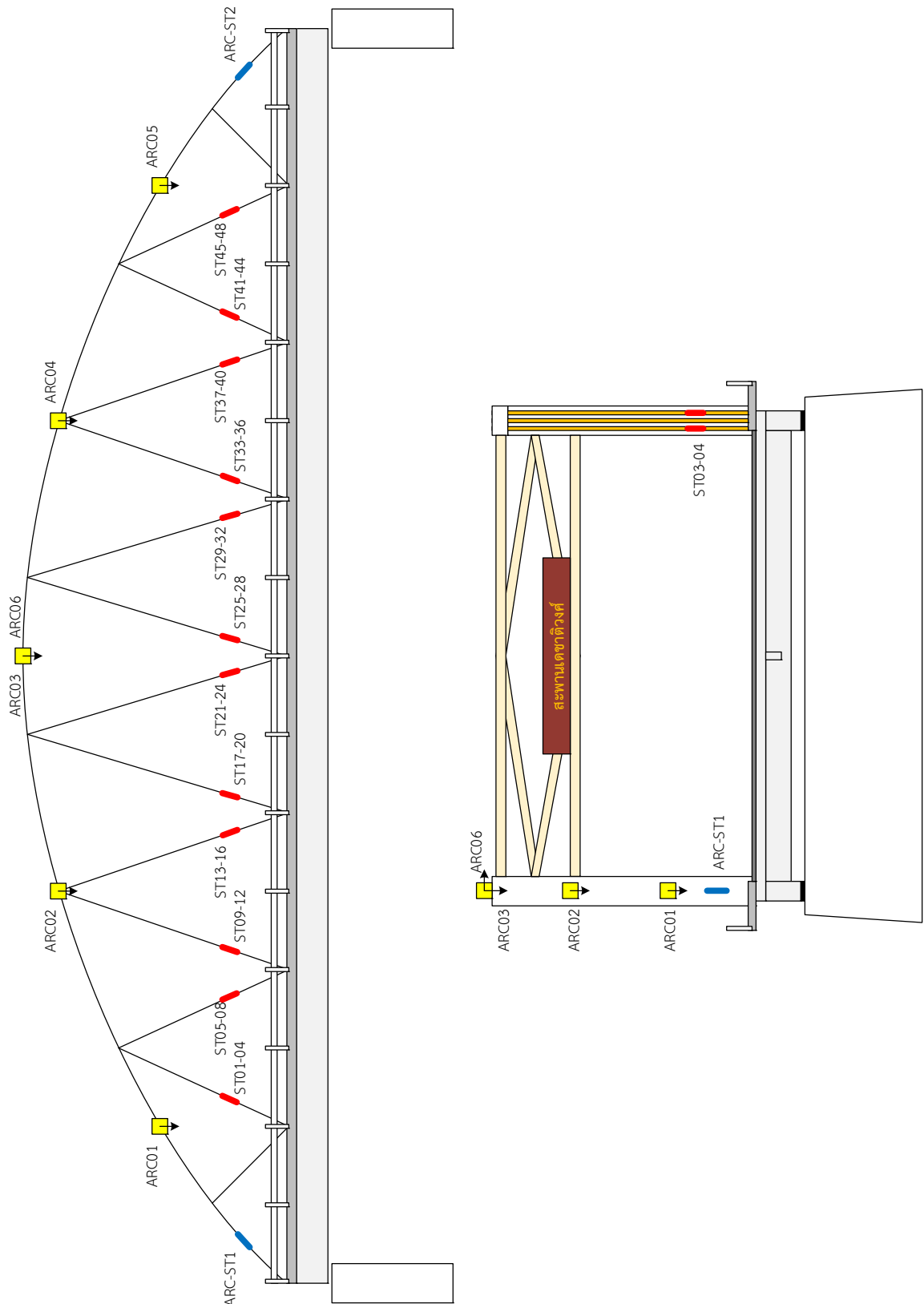


รูปที่ 6.4-4 การติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดในช่วงสะพานที่ 6,7,8: Arch Span (ด้านบน)

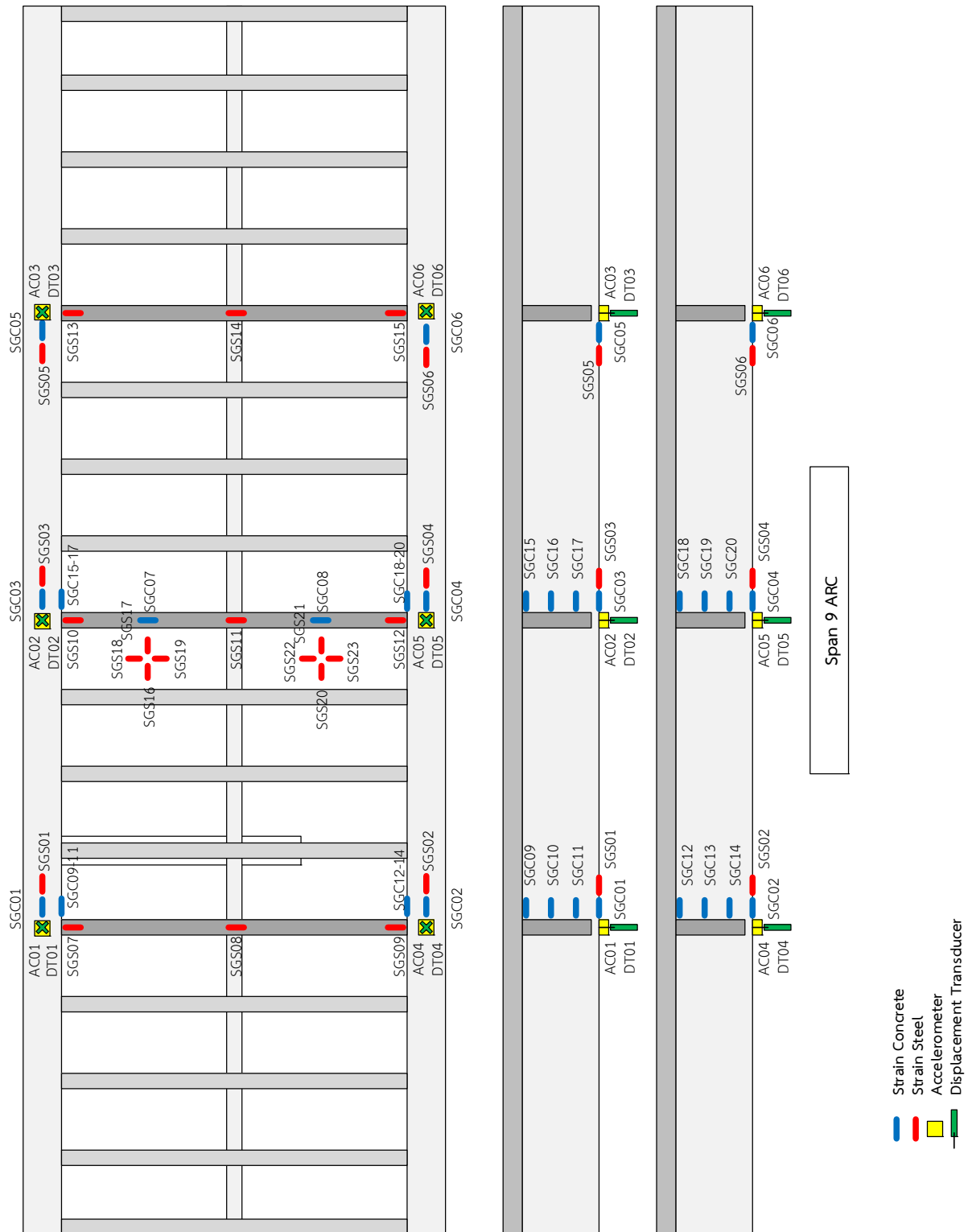


รูปที่ 6.4-5 การติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดในช่วงสะพานที่ 6,7,8: Arch Main (ด้านล่าง)





รูปที่ 6.4-6 การติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดในช่วงสะพานที่ 9 (S9): Arch Span (ด้านบน)



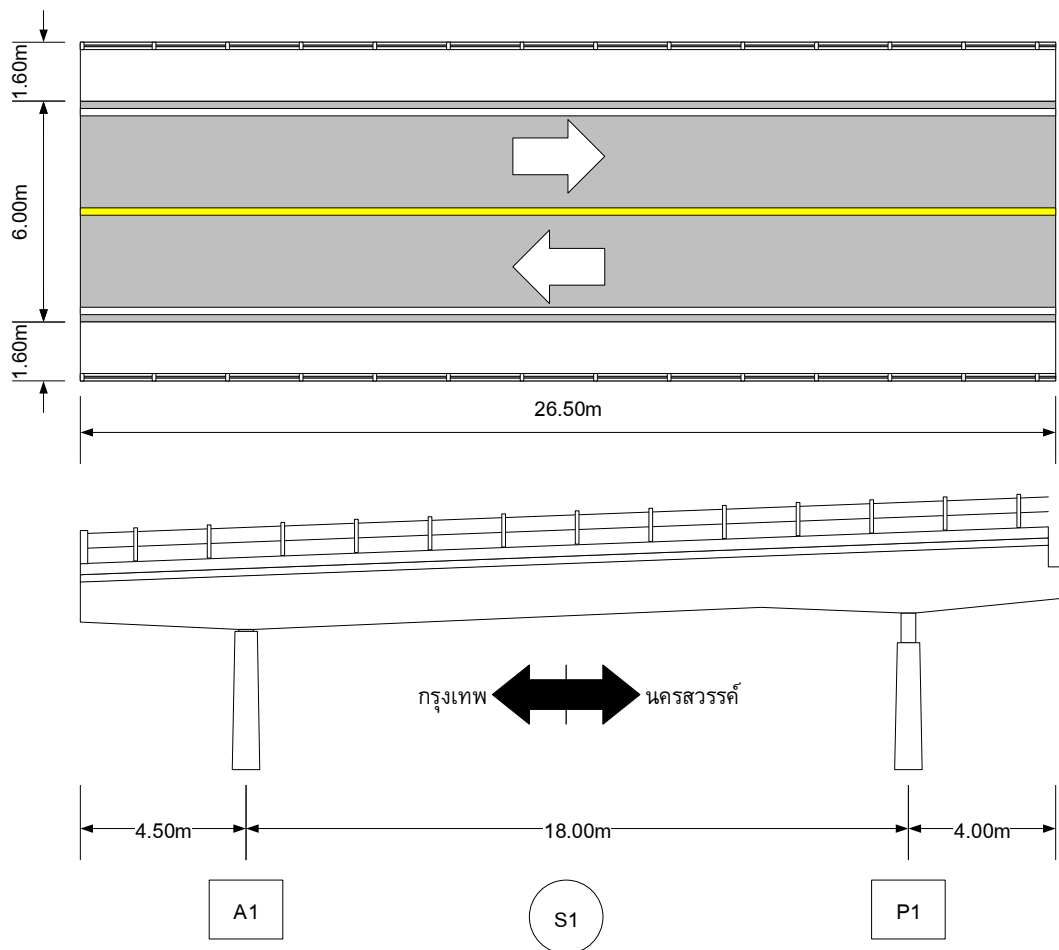
รูปที่ 6.4-7 การติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดในช่วงสะพานที่ 9 (S9): Arch Span (ด้านล่าง)



6.5 ผลการตรวจวัดพฤติกรรมสะพานช่วงที่ 1 (Span 1)

โครงการนี้ได้ดำเนินการตรวจวัดพฤติกรรมโครงสร้างสะพานช่วงที่ 1 (Span 1) ความยาวช่วงระหว่างรอยต่อสะพานเท่ากับ 27.5 เมตร ความยาวช่วงระหว่างตอม่อเท่ากับ 18 เมตร โดยทำการทดสอบสะพานภายใต้สภาวะควบคุม ประกอบด้วย การทดสอบแบบสถิต และการทดสอบแบบพลวัต เมื่อวันที่ 28 พฤษภาคม 2563 ซึ่งมีรายละเอียดการตรวจวัดพฤติกรรมโครงสร้างสะพาน ดังนี้

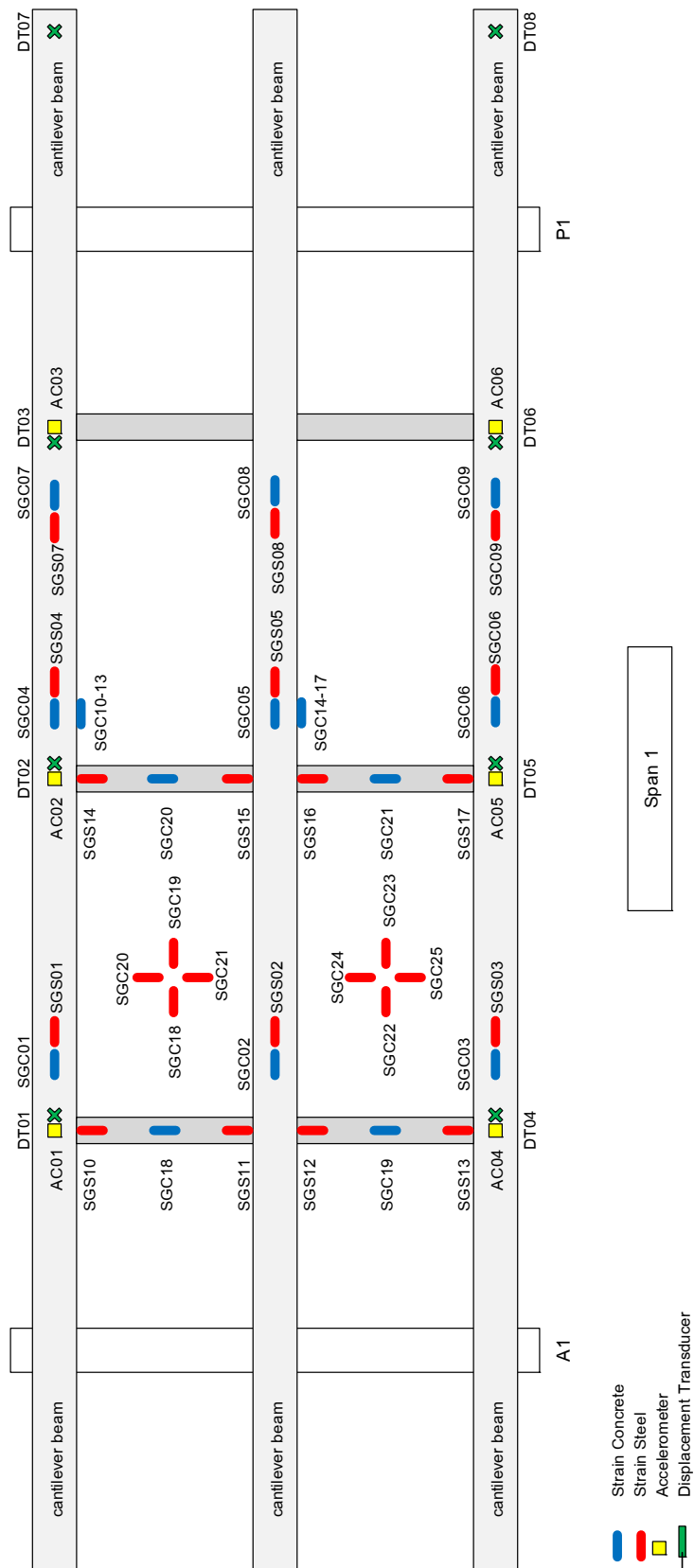
6.5.1. ช่วงสะพานทดสอบ



รูปที่ 6.5-1 ช่วงสะพานทดสอบ

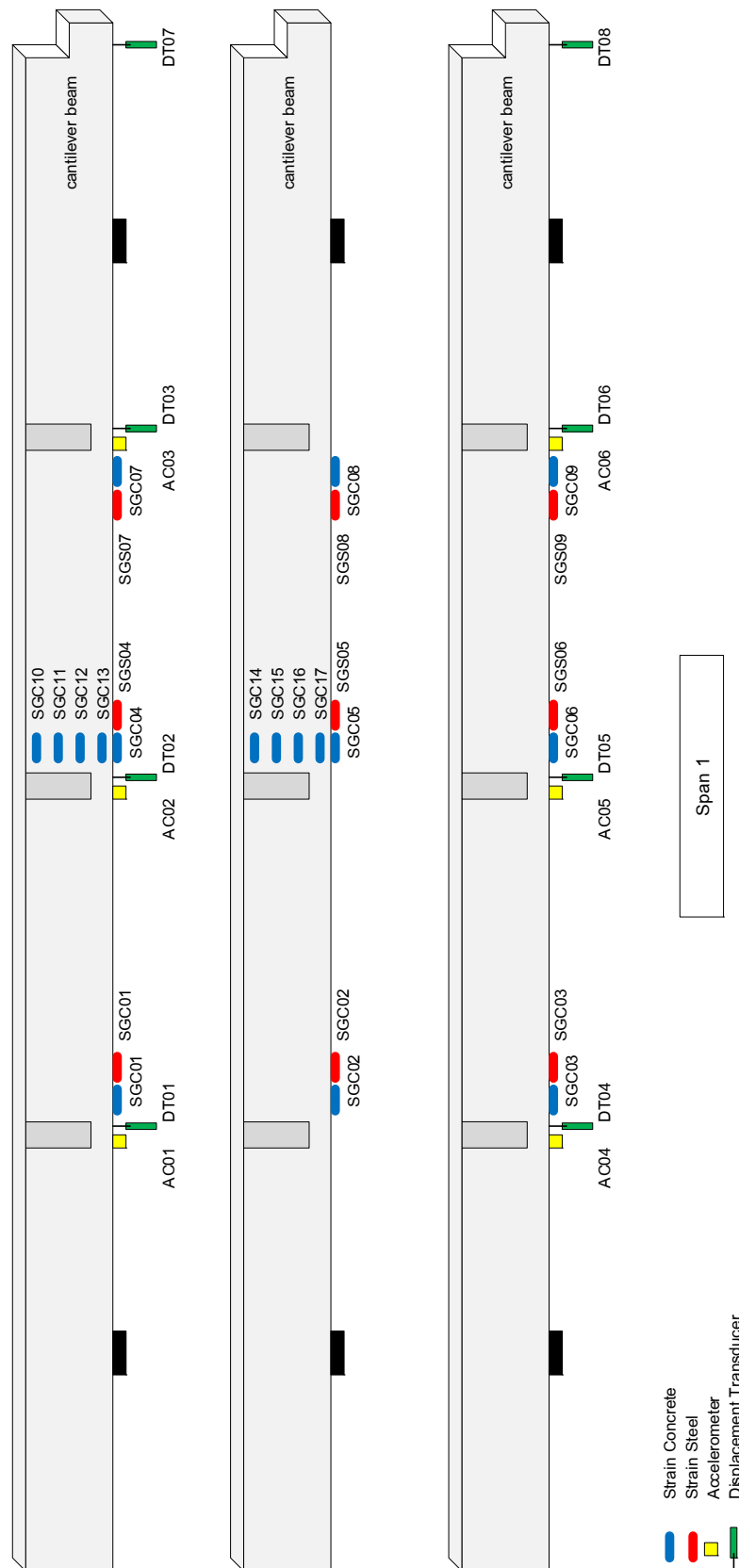
6.5.2. ตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัด

ในช่วงสะพานนี้ทำการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดความเครียดสำหรับคอนกรีต (Strain Gauge Concrete) จำนวน 21 ตำแหน่ง อุปกรณ์ตรวจวัดความเครียดสำหรับเหล็ก (Strain Gauge Steel) จำนวน 25 ตำแหน่ง อุปกรณ์ตรวจวัดการเคลื่อนที่ (Displacement Transducer) จำนวน 8 ตำแหน่ง และอุปกรณ์ตรวจวัดความเร่งจากการสั่นไหว (Accelerometer) จำนวน 6 ตำแหน่ง โดยมีรายละเอียดดังนี้



รูปที่ 6.5-2 ตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัด





รูปที่ 6.5-2 ตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัด (ต่อ)



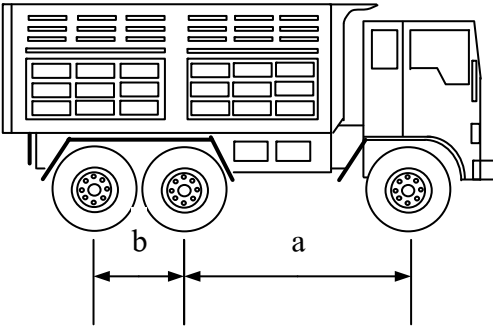
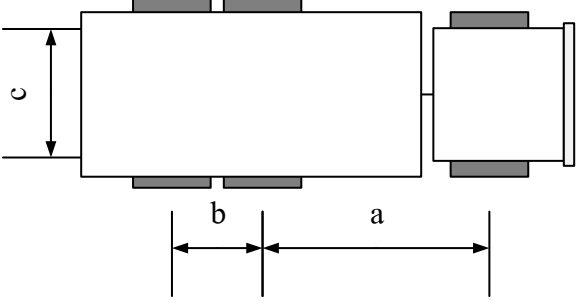
รูปที่ 6.5-3 ภาพการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดสะพานช่วงที่ 1 (Span 1)

6.5.3. น้ำหนักบรรทุกทดสอบ

ในช่วงสะพานนี้ได้ใช้รถบรรทุก 10 ล้อ จำนวน 2 คัน ประกอบด้วย รถบรรทุกเปล่าน้ำหนักรวมประมาณ 10 ตัน และรถบรรทุกน้ำหนักรวมประมาณ 18 ตัน ทดสอบสะพานภายใต้สภาวะควบคุม โดยมีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 6.5-1 น้ำหนักบรรทุกทดสอบ

คันที่	1	2
ประเภท	รถบรรทุกเปล่า (81-5301)	รถบรรทุกน้ำหนัก (81-5222)
น้ำหนักรถบรรทุก (ตัน)	10.570	18.280
ระยะเพลลาที่ 1 ถึง 2 (a, เมตร)	3.90	4.10
ระยะเพลลาที่ 2 ถึง 3 (b, เมตร)	1.30	1.30
ความกว้างฐานล้อ (c, เมตร)	1.90	1.90



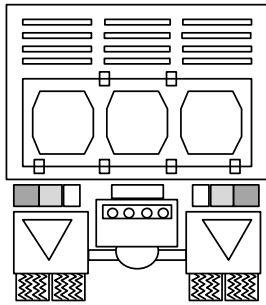
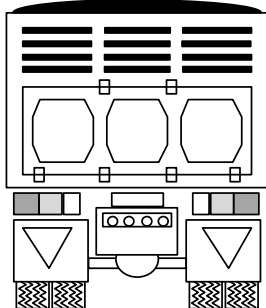
รูปที่ 6.5-4 รถบรรทุกทดสอบ

6.5.4. รูปแบบการทดสอบแบบสถิต

การทดสอบแบบสถิต (Static Test) ประกอบด้วย การทดสอบด้วยรถบรรทุกเปล่าและรถบรรทุกน้ำหนัก หลายรูปแบบโดยมีรายละเอียดดังนี้

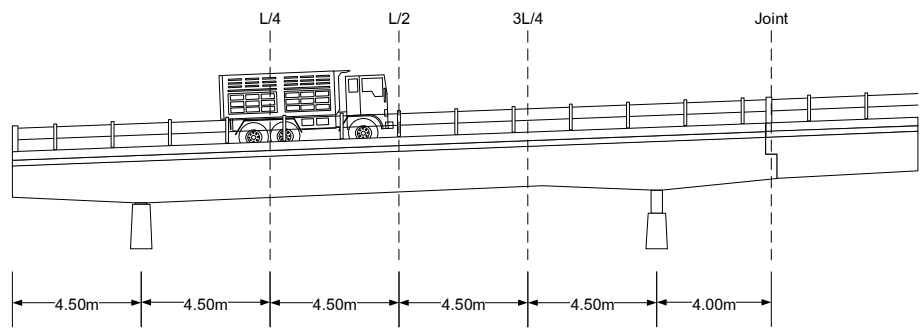
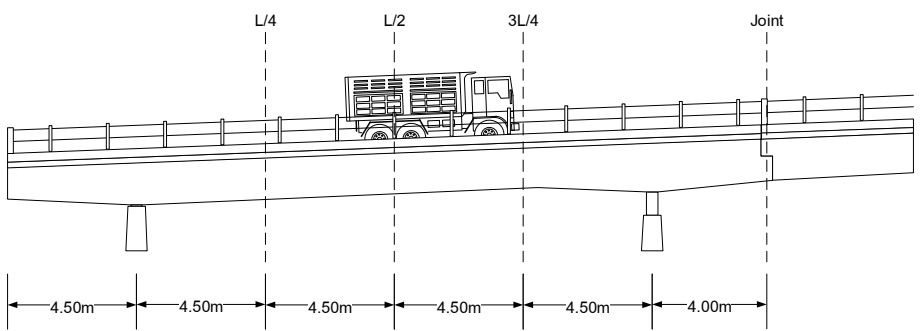
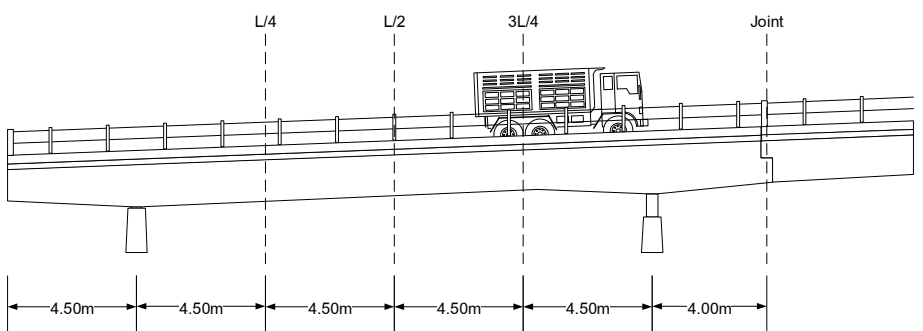
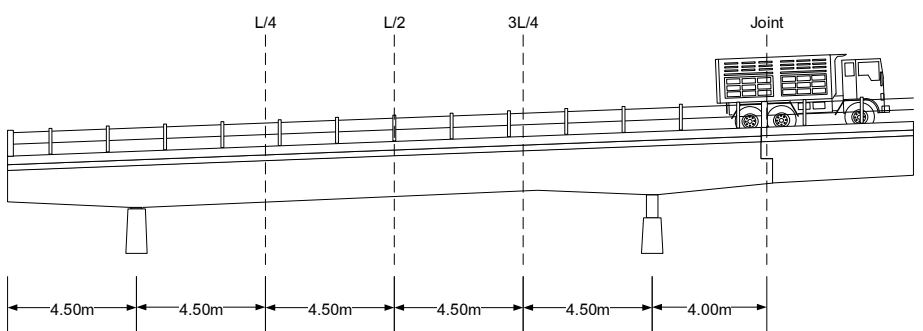
- Static 1-1 : ทดสอบด้วยรถบรรทุกเปล่า จอดตามตำแหน่ง L/4, L/2, 3L/4 ของความยาวช่วงระหว่างตอม่อ และ Joint ในช่องจราจรทางซ้าย
- Static 1-2 : ทดสอบด้วยรถบรรทุกเปล่า จอดตามตำแหน่ง L/4, L/2, 3L/4 ของความยาวช่วงระหว่างตอม่อ และ Joint ในช่องจราจรทางขวา
- Static 1-3 : ทดสอบด้วยรถบรรทุกเปล่า จอดตามตำแหน่ง L/4, L/2, 3L/4 ของความยาวช่วงระหว่างตอม่อ และ Joint กึ่งกลางสะพาน
- Static 2-1 : ทดสอบด้วยรถบรรทุกน้ำหนัก จอดตามตำแหน่ง L/4, L/2, 3L/4 ของความยาวช่วงระหว่างตอม่อ และ Joint ในช่องจราจรทางซ้าย
- Static 2-2 : ทดสอบด้วยรถบรรทุกน้ำหนัก จอดตามตำแหน่ง L/4, L/2, 3L/4 ของความยาวช่วงระหว่างตอม่อ และ Joint ในช่องจราจรทางขวา
- Static 2-3 : ทดสอบด้วยรถบรรทุกน้ำหนัก จอดตามตำแหน่ง L/4, L/2, 3L/4 ของความยาวช่วงระหว่างตอม่อ และ Joint กึ่งกลางสะพาน

ตารางที่ 6.5-2 สัญลักษณ์รถบรรทุกทดสอบ

รถบรรทุก	สัญลักษณ์
รถบรรทุกเปล่า	
รถบรรทุกน้ำหนัก	



ตารางที่ 6.5-3 ระยะจอตรถบรรทุกตามตำแหน่ง L/4, L/2, 3L/4 และ Joint

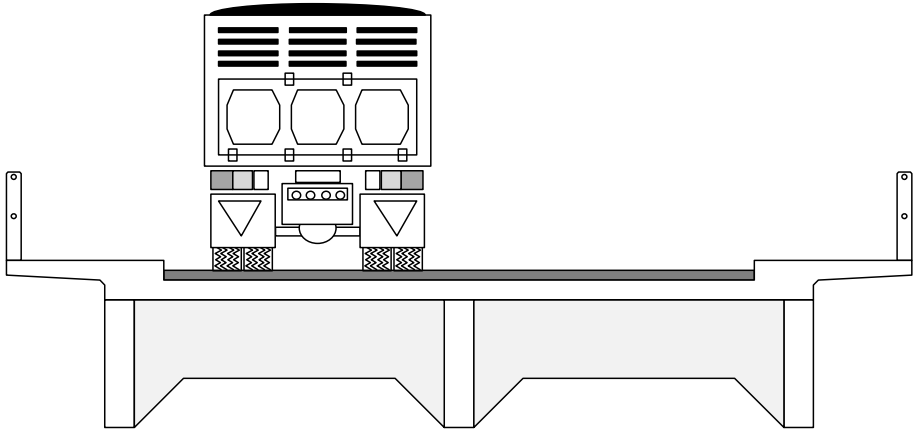
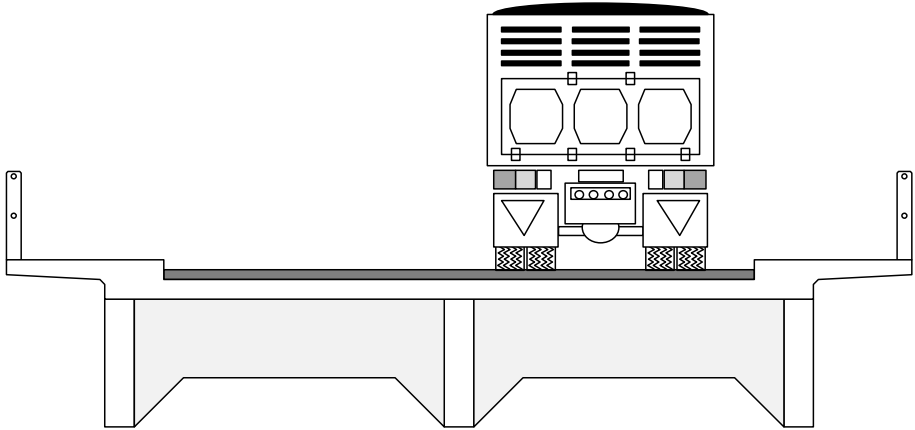
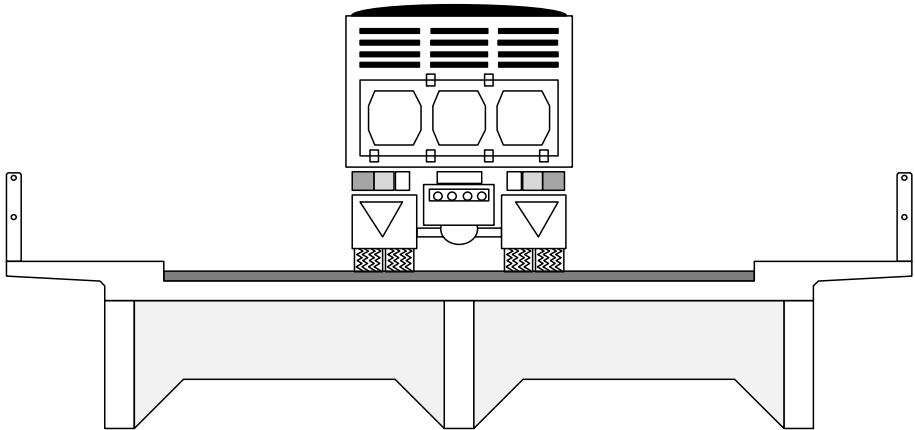
ระยะ	ตำแหน่งจอตรถบรรทุก
L/4	
L/2	
3L/4	
Joint	

ตารางที่ 6.5-4 รูปแบบการทดสอบแบบสถิต ด้วยรถบรรทุกเปล่า

Case	Pattern
Static 1-1	
Static 1-2	
Static 1-3	



ตารางที่ 6.5-5 รูปแบบการทดสอบแบบสถิต ด้วยรถบรรทุกน้ำหนัก

Case	Pattern
Static 2-1	
Static 2-2	
Static 2-3	



รูปที่ 6.5-5 ภาพการทดสอบแบบสถิต



6.5.5. ผลการตรวจวัดพฤติกรรมสะพานแบบสถิต

ตารางที่ 6.5-6 ผลการตรวจวัดพฤติกรรมสะพานแบบสถิต ด้วยรถบรรทุกเปล่า

Time (s)	Static 1-1				Static 1-2				Static 1-3		
	L/4	L/2	3L/4	Joint	L/4	L/2	3L/4	Joint	L/4	L/2	3L/4
DT-01	-0.232	-0.477	-0.304	0.170	-0.068	-0.123	-0.081	0.063	-0.140	-0.265	-0.163
DT-02	-0.219	-0.594	-0.474	0.260	-0.055	-0.152	-0.175	0.038	-0.196	-0.396	-0.377
DT-03	-0.178	-0.502	-0.489	0.306	-0.047	-0.105	-0.073	0.116	-0.068	-0.248	-0.217
DT-04	-0.036	-0.089	-0.072	0.061	-0.243	-0.461	-0.295	0.132	-0.148	-0.289	-0.195
DT-05	-0.002	-0.044	-0.054	0.117	-0.210	-0.581	-0.569	0.129	-0.171	-0.397	-0.405
DT-06	-0.041	-0.100	-0.082	0.069	-0.315	-0.628	-0.709	0.295	-0.179	-0.356	-0.325
DT-07	-0.010	-0.052	-0.066	0.221	-0.021	-0.049	-0.059	0.151	0.009	-0.038	-0.050
DT-08	0.036	0.102	0.090	-0.138	0.108	0.304	0.301	-0.567	0.056	0.178	0.163
SGC-01	54.165	109.105	42.895	-11.789	14.594	26.854	18.514	-3.789	30.038	57.128	30.168
SGC-02	0.694	-1.565	2.492	0.644	-0.452	-3.867	-2.276	-2.965	-8.442	-9.459	-7.169
SGC-03	1.313	1.763	2.727	-0.212	13.882	21.542	9.681	1.673	4.794	7.248	3.852
SGC-04	0.004	-2.644	-1.484	-1.846	-0.335	-0.790	-0.352	1.296	-2.052	-0.254	0.279
SGC-05	0.619	1.071	0.011	-1.537	0.650	1.346	0.794	-0.761	-3.333	-2.068	-0.969
SGC-06	0.104	-2.536	0.406	2.644	-0.763	2.028	0.790	-3.461	-1.119	-1.908	0.185
SGC-07	0.284	1.894	3.454	-0.971	-0.115	0.321	-0.167	-0.662	-0.119	0.569	0.323
SGC-08	-0.742	-0.565	1.721	-0.560	0.281	0.573	1.288	-3.739	-2.235	-1.777	-0.475
SGC-09	1.410	3.298	3.836	-5.873	3.131	17.106	26.776	-26.564	1.798	8.961	11.763
SGC-10	-3.064	-4.933	-3.231	-0.575	2.158	2.733	3.985	4.504	-3.577	-6.159	-8.994
SGC-11	-5.038	3.846	21.608	-14.673	1.121	8.681	9.358	-4.261	-1.958	9.008	15.168
SGC-12	-4.688	-5.315	-7.090	-7.386	0.519	0.075	0.125	0.333	-0.258	0.502	0.081
SGC-13	-11.394	-11.904	-13.084	-14.214	-0.244	-0.440	-0.500	-0.223	0.106	1.098	0.929
SGC-14	-7.237	-8.112	-7.262	-8.140	-0.423	-1.317	0.317	-0.544	-4.809	-4.246	-0.581
SGC-15	-20.132	-14.412	20.548	-20.002	-6.396	7.956	22.591	-9.100	-19.480	-9.052	25.340
SGC-16	-6.190	-7.002	-7.496	-7.819	0.713	0.054	0.033	0.060	-3.663	-3.079	-1.219
SGC-17	-5.371	-5.017	-0.038	-9.767	1.258	5.254	3.729	-2.417	-3.565	-0.285	4.104
SGC-18	-2.321	-4.246	-3.433	-3.671	-0.138	-1.465	-1.150	-2.355	-3.473	-2.573	-2.054
SGC-19	-15.615	-15.775	-15.845	-17.095	1.208	2.729	1.406	0.038	1.054	2.569	1.635
SGC-20	62.870	63.830	71.960	65.810	11.532	9.202	16.882	7.615	0.179	8.689	9.859
SGC-21	0.142	1.286	0.279	-0.717	0.242	5.177	11.232	0.156	0.552	4.667	8.040

ตารางที่ 6.5-6 ผลการตรวจวัดพฤติกรรมสะพานแบบสถิต ด้วยรถบรรทุกเปล่า (ต่อ)

Time (s)	Static 1-1				Static 1-2				Static 1-3		
	L/4	L/2	3L/4	Joint	L/4	L/2	3L/4	Joint	L/4	L/2	3L/4
SGS-01	8.779	18.661	7.711	-1.810	4.513	6.690	4.482	-0.956	5.228	9.584	4.788
SGS-02	11.506	20.386	4.840	-3.477	14.512	22.032	2.175	-0.804	10.145	21.615	3.065
SGS-03	0.162	0.806	3.435	-0.407	8.840	15.698	5.581	-2.650	3.990	6.531	2.921
SGS-04	8.027	20.653	11.503	-6.687	3.152	5.473	3.954	-1.273	4.300	11.748	6.875
SGS-05	7.332	18.530	7.459	-2.700	7.871	20.533	6.426	-3.655	5.602	18.476	5.277
SGS-06	2.910	4.692	4.681	-1.075	9.371	24.214	12.554	-7.529	5.346	12.196	8.206
SGS-07	2.690	14.464	24.354	-20.586	0.369	2.956	0.987	-8.959	-0.154	6.491	7.823
SGS-08	0.440	8.740	20.880	-10.720	0.619	5.821	14.844	-14.406	-1.759	5.437	18.309
SGS-09	1.738	4.092	5.357	-5.598	3.773	18.641	28.111	-27.989	0.992	9.559	13.078
SGS-10	5.967	18.474	4.189	-5.463	2.594	1.175	-0.823	1.127	0.658	10.057	3.146
SGS-11	9.767	29.207	15.077	-1.804	8.654	19.691	12.731	-0.969	11.244	36.034	21.304
SGS-12	7.498	21.303	16.083	0.025	12.151	32.071	14.341	-0.661	14.561	41.401	24.161
SGS-13	0.075	-3.019	-2.206	0.250	2.598	10.156	2.017	-0.729	1.375	3.523	0.738
SGS-14	-0.219	6.342	15.237	0.177	2.635	3.654	0.044	-0.927	-0.800	5.371	5.331
SGS-15	2.377	19.007	31.677	-0.442	1.942	10.741	11.701	-0.613	1.779	22.628	35.748
SGS-16	0.354	7.748	10.090	-1.750	2.193	15.043	24.793	-1.638	2.457	18.393	29.793
SGS-17	-1.790	55.496	25.006	41.566	-22.757	1.490	26.870	10.820	0.881	14.438	17.965
SGS-18	-1.875	4.375	-2.221	-1.850	-0.806	-2.016	-1.333	-0.554	-5.986	-0.398	-1.857
SGS-19	-1.602	3.348	-2.521	-1.073	-0.838	-1.915	-1.058	-1.027	-5.140	-0.481	-1.580
SGS-20	4.514	13.309	-0.456	-1.165	-0.571	-1.411	-0.096	-0.981	-0.781	3.490	0.398
SGS-21	5.154	15.703	0.248	-0.583	0.019	-0.962	0.719	-0.710	-0.063	4.542	1.025
SGS-22	-0.296	-0.840	-0.383	0.579	-0.269	9.671	0.237	0.698	-0.729	1.960	-1.038
SGS-23	-0.423	-1.713	-1.675	-0.242	-0.379	7.325	-0.811	0.135	-1.354	1.586	-1.444
SGS-24	0.069	-0.988	0.194	0.709	5.348	14.643	1.273	0.073	1.548	3.344	0.029
SGS-25	0.096	-1.192	0.048	0.517	5.066	13.883	1.358	-0.521	1.394	2.921	-0.204



ตารางที่ 6.5-7 ผลการตรวจวัดพฤติกรรมสะพานแบบสถิต ด้วยรถบรรทุกน้ำหนัก

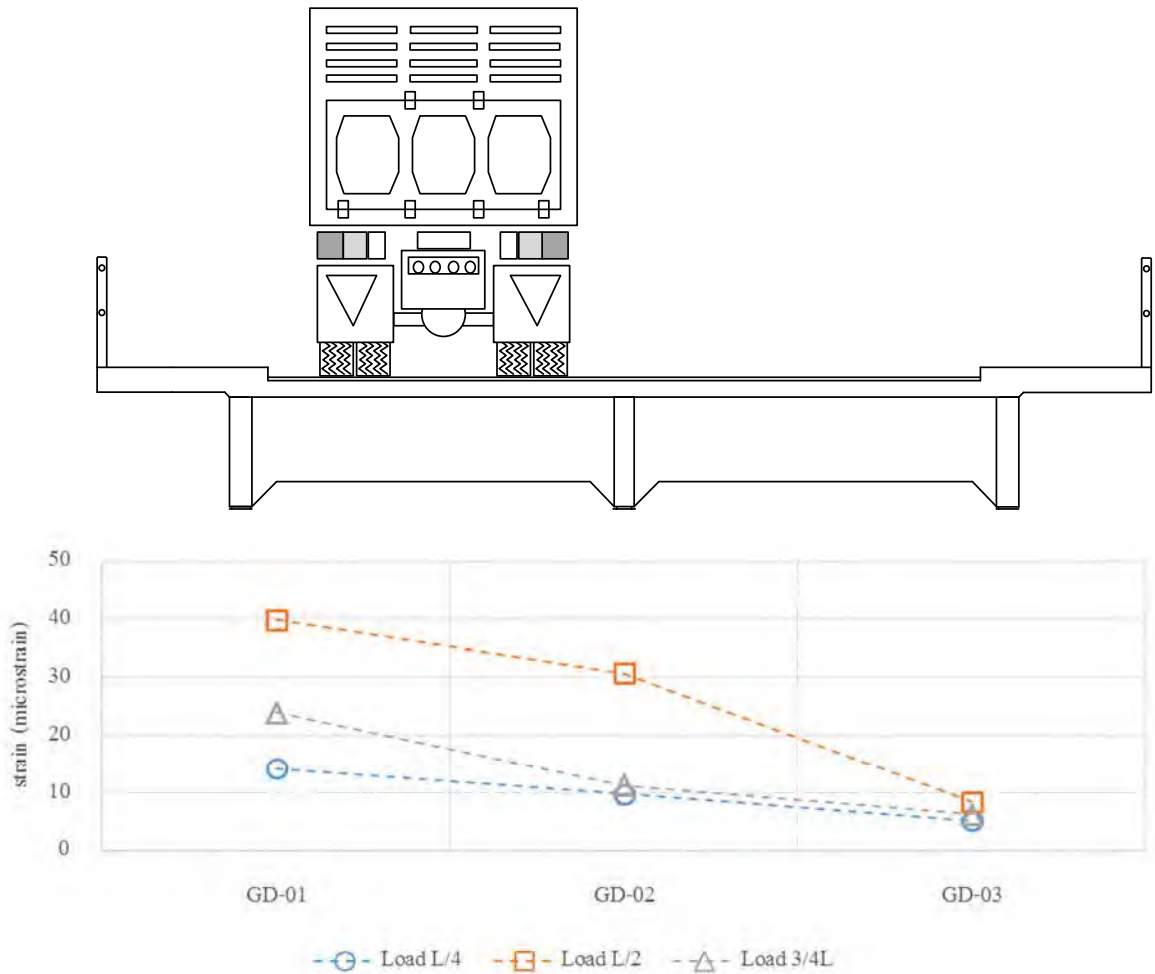
Time (s)	Static 2-1				Static 2-2				Static 2-3			
	L/4	L/2	3L/4	Joint	L/4	L/2	3L/4	Joint	L/4	L/2	3L/4	Joint
DT-01	-0.393	-0.851	-0.567	0.266	-0.106	-0.207	-0.146	0.114	-0.204	-0.431	-0.303	0.198
DT-02	-0.490	-1.253	-1.035	0.376	-0.222	-0.363	-0.335	0.106	-0.345	-0.701	-0.599	0.232
DT-03	-0.262	-0.859	-0.867	0.513	-0.094	-0.196	-0.156	0.201	-0.154	-0.420	-0.398	0.355
DT-04	-0.111	-0.235	-0.177	0.095	-0.457	-0.831	-0.536	0.273	-0.298	-0.531	-0.363	0.206
DT-05	-0.172	-0.328	-0.348	0.072	-0.608	-1.269	-1.022	0.362	-0.469	-0.791	-0.722	0.237
DT-06	0.015	-0.170	-0.191	0.175	-0.384	-0.887	-0.939	0.521	-0.157	-0.473	-0.491	0.355
DT-07	0.197	0.137	0.241	0.393	0.019	-0.022	-0.015	0.331	0.127	0.034	0.031	0.515
DT-08	0.068	0.194	0.186	-0.213	0.228	0.551	0.548	-0.936	0.121	0.330	0.320	-0.626
SGC-01	85.616	181.756	71.296	-29.594	21.860	43.400	30.760	-11.980	43.935	92.655	53.305	-19.395
SGC-02	-2.844	-7.323	-4.217	-3.375	0.023	-2.225	-3.000	0.050	3.789	0.252	4.937	3.475
SGC-03	3.613	3.896	1.600	-1.171	30.609	40.229	16.719	-0.137	12.463	17.303	9.037	-1.969
SGC-04	-0.065	-2.250	-1.323	-2.637	-1.419	-3.498	-4.542	-4.407	0.025	0.117	-0.998	-1.989
SGC-05	-1.980	0.423	-0.602	-1.963	0.119	1.625	-0.198	-3.160	-0.185	2.696	2.502	-1.527
SGC-06	2.659	-1.505	-0.313	0.810	-1.033	-0.704	-1.540	-3.067	-0.312	0.256	0.679	-0.856
SGC-07	0.764	2.148	2.716	-4.044	-0.777	-0.300	-1.523	-2.166	-0.421	1.194	0.840	-2.236
SGC-08	-0.790	-1.044	-0.296	-3.677	-1.321	-0.794	0.198	-7.221	-2.438	-1.246	-0.492	-5.544
SGC-09	1.696	6.298	6.612	-12.583	8.105	28.643	44.893	-44.718	7.544	20.453	26.473	-28.208
SGC-10	-3.069	1.241	0.025	2.287	1.052	-0.429	-0.929	-1.096	-1.244	-3.500	-2.779	-5.611
SGC-11	-9.856	3.623	45.217	-21.573	5.385	15.536	17.166	-8.900	-0.504	14.019	28.679	-15.781
SGC-12	1.306	3.823	-0.306	-1.150	1.757	0.252	-0.798	-1.116	0.900	1.217	0.485	0.065
SGC-13	0.025	2.387	0.727	-0.815	1.567	0.740	0.119	-0.954	0.820	1.395	0.995	-0.017
SGC-14	-4.423	-3.827	-1.156	-2.548	-0.619	-1.901	0.429	-2.065	-1.831	-1.573	3.419	-0.567
SGC-15	-27.265	-24.535	53.775	-23.515	-13.080	3.875	41.460	-19.010	-28.925	-24.645	56.195	-21.185
SGC-16	-3.371	-2.244	-2.429	-2.337	0.708	0.831	-0.683	-1.638	-0.104	0.840	1.553	-0.631
SGC-17	-4.437	-3.398	9.696	-7.498	1.998	8.423	5.450	-6.012	-1.631	3.173	11.224	-5.973
SGC-18	-0.931	-3.379	-2.223	-1.808	0.371	-1.075	-1.598	-2.498	0.098	0.177	-0.077	-0.623
SGC-19	-0.108	0.473	-0.529	-2.419	2.227	4.779	2.483	0.040	1.598	3.931	1.950	-0.779
SGC-20	-4.708	-0.771	14.303	-12.087	20.468	23.708	35.958	25.168	-12.463	24.797	33.037	19.977
SGC-21	0.058	2.437	0.275	-0.200	0.956	7.171	15.608	-0.956	2.466	8.656	14.170	0.125

ตารางที่ 6.5-7 ผลการตรวจวัดพฤติกรรมสะพานแบบสถิต ด้วยรถบรรทุกน้ำหนัก (ต่อ)

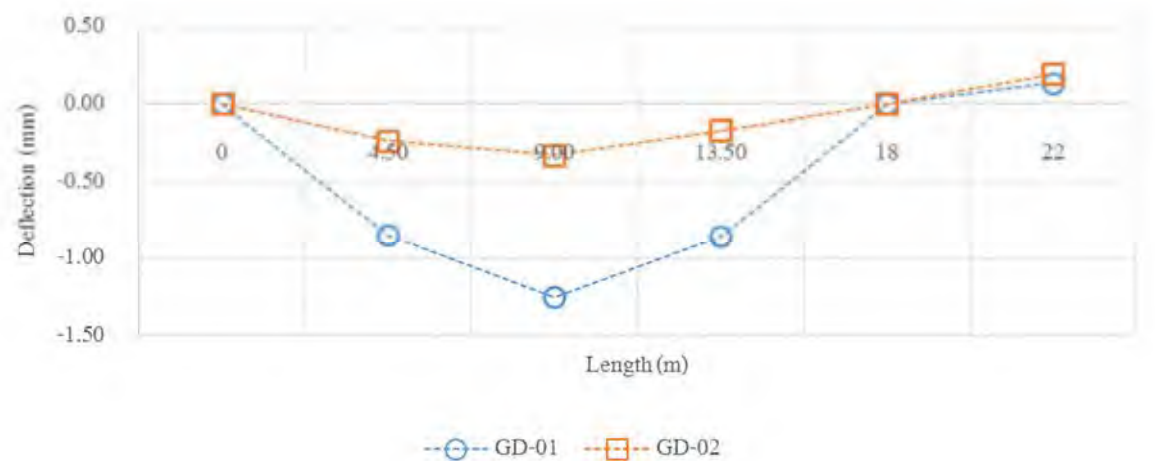
Time (s)	Static 2-1				Static 2-2				Static 2-3			
	L/4	L/2	3L/4	Joint	L/4	L/2	3L/4	Joint	L/4	L/2	3L/4	Joint
SGS-01	15.005	34.005	14.395	-4.242	4.413	7.457	4.332	-4.035	7.590	16.403	9.556	-3.773
SGS-02	12.061	30.011	1.638	-9.929	22.173	39.813	5.800	-4.477	20.346	43.216	6.298	-3.707
SGS-03	4.896	4.600	2.981	-0.113	15.945	26.305	8.394	-2.816	8.750	14.256	7.413	-2.604
SGS-04	14.267	39.927	24.017	-9.943	4.596	7.993	5.018	-5.713	8.819	20.424	14.124	-6.860
SGS-05	9.813	30.792	11.312	-6.908	14.457	36.327	12.367	-7.298	13.140	38.380	13.730	-6.725
SGS-06	5.219	8.392	6.251	-3.294	18.363	40.483	22.173	-11.537	10.440	23.700	15.670	-8.439
SGS-07	3.794	25.564	43.884	-35.546	2.940	7.627	5.713	-10.695	2.880	14.158	18.308	-21.563
SGS-08	0.865	14.788	35.478	-19.892	4.223	13.209	32.669	-21.511	0.281	12.133	37.613	-21.788
SGS-09	2.112	7.868	9.412	-13.680	6.337	28.845	47.535	-47.575	6.129	22.174	28.924	-29.456
SGS-10	2.854	27.251	6.775	-7.898	1.867	-0.348	-3.133	-3.344	6.450	18.253	8.518	-1.973
SGS-11	12.513	47.703	25.973	-1.513	15.540	34.090	25.200	-0.177	23.585	66.505	45.715	-1.598
SGS-12	12.136	35.696	31.206	0.394	19.655	58.135	29.185	0.233	28.121	75.461	52.481	-0.638
SGS-13	1.179	-3.790	-3.036	2.262	5.850	18.379	5.148	-0.154	6.048	12.757	5.381	1.881
SGS-14	1.067	12.973	31.723	1.678	3.005	6.351	-0.608	-0.946	5.809	13.264	13.454	1.171
SGS-15	3.860	30.738	56.848	-1.563	4.071	18.345	22.545	0.117	8.617	40.517	72.277	-2.231
SGS-16	0.813	13.059	17.479	-1.146	4.950	25.425	47.595	-0.679	7.108	32.009	55.479	-2.767
SGS-17	20.660	43.930	6.180	8.500	-23.340	-41.200	9.210	-54.530	-47.300	11.710	26.310	-5.080
SGS-18	-4.077	11.034	-3.398	-0.533	1.475	-1.727	-2.221	-1.529	-0.552	5.266	0.444	0.488
SGS-19	-3.915	8.404	-3.413	-0.629	0.275	-2.350	-2.091	-2.248	-0.965	3.923	0.410	-0.194
SGS-20	5.809	26.963	0.548	-1.019	0.604	-3.094	-0.554	-2.865	3.121	9.405	4.338	-0.521
SGS-21	6.701	30.448	1.048	-0.923	0.694	-2.208	1.035	-2.188	3.259	10.663	4.880	-0.535
SGS-22	0.044	-0.863	-0.556	0.465	0.512	12.089	-1.204	0.046	0.254	6.131	0.573	0.840
SGS-23	0.410	-1.321	-1.763	0.258	-0.340	8.996	-2.265	-1.152	0.229	5.883	-0.325	0.346
SGS-24	0.700	-1.244	0.533	0.671	7.931	21.457	1.871	-0.438	5.200	10.760	2.110	-0.525
SGS-25	0.950	-1.296	0.133	0.721	8.211	20.772	1.784	-0.985	5.615	10.708	2.913	-0.290

เมื่อพิจารณาการกระจายค่าความเครียดของเหล็กตามขวางกรณีรถบรรทุกน้ำหนักสามารถแสดงผลได้ดังรูปที่ 6.5-6, รูปที่ 6.5-8 และรูปที่ 6.5-10 เมื่อพิจารณาค่าการแอ่นตัวของคานสะพานกรณีรถบรรทุกน้ำหนักสามารถแสดงผลได้ดังรูปที่ 6.5-7, รูปที่ 6.5-9 และรูปที่ 6.5-11 เมื่อพิจารณาค่าการแอ่นตัวของคานกรณีหุ้รถบรรทุกน้ำหนักที่รอยต่อสะพานช่วงยื่น แสดงได้ดังรูปที่ 6.5-12

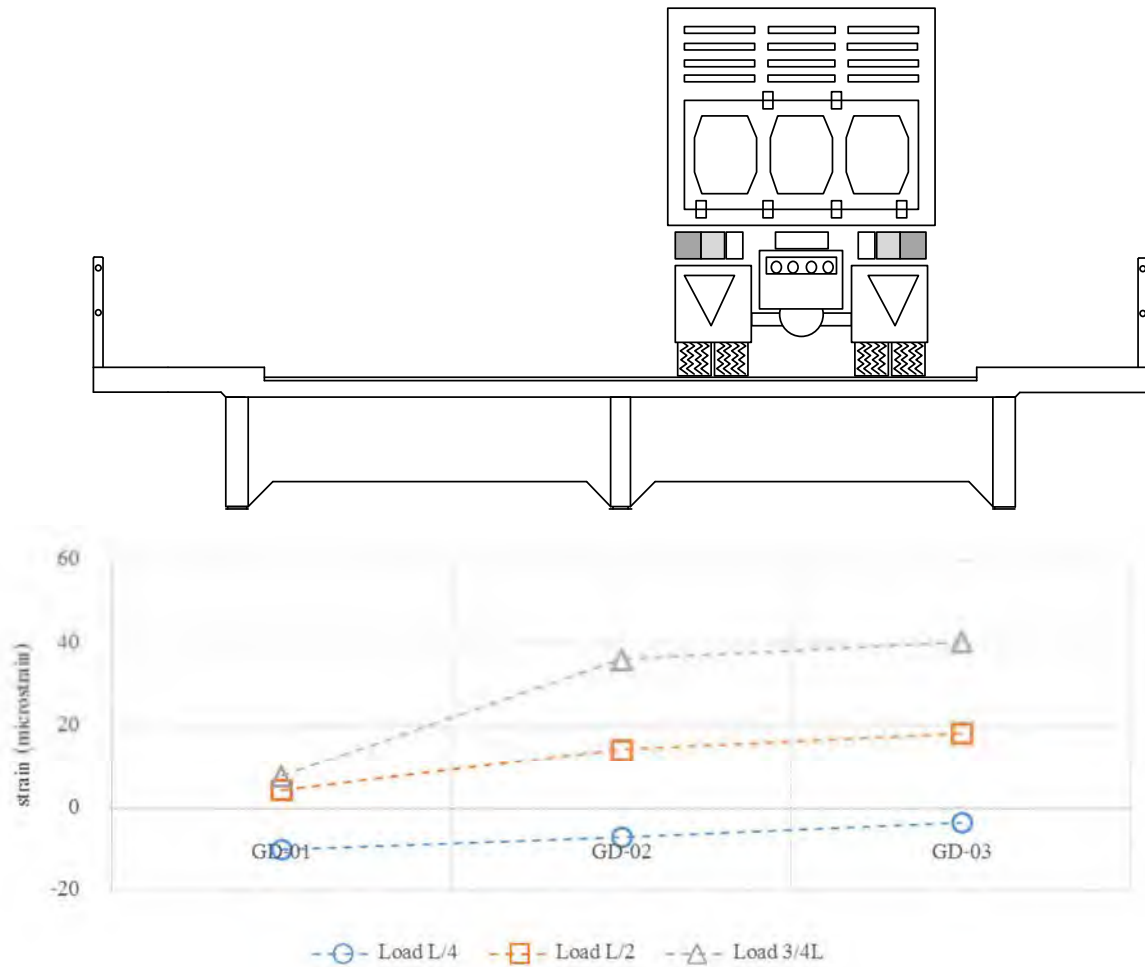




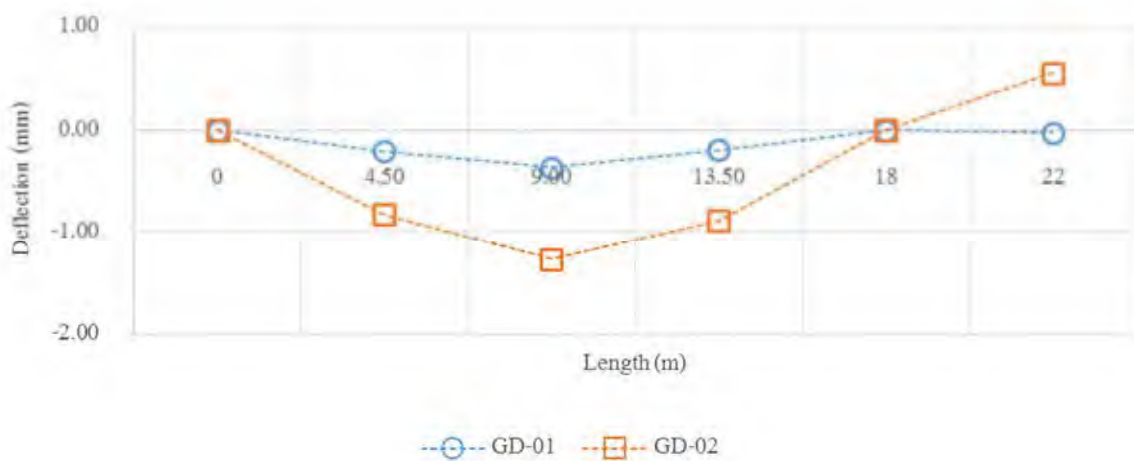
รูปที่ 6.5-6 การกระจายค่าความเครียดของเหล็กตามขวาง Static 2-1 สะพานช่วงที่ 1



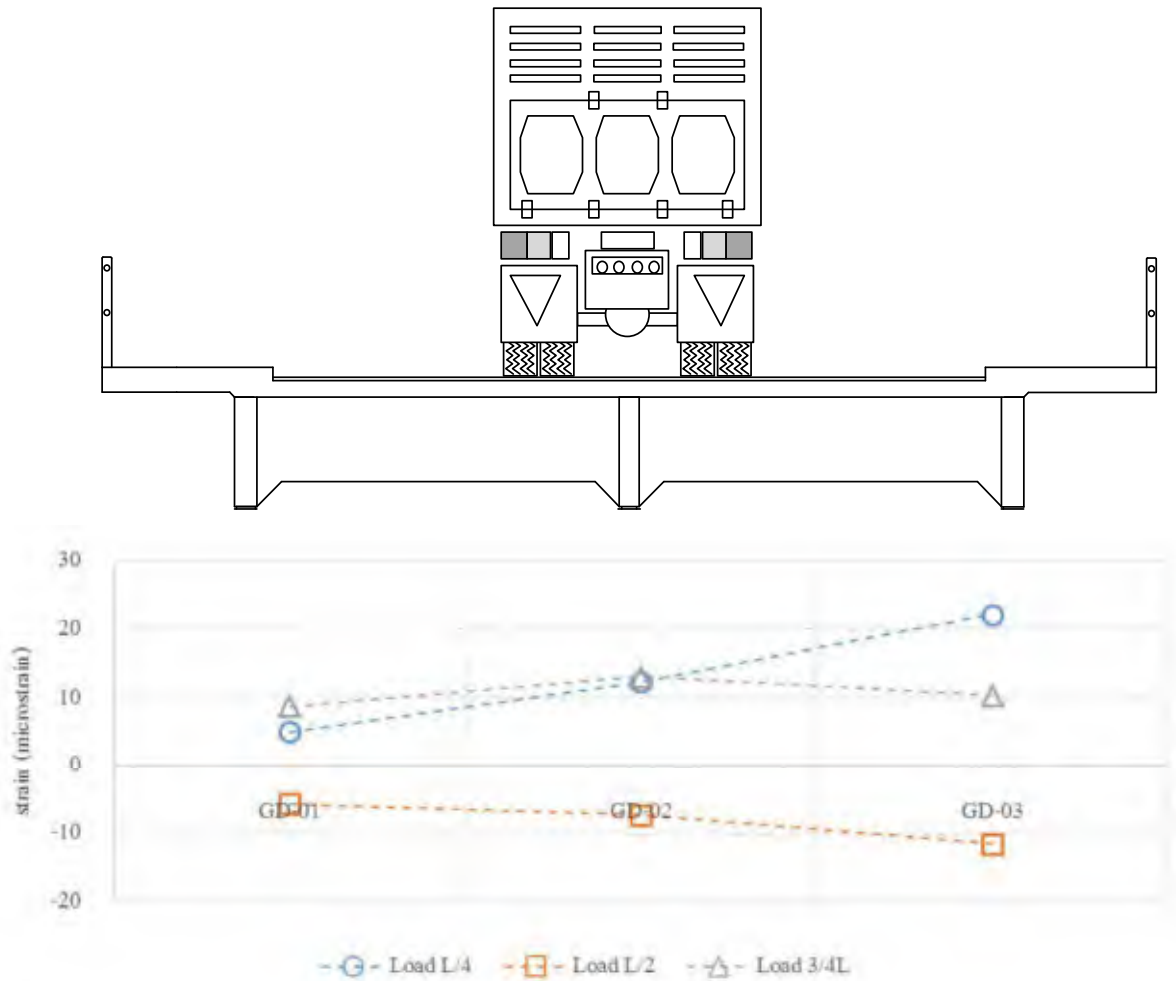
รูปที่ 6.5-7 การกระจายค่าการแอ่นตัวของคานตามยาว Static 2-1 สะพานช่วงที่ 1



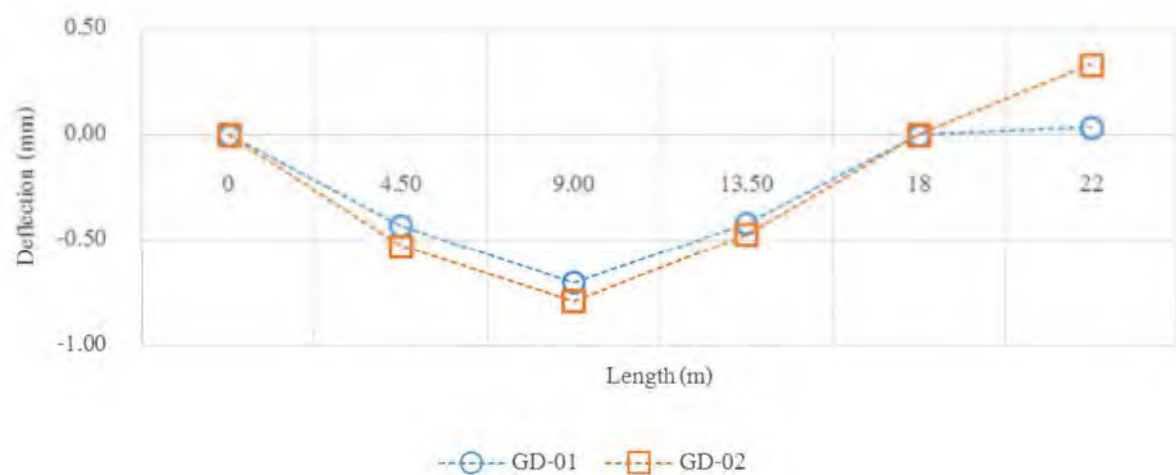
รูปที่ 6.5-8 การกระจายค่าความเครียดของเหล็กตามขวาง Static 2-2 สะพานช่วงที่ 1



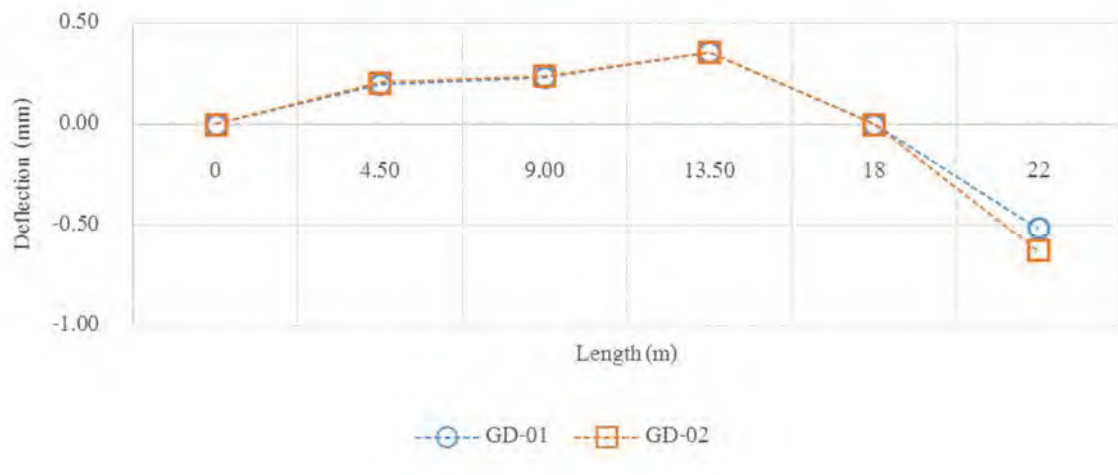
รูปที่ 6.5-9 การกระจายค่าการแอ่นตัวของคานตามยาว Static 2-2 สะพานช่วงที่ 1



รูปที่ 6.5-10 การกระจายค่าความเครียดของเหล็กตามขวาง Static 2-3 สะพานช่วงที่ 1



รูปที่ 6.5-11 การกระจายค่าการแอ่นตัวของคานตามยาว Static 2-3 สะพานช่วงที่ 1



รูปที่ 6.5-12 การกระจายค่าการแอ่นตัวของคานตามยาว กรณีหยุดรถบรรทุกน้ำหนักที่รอยต่อ
สะพานช่วงยื่น สะพานช่วงที่ 1



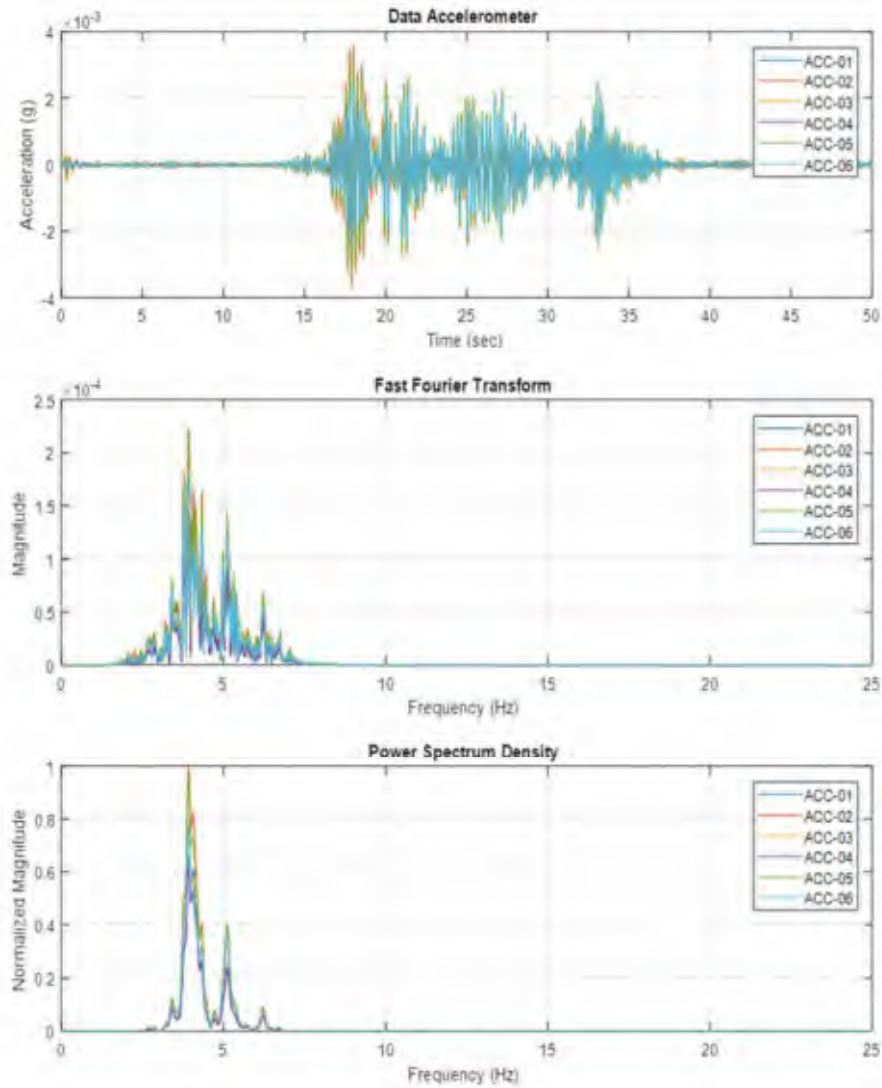
6.5.6. รูปแบบการทดสอบแบบพลวัต

การทดสอบแบบพลวัต (Dynamic Test) เป็นการทดสอบโดยใช้รถบรรทุกน้ำหนัก หลายรูปแบบ โดยมีรายละเอียดดังนี้

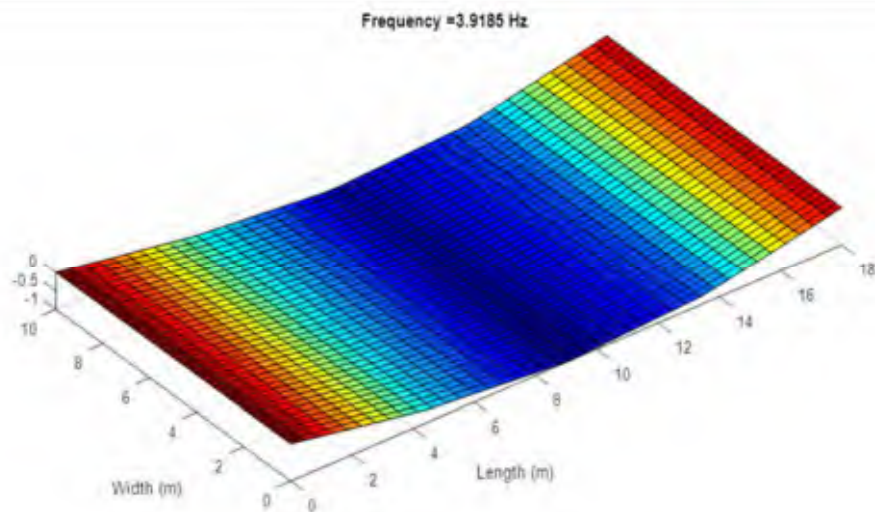
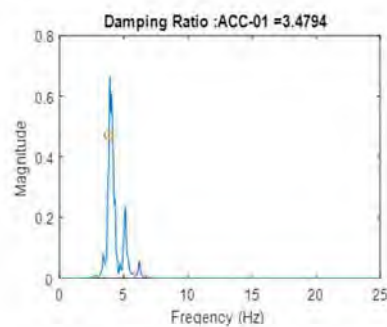
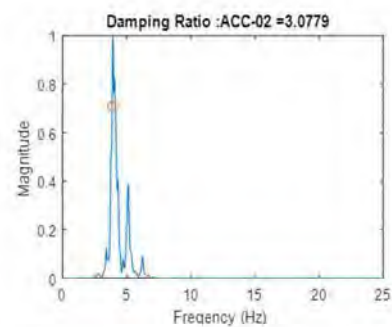
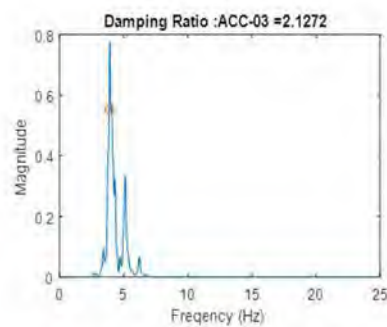
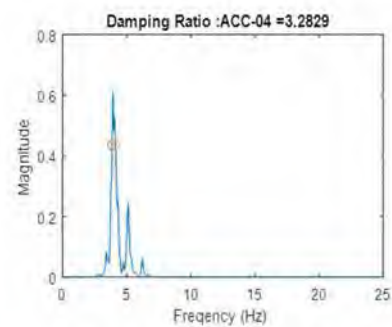
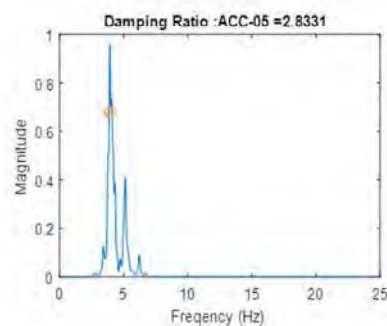
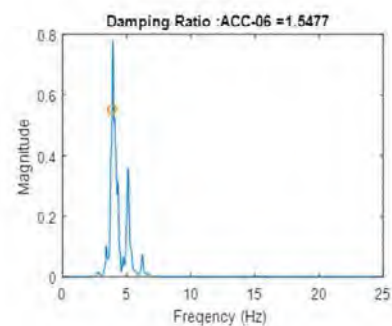
- Dynamic 1 : ทดสอบด้วยรถบรรทุกน้ำหนัก วิ่งด้วยความเร็ว 20 กม./ชม. กึ่งกลางสะพาน
- Dynamic 2 : ทดสอบด้วยรถบรรทุกน้ำหนัก วิ่งด้วยความเร็ว 30 กม./ชม. กึ่งกลางสะพาน
- Dynamic 3 : ทดสอบด้วยรถบรรทุกน้ำหนัก วิ่งด้วยความเร็ว 50 กม./ชม. กึ่งกลางสะพาน

6.5.7. ผลการตรวจวัดพฤติกรรมแบบพลวัต

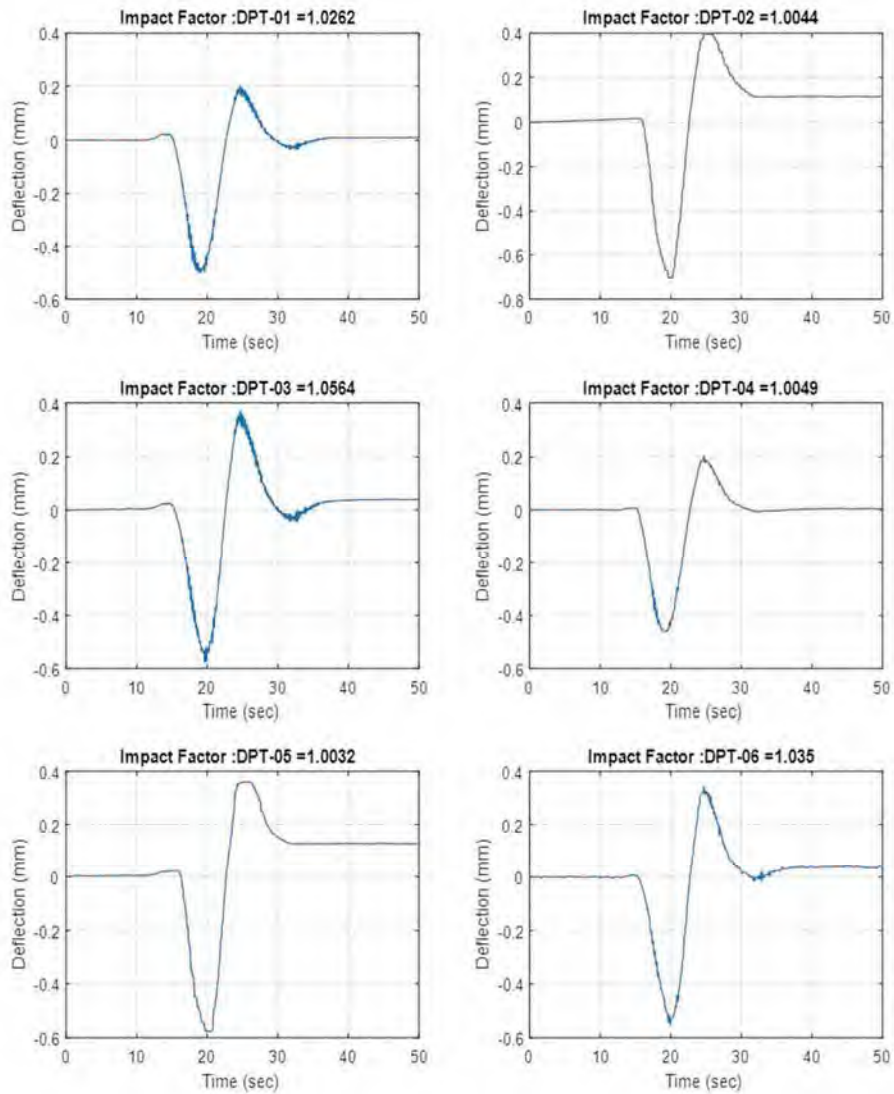
Dynamic Load Test 1 : 20 km/hr



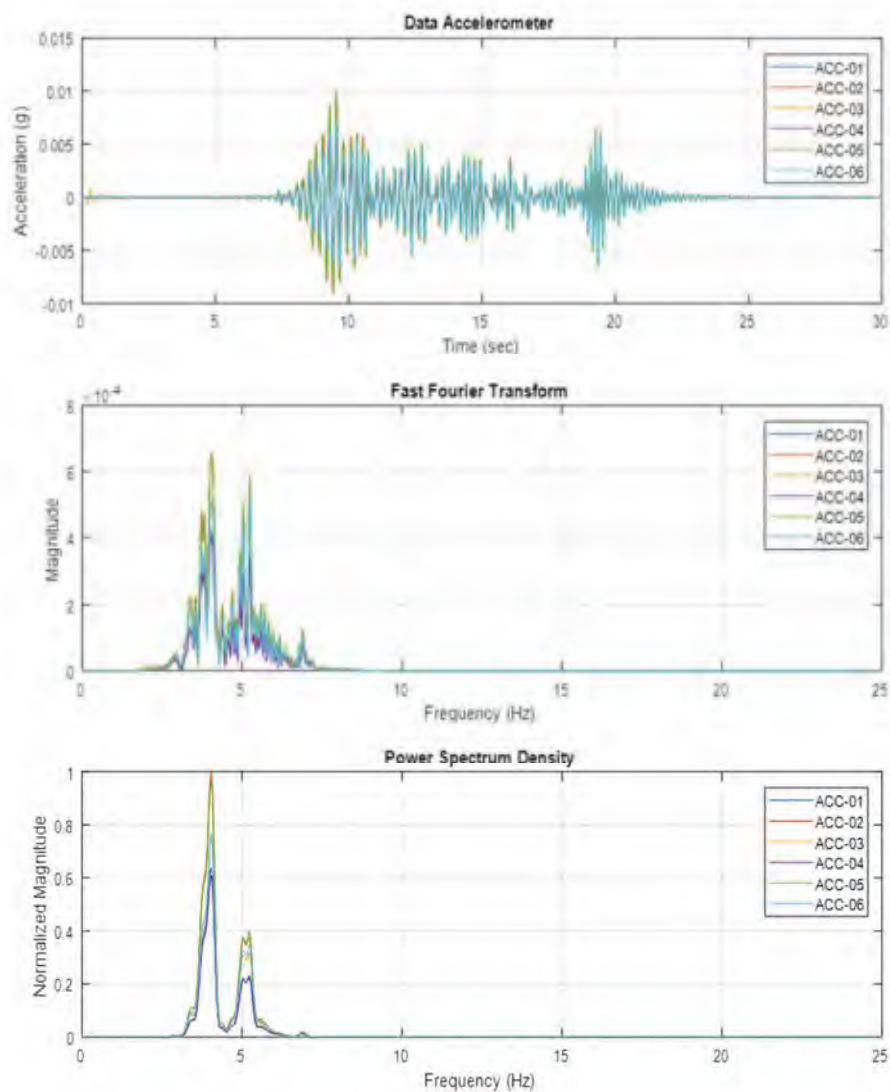
Dynamic Load Test 1 : 20 km/hr



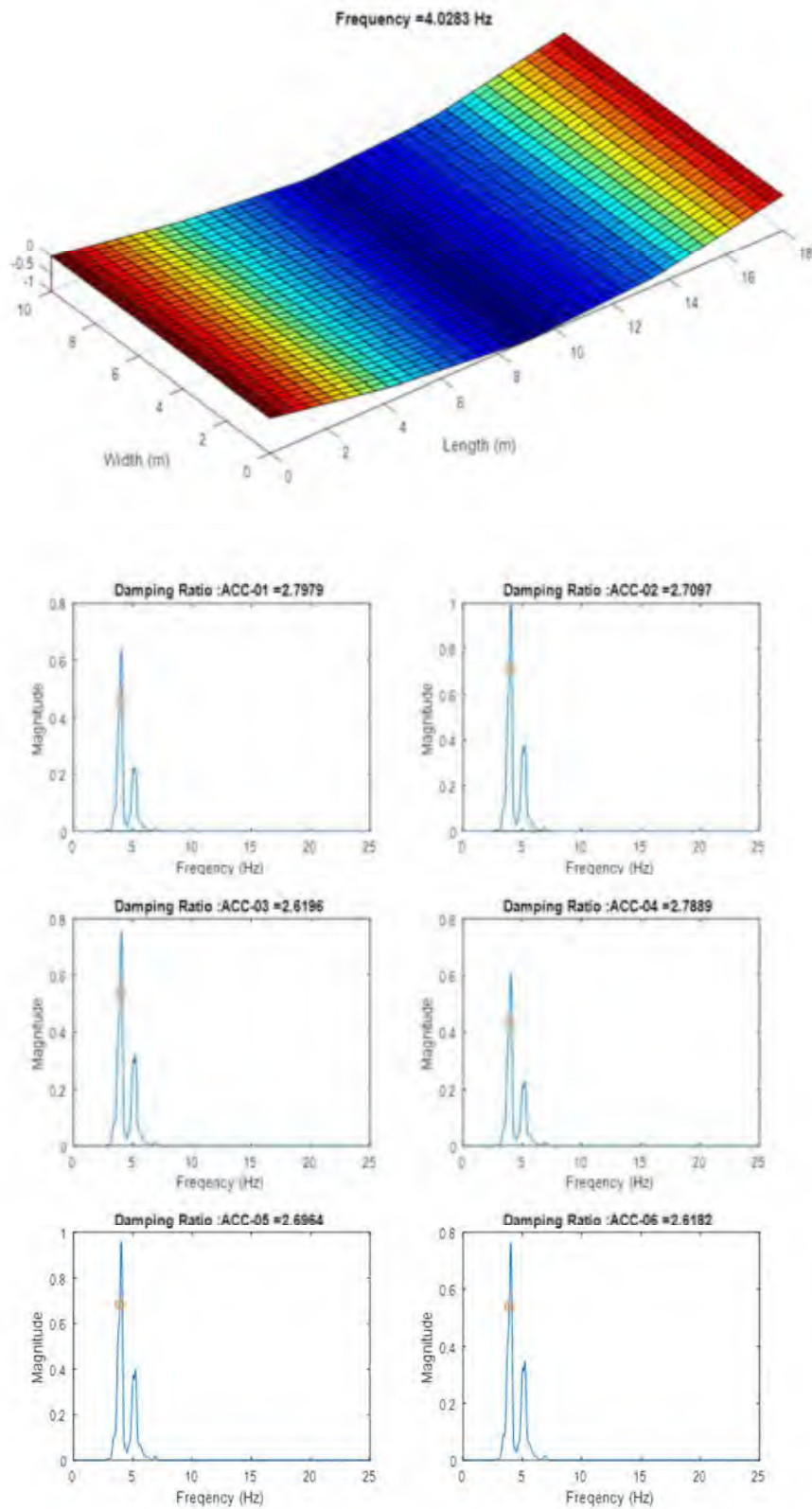
Dynamic Load Test 1 : 20 km/hr



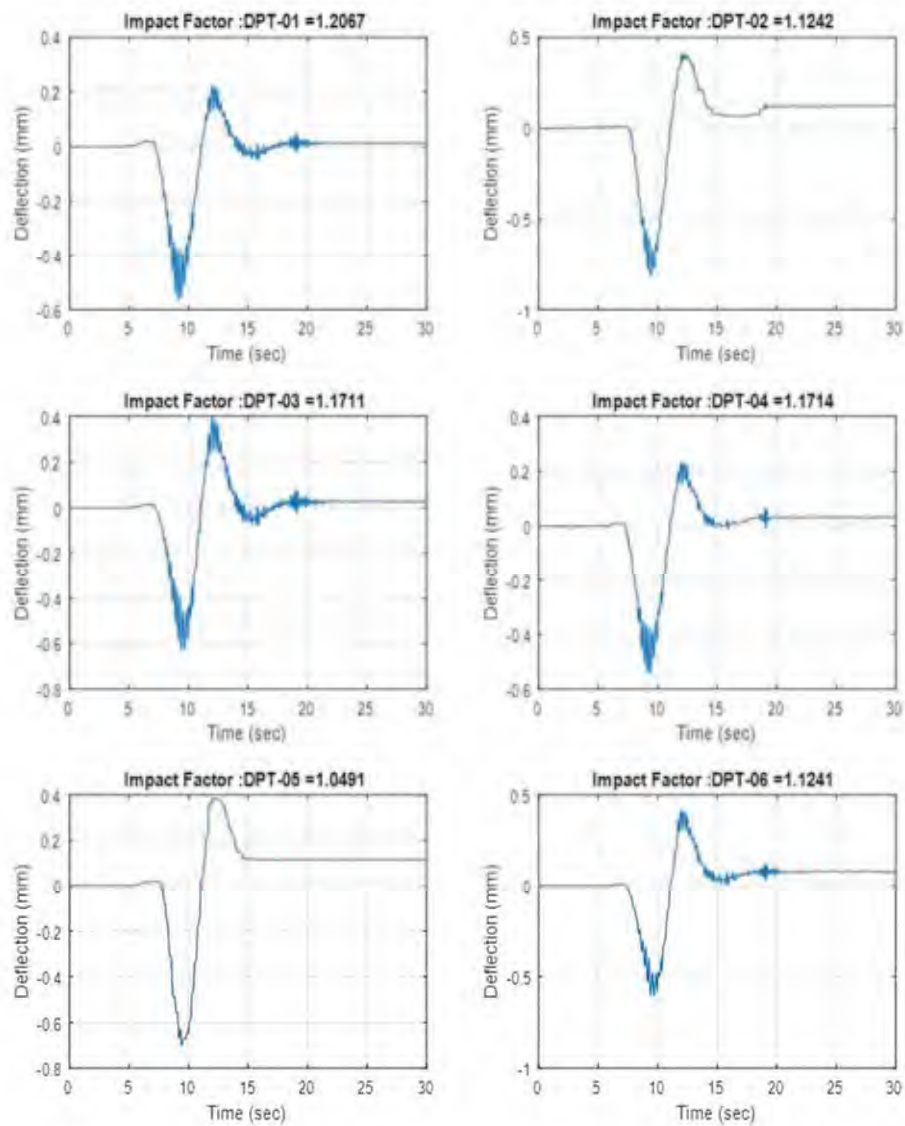
Dynamic Load Test 2 : 30 km/hr



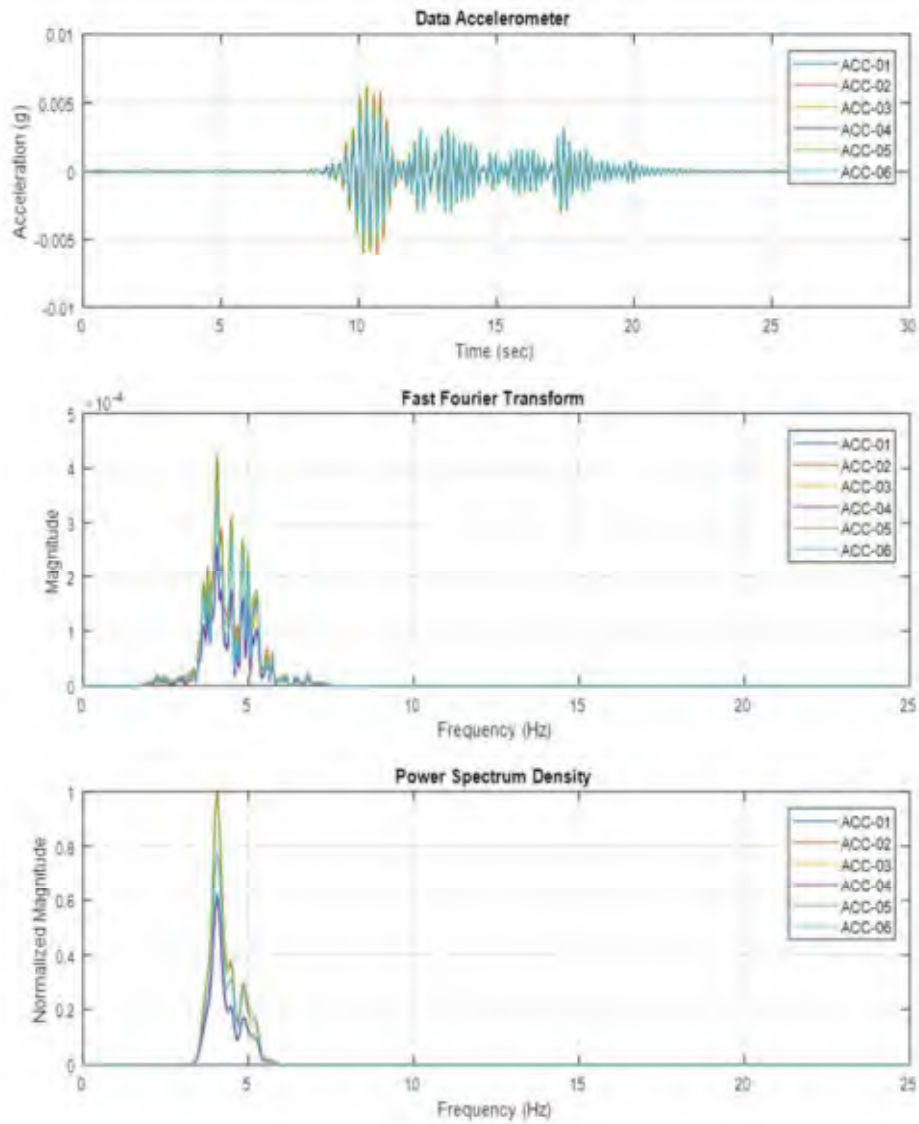
Dynamic Load Test 2 : 30 km/hr



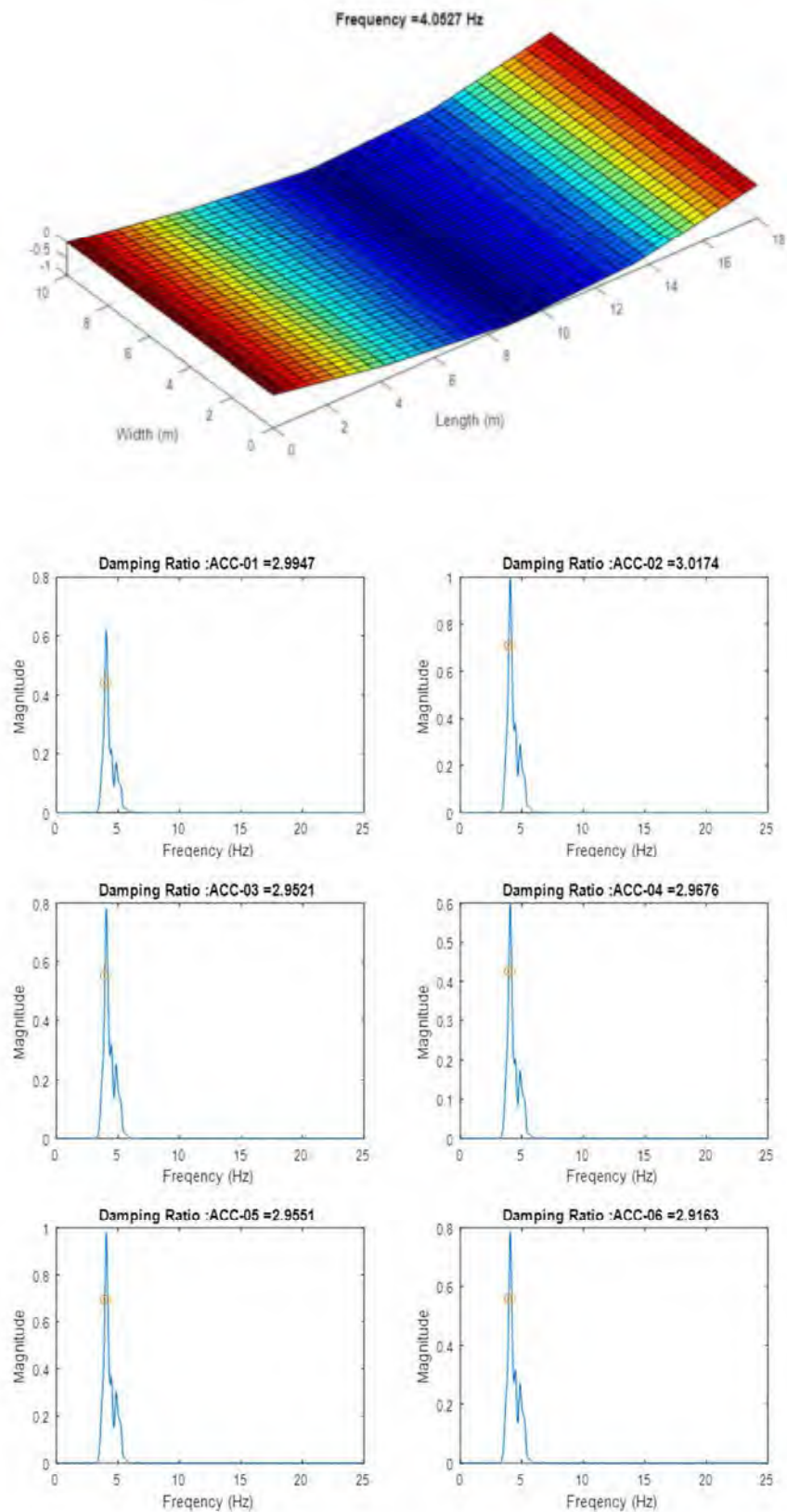
Dynamic Load Test 2 : 30 km/hr



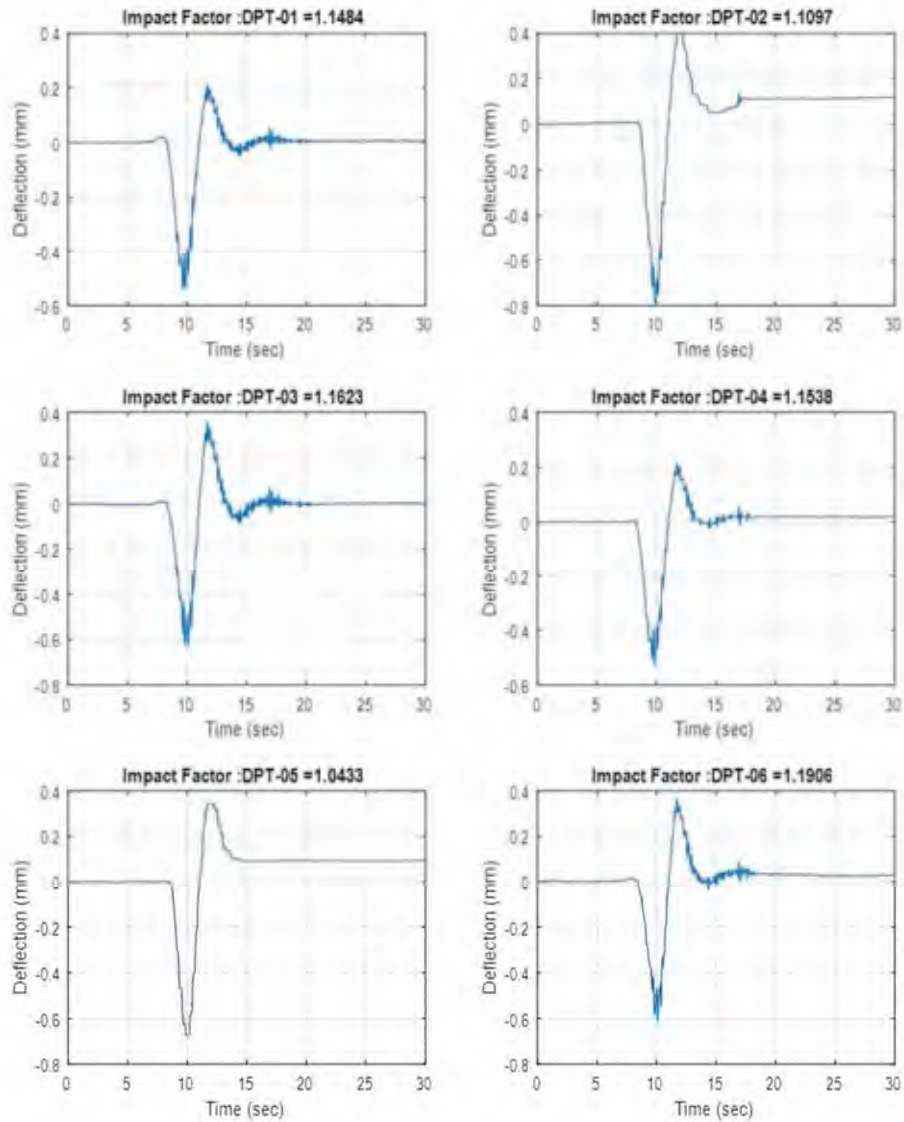
Dynamic Load Test 3 : 50 km/hr



Dynamic Load Test 3 : 50 km/hr



Dynamic Load Test 3 : 50 km/hr



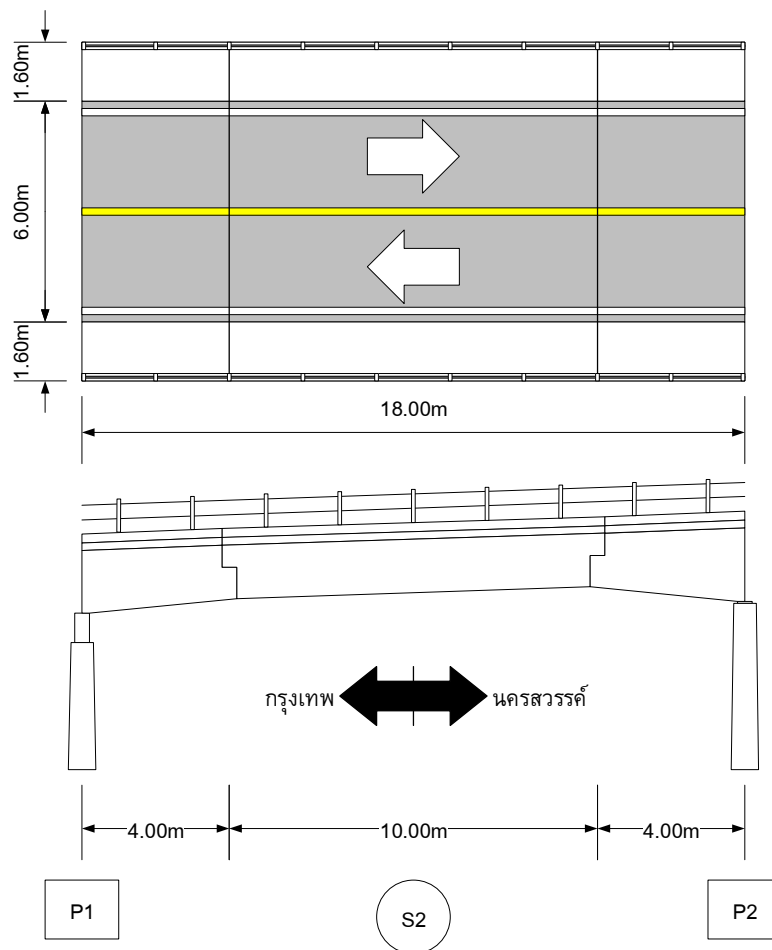
ตารางที่ 6.5-8 ผลการวิเคราะห์ Natural Frequency, Mode Shape, Damping Ratio และ Impact Factor

Dynamic Case	Speed (km/h)	Frequency (Hz)	Mode Shape (1st Mode)	Damping Ratio (%)	Impact Factor (IM)
Dynamic1	20	3.918	Bending Mode	1.548 - 3.479	1.005 - 1.056
Dynamic2	30	4.028	Bending Mode	2.618 - 2.798	1.049 - 1.207
Dynamic3	50	4.053	Bending Mode	2.916 - 3.017	1.043 - 1.191

6.6 ผลการตรวจวัดพฤติกรรมสะพานช่วงที่ 2 (Span 2)

โครงการนี้ได้ดำเนินการตรวจวัดพฤติกรรมโครงสร้างสะพานช่วงที่ 2 (Span 2) ความยาวช่วงระหว่างรอยต่อสะพานเท่ากับ 10.00 เมตร ความยาวช่วงระหว่างตอม่อเท่ากับ 18 เมตร โดยทำการทดสอบสะพานภายใต้สภาวะควบคุม ประกอบด้วย การทดสอบแบบสถิต และการทดสอบแบบพลวัต เมื่อวันที่ 30 พฤษภาคม 2563 ซึ่งมีรายละเอียดการตรวจวัดพฤติกรรมโครงสร้างสะพาน ดังนี้

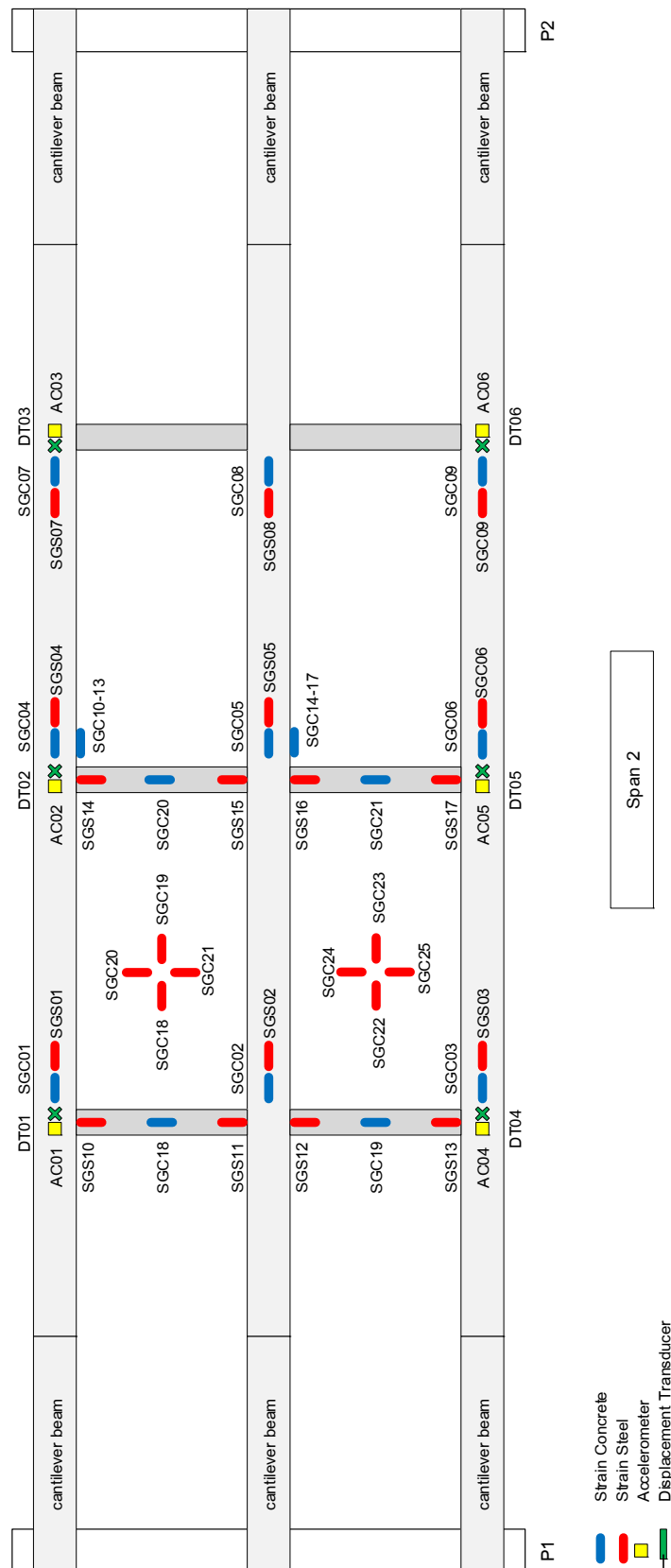
6.6.1. ช่วงสะพานทดสอบ



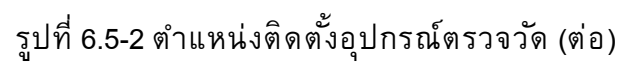
รูปที่ 6.6-1 ช่วงสะพานทดสอบ

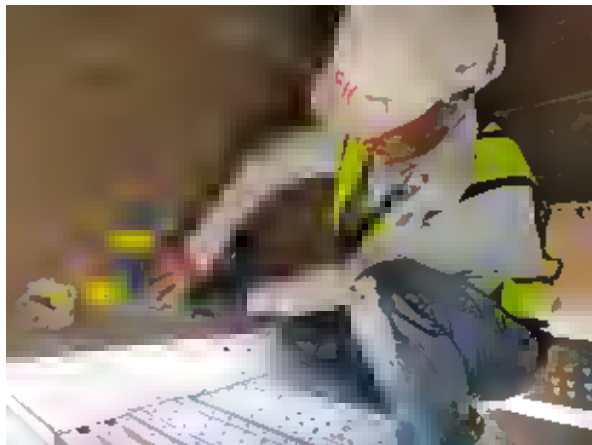
6.6.2. ตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัด

ในช่วงสะพานนี้ทำการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดความเครียดสำหรับคอนกรีต (Strain Gauge Concrete) จำนวน 21 ตำแหน่ง อุปกรณ์ตรวจวัดความเครียดสำหรับเหล็ก (Strain Gauge Steel) จำนวน 25 ตำแหน่ง อุปกรณ์ตรวจวัดการเคลื่อนที่ (Displacement Transducer) จำนวน 6 ตำแหน่ง และอุปกรณ์ตรวจวัดความเร่งจากการสั่นไหว (Accelerometer) จำนวน 6 ตำแหน่ง โดยมีรายละเอียดดังนี้



รูปที่ 6.6-2 ตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัด





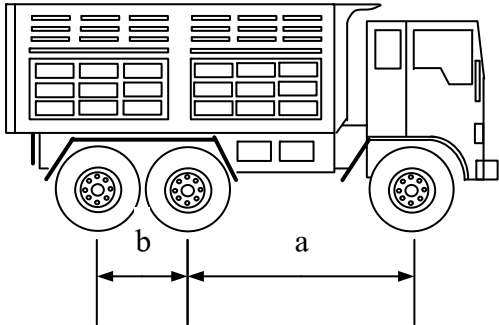
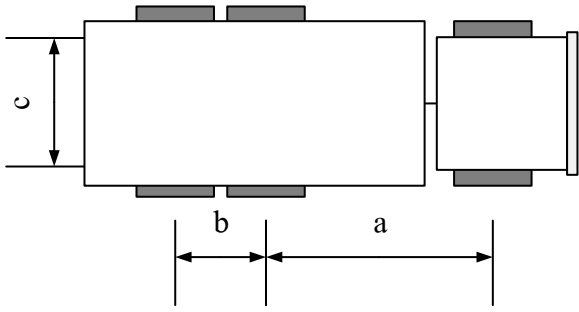
รูปที่ 6.6-3 ภาพการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดสะพานช่วงที่ 2 (Span 2)

6.6.3. น้ำหนักบรรทุกทดสอบ

ในช่วงสะพานนี้ได้ใช้รถบรรทุก 10 ล้อ จำนวน 2 คัน ประกอบด้วย รถบรรทุกเปล่าน้ำหนักรวมประมาณ 10 ตัน และรถบรรทุกน้ำหนักรวมประมาณ 18 ตัน ทดสอบสะพานภายใต้สภาวะควบคุม โดยมีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 6.6-1 น้ำหนักบรรทุกทดสอบ

คันที่	1	2
ประเภท	รถบรรทุกเปล่า (81-5301)	รถบรรทุกน้ำหนัก (81-5222)
น้ำหนักรถบรรทุก (ตัน)	10.580	18.230
ระยะเพลลาที่ 1 ถึง 2 (a, เมตร)	3.90	4.10
ระยะเพลลาที่ 2 ถึง 3 (b, เมตร)	1.30	1.30
ความกว้างฐานล้อ (c, เมตร)	1.90	1.90



รูปที่ 6.6-4 รถบรรทุกทดสอบ

6.6.4. รูปแบบการทดสอบแบบสถิต

การทดสอบแบบสถิต (Static Test) ประกอบด้วย การทดสอบด้วยรถบรรทุกเปล่าและรถบรรทุกน้ำหนัก หลายรูปแบบโดยมีรายละเอียดดังนี้

- Static 1-1 : ทดสอบด้วยรถบรรทุกเปล่า จอดตามตำแหน่ง L/4, L/2 และ 3L/4 ของความยาวช่วงระหว่างตอม่อ ในช่องจราจรทางซ้าย
- Static 1-2 : ทดสอบด้วยรถบรรทุกเปล่า จอดตามตำแหน่ง L/4, L/2 และ 3L/4 ของความยาวช่วงระหว่างตอม่อ ในช่องจราจรทางขวา
- Static 1-3 : ทดสอบด้วยรถบรรทุกเปล่า จอดตามตำแหน่ง L/4, L/2 และ 3L/4 ของความยาวช่วงระหว่างตอม่อ กึ่งกลางสะพาน
- Static 2-1 : ทดสอบด้วยรถบรรทุกน้ำหนัก จอดตามตำแหน่ง L/4, L/2 และ 3L/4 ของความยาวช่วงระหว่างตอม่อ ในช่องจราจรทางซ้าย
- Static 2-2 : ทดสอบด้วยรถบรรทุกน้ำหนัก จอดตามตำแหน่ง L/4, L/2 และ 3L/4 ของความยาวช่วงระหว่างตอม่อ ในช่องจราจรทางขวา
- Static 2-3 : ทดสอบด้วยรถบรรทุกน้ำหนัก จอดตามตำแหน่ง L/4, L/2 และ 3L/4 ของความยาวช่วงระหว่างตอม่อ กึ่งกลางสะพาน

ตารางที่ 6.6-2 สัญลักษณ์รถบรรทุกทดสอบ

รถบรรทุก	สัญลักษณ์
รถบรรทุกเปล่า	
รถบรรทุกน้ำหนัก	

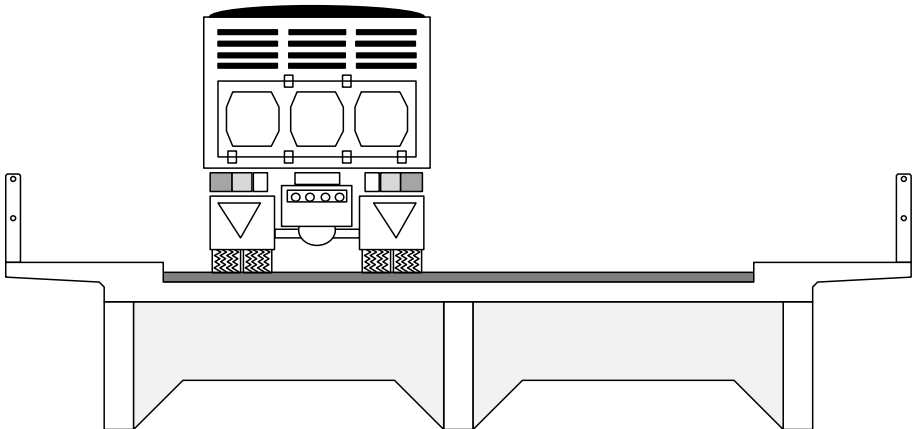
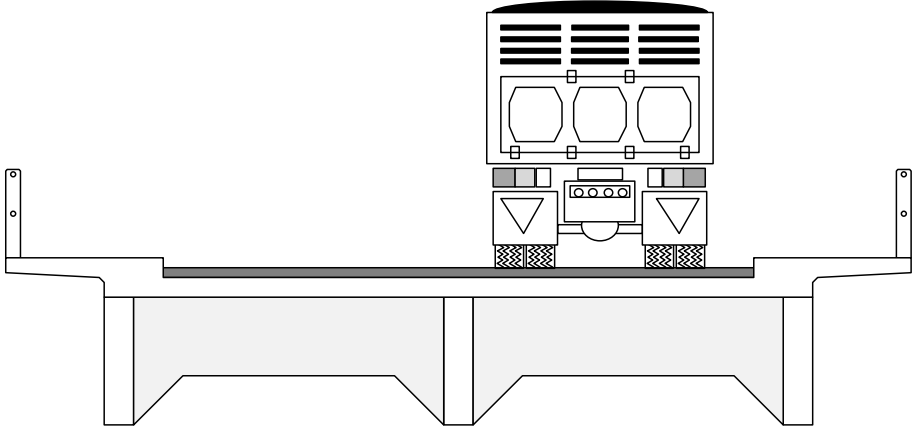
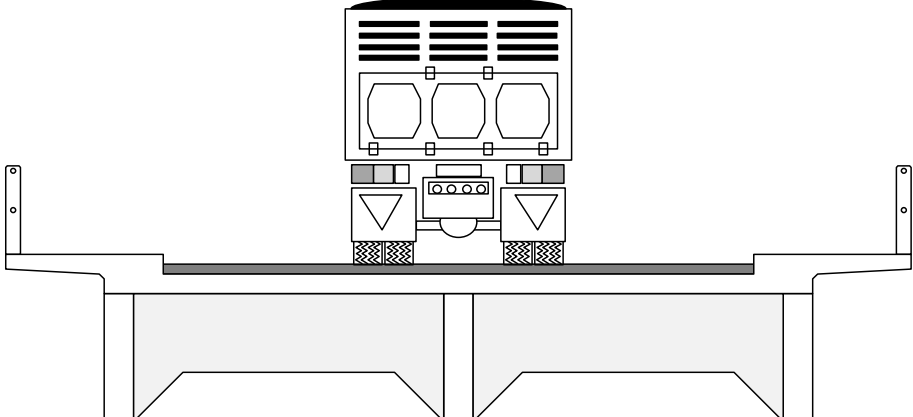
ตารางที่ 6.6-3 ระยะจอตรถบรรทุกตามตำแหน่ง L/4, L/2 และ 3L/4

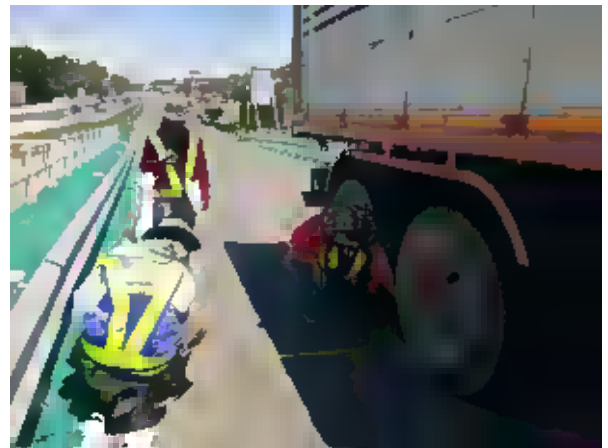
ระยะ	ตำแหน่งจอตรถบรรทุก
L/4	
L/2	
3L/4	

ตารางที่ 6.6-4 รูปแบบการทดสอบแบบสถิต ด้วยรถบรรทุกเปล่า

Case	Pattern
Static 1-1	
Static 1-2	
Static 1-3	

ตารางที่ 6.6-5 รูปแบบการทดสอบแบบสถิต ด้วยรถบรรทุกน้ำหนัก

Case	Pattern
Static 2-1	
Static 2-2	
Static 2-3	



รูปที่ 6.6-5 ภาพการทดสอบแบบสถิต

6.6.5. ผลการตรวจวัดพฤติกรรมสะพานแบบสถิต

ตารางที่ 6.6-6 ผลการตรวจวัดพฤติกรรมสะพานแบบสถิต ด้วยรถบรรทุกเปล่า

Time (s)	Static 1-1			Static 1-2			Static 1-3		
	L/4	L/2	3L/4	L/4	L/2	3L/4	L/4	L/2	3L/4
DT-01	-0.085	-0.106	-0.180	0.084	0.085	0.048	0.068	0.062	0.007
DT-02	-0.570	-0.726	-0.348	-0.186	-0.236	-0.126	-0.396	-0.490	-0.254
DT-03	-0.233	-0.582	-0.499	-0.098	-0.202	-0.167	-0.196	-0.408	-0.345
DT-04	-0.228	-0.179	-0.062	-0.708	-0.429	-0.098	-0.433	-0.309	-0.102
DT-05	-0.222	-0.297	-0.165	-0.085	-0.871	-0.412	-0.436	-0.560	-0.305
DT-06	-0.115	-0.267	-0.221	-0.289	-0.701	-0.580	-0.224	-0.484	-0.418
SGC-01	2.525	3.975	0.015	-1.400	-1.655	-1.642	-0.123	0.752	-1.136
SGC-02	44.140	31.040	-0.625	43.425	9.825	-9.708	52.028	23.288	-8.459
SGC-03	0.925	1.956	0.721	4.954	6.098	1.492	1.715	3.578	1.200
SGC-04	12.635	22.645	5.631	3.327	4.800	1.935	7.861	13.180	3.909
SGC-05	1.776	2.588	0.165	2.359	3.384	1.486	3.025	4.745	1.618
SGC-06	1.229	1.268	-0.105	3.982	7.153	3.932	2.871	5.950	2.698
SGC-07	1.583	2.046	1.117	1.516	1.739	1.923	1.759	3.494	1.957
SGC-08	5.391	18.620	9.890	8.271	24.206	19.096	8.088	26.653	18.993
SGC-09	0.202	-0.356	-0.079	2.210	4.829	3.393	0.835	3.277	0.904
SGC-10	13.329	5.485	4.987	4.475	14.382	12.372	0.790	1.710	11.843
SGC-11	0.104	-0.079	0.608	-0.821	-0.240	0.392	0.302	0.804	1.540
SGC-12	1.118	3.087	2.331	-1.271	-0.127	1.292	0.102	1.785	2.638
SGC-13	5.416	10.963	4.252	-0.179	1.650	1.721	2.383	5.498	3.712
SGC-14	0.669	-0.662	-0.996	0.763	1.583	0.592	2.173	2.081	-0.236
SGC-15	0.654	1.300	0.273	1.110	2.694	0.323	1.813	3.108	1.123
SGC-16	-0.471	-0.375	0.200	0.240	0.488	0.925	1.008	1.421	1.240
SGC-17	-0.069	0.440	-0.400	0.625	1.631	1.110	2.407	4.117	2.084
SGC-18	20.484	33.074	4.915	5.596	3.846	1.554	18.709	25.349	5.508
SGC-19	9.370	9.043	2.875	32.579	53.729	7.965	28.894	40.044	9.788
SGC-20	1.990	13.722	14.712	2.183	1.398	1.065	3.262	11.210	9.998
SGC-21	2.106	1.106	-0.013	2.475	10.434	9.700	1.516	7.318	7.273



ตารางที่ 6.5-6 ผลการตรวจวัดพฤติกรรมสะพานแบบสถิต ด้วยรถบรรทุกเปล่า (ต่อ)

Time (s)	Static 1-1			Static 1-2			Static 1-3		
	L/4	L/2	3L/4	L/4	L/2	3L/4	L/4	L/2	3L/4
SGS-01	1.244	3.207	-1.037	0.759	0.382	0.344	0.610	2.308	1.017
SGS-02	14.336	6.998	-3.731	17.652	6.696	-1.912	19.115	9.346	-1.000
SGS-03	0.102	0.465	-1.350	3.904	4.214	1.462	-0.263	1.652	1.429
SGS-04	16.246	30.936	7.986	5.806	8.248	4.345	9.140	17.220	5.123
SGS-05	16.328	31.558	2.979	18.648	35.498	6.629	19.940	39.680	6.308
SGS-06	4.373	6.187	0.654	21.575	37.135	11.660	10.660	19.440	6.536
SGS-07	1.701	3.038	0.421	2.596	2.511	2.553	1.348	3.546	1.294
SGS-08	7.115	9.257	6.169	8.456	12.876	9.269	3.587	13.539	10.569
SGS-09	2.754	1.927	-0.400	5.965	8.765	5.290	-60.411	-58.952	-61.209
SGS-10	2.734	6.063	0.617	-2.389	-2.854	-0.348	0.463	1.581	3.079
SGS-11	30.304	43.434	9.121	23.685	23.125	6.396	40.863	55.723	15.513
SGS-12	22.936	26.476	5.359	24.579	34.959	6.604	37.921	52.221	13.761
SGS-13	1.362	1.054	0.873	18.048	32.608	4.865	9.457	14.392	5.986
SGS-14	1.700	10.835	9.321	3.788	2.400	-1.017	4.523	8.469	5.030
SGS-15	4.671	13.749	13.479	4.307	5.221	8.890	6.557	17.269	21.419
SGS-16	2.440	10.194	13.984	1.203	8.103	8.780	6.752	21.198	25.298
SGS-17	6.233	5.223	-0.559	1.021	11.415	9.912	6.371	11.884	6.035
SGS-18	-1.756	3.908	-2.475	-0.481	-0.902	-0.917	0.806	3.571	1.579
SGS-19	-0.652	4.177	-2.106	0.654	0.169	0.077	1.463	3.713	2.769
SGS-20	1.671	3.311	0.175	-1.067	-1.752	-0.610	1.791	1.327	2.118
SGS-21	1.590	2.592	0.138	-0.881	-1.343	-0.314	1.029	0.898	1.417
SGS-22	1.681	0.025	-1.698	-2.561	-0.817	-1.823	0.644	1.604	1.277
SGS-23	1.958	0.631	-0.625	-2.735	0.157	-1.868	-0.492	2.336	0.813
SGS-24	2.938	1.271	0.125	3.296	2.188	0.683	5.465	3.421	3.654
SGS-25	2.998	1.250	-0.104	1.829	0.354	-0.981	4.264	1.889	2.454

ตารางที่ 6.6-7 ผลการตรวจวัดพฤติกรรมสะพานแบบสถิต ด้วยรถบรรทุกน้ำหนัก

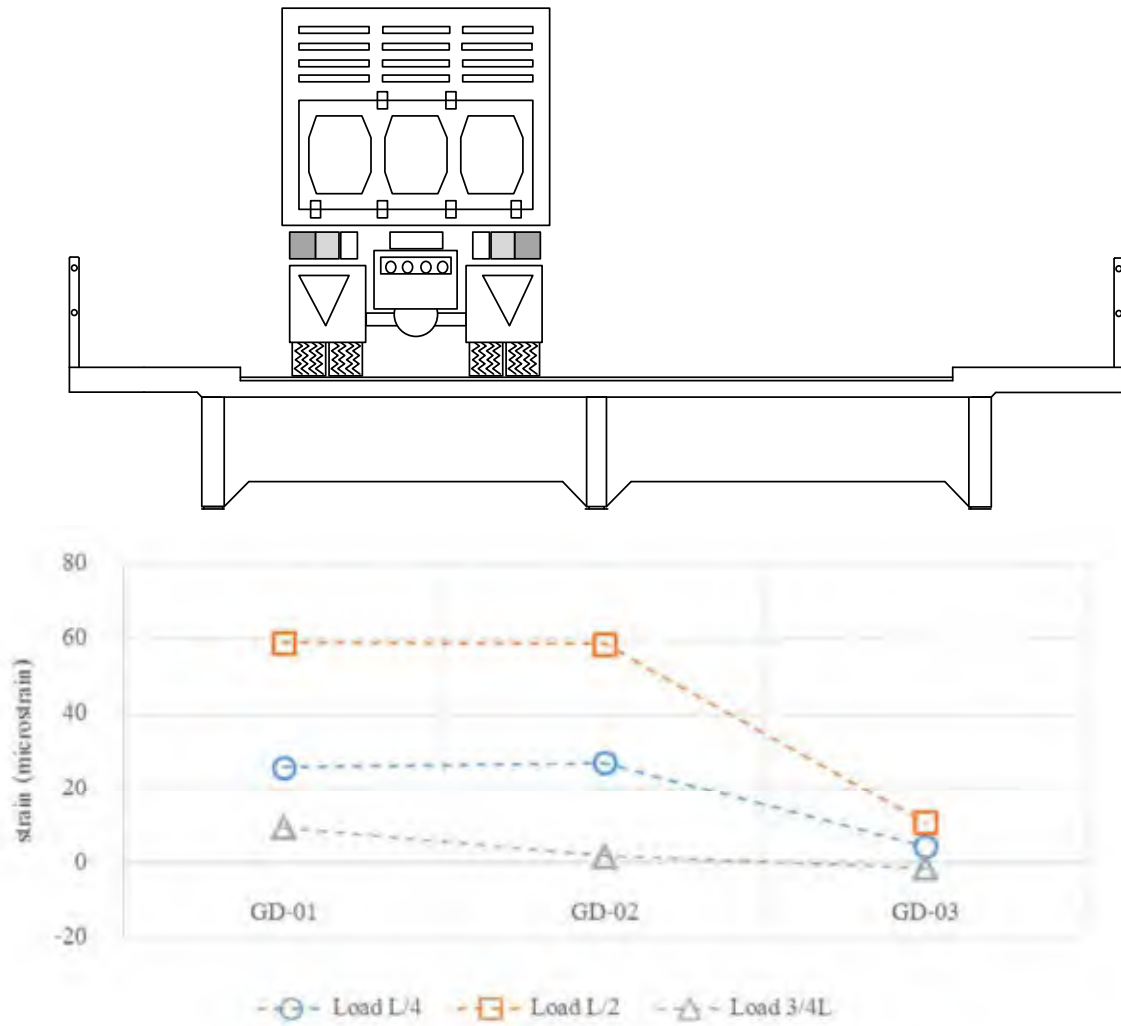
Time (s)	Static 2-1			Static 2-2			Static 2-3		
	L/4	L/2	3L/4	L/4	L/2	3L/4	L/4	L/2	3L/4
DT-01	-0.278	-0.305	-0.495	0.164	0.160	0.065	0.155	0.154	-0.012
DT-02	-0.987	-1.324	-0.635	-0.339	-0.445	-0.240	-0.604	-0.809	-0.417
DT-03	-0.405	-1.016	-0.912	-0.165	-0.355	-0.309	-0.249	-0.602	-0.544
DT-04	-0.319	-0.260	-0.065	-1.168	-0.781	-0.180	-0.734	-0.528	-0.138
DT-05	-0.324	-0.462	-0.236	-1.068	-1.453	-0.681	-0.691	-0.944	-0.489
DT-06	-0.175	-0.425	-0.360	-0.438	-1.105	-0.987	-0.314	-0.765	-0.695
SGC-01	3.511	6.059	-0.388	0.625	1.531	0.796	-0.042	2.110	-0.417
SGC-02	72.374	58.684	-4.842	83.295	27.085	-15.535	90.546	49.126	-11.784
SGC-03	-0.160	2.642	-0.244	7.275	11.655	2.936	2.191	4.752	-0.402
SGC-04	19.022	42.902	6.394	4.846	8.767	2.240	10.575	21.995	5.656
SGC-05	3.110	3.283	-2.056	1.950	4.471	1.900	0.975	3.283	-0.204
SGC-06	-0.090	2.800	-2.360	4.779	11.294	4.319	0.456	5.331	-0.490
SGC-07	1.894	4.517	-0.662	0.502	1.658	0.915	0.642	3.010	1.200
SGC-08	8.934	29.100	10.390	11.920	37.920	31.160	9.971	40.071	32.971
SGC-09	0.056	0.664	-4.328	2.494	7.873	4.582	1.512	5.569	2.271
SGC-10	11.674	13.584	5.788	-1.873	-1.800	-13.862	-15.214	-18.400	-12.837
SGC-11	-0.902	-0.933	-1.160	-1.004	0.142	1.796	-1.308	-0.906	1.367
SGC-12	1.025	4.125	0.704	-2.200	-0.271	2.793	-1.627	0.815	3.510
SGC-13	7.221	19.164	4.229	-0.417	2.846	3.344	2.791	8.612	5.752
SGC-14	1.100	-2.113	-4.444	0.779	3.077	-0.017	0.946	1.188	-1.381
SGC-15	0.644	1.615	-1.406	1.460	5.313	0.558	1.521	4.192	0.196
SGC-16	-0.577	-1.342	-2.137	-0.333	0.790	0.915	-0.852	-0.079	0.252
SGC-17	0.838	0.529	-3.898	0.833	3.869	2.109	-0.292	2.964	0.160
SGC-18	29.792	56.932	4.875	11.678	10.713	4.884	25.621	41.591	8.627
SGC-19	12.604	12.154	2.623	52.935	103.755	14.545	43.701	76.771	15.091
SGC-20	2.379	19.484	22.954	3.038	3.031	1.431	3.713	15.788	16.058
SGC-21	2.365	2.594	-2.381	1.488	15.146	16.386	4.058	13.378	13.548



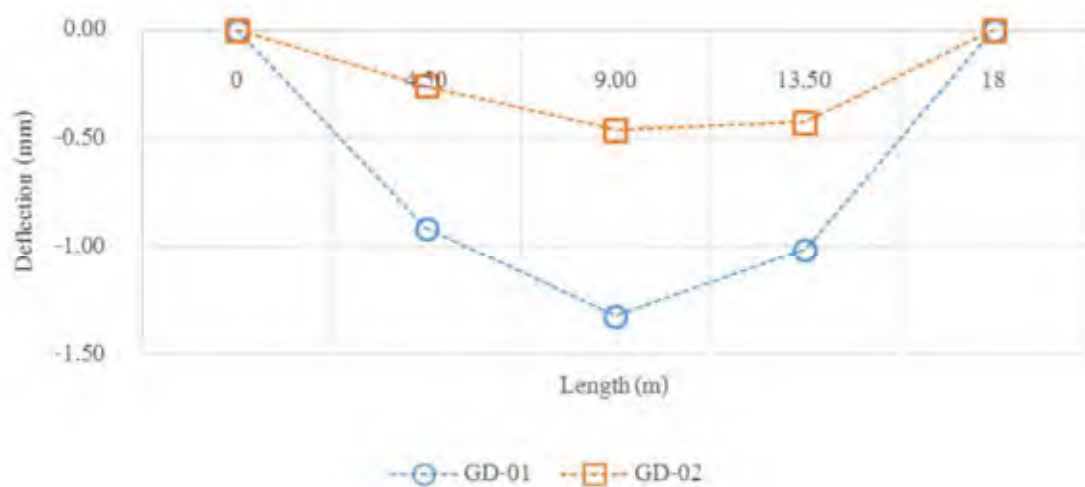
ตารางที่ 6.5-7 ผลการตรวจวัดพฤติกรรมสะพานแบบสถิต ด้วยรถบรรทุกน้ำหนัก (ต่อ)

Time (s)	Static 2-1			Static 2-2			Static 2-3		
	L/4	L/2	3L/4	L/4	L/2	3L/4	L/4	L/2	3L/4
SGS-01	4.234	5.488	-4.421	0.906	2.794	1.865	2.373	6.284	2.961
SGS-02	25.575	12.485	-8.137	31.264	14.404	-2.512	31.121	15.781	-4.171
SGS-03	-0.760	0.888	-2.177	4.246	8.686	3.875	2.694	5.513	2.935
SGS-04	25.857	58.977	9.513	4.979	11.711	4.356	17.873	36.673	15.763
SGS-05	27.076	58.686	1.963	28.126	67.356	9.252	29.508	74.218	10.541
SGS-06	4.348	10.825	-1.264	29.295	62.075	16.905	17.140	37.070	12.900
SGS-07	2.048	6.558	-1.230	-0.102	2.286	1.327	3.992	9.580	6.680
SGS-08	3.337	15.067	6.135	4.759	21.535	15.685	7.310	28.685	21.035
SGS-09	1.287	1.935	-2.992	3.317	11.020	5.740	-2.256	94.309	89.739
SGS-10	4.342	12.287	-1.248	-3.130	-3.211	1.845	-1.285	-0.392	2.225
SGS-11	49.574	73.894	9.223	47.163	56.103	15.153	62.865	101.415	23.085
SGS-12	34.542	44.472	5.896	46.417	74.517	14.747	57.413	94.403	21.593
SGS-13	1.288	0.738	1.123	29.737	60.967	10.056	13.677	25.887	8.490
SGS-14	1.620	13.425	15.005	5.938	6.240	-1.827	5.204	10.660	5.815
SGS-15	7.802	20.266	13.926	9.037	13.985	19.445	7.431	28.224	37.274
SGS-16	0.692	12.955	19.625	3.911	17.266	21.476	11.467	34.107	47.817
SGS-17	9.373	10.204	-3.850	2.773	20.618	21.028	7.277	18.661	9.164
SGS-18	-1.008	5.615	-6.317	-0.040	2.304	1.702	-1.354	4.429	-0.302
SGS-19	-0.704	7.677	-6.781	0.558	2.469	1.494	-1.256	4.015	-1.252
SGS-20	2.223	4.065	-3.003	-0.058	1.766	2.869	-0.996	-0.427	0.300
SGS-21	2.200	3.654	-3.625	-0.142	1.698	2.727	-0.608	0.544	1.610
SGS-22	1.413	1.544	-3.200	0.027	3.871	1.260	-2.908	3.869	-1.420
SGS-23	0.467	1.482	-2.681	-0.273	4.655	0.873	-3.693	5.373	-1.196
SGS-24	1.673	1.871	-1.916	7.328	10.140	4.803	5.600	11.171	3.758
SGS-25	1.936	1.750	-1.864	7.458	10.996	4.939	3.671	8.550	2.288

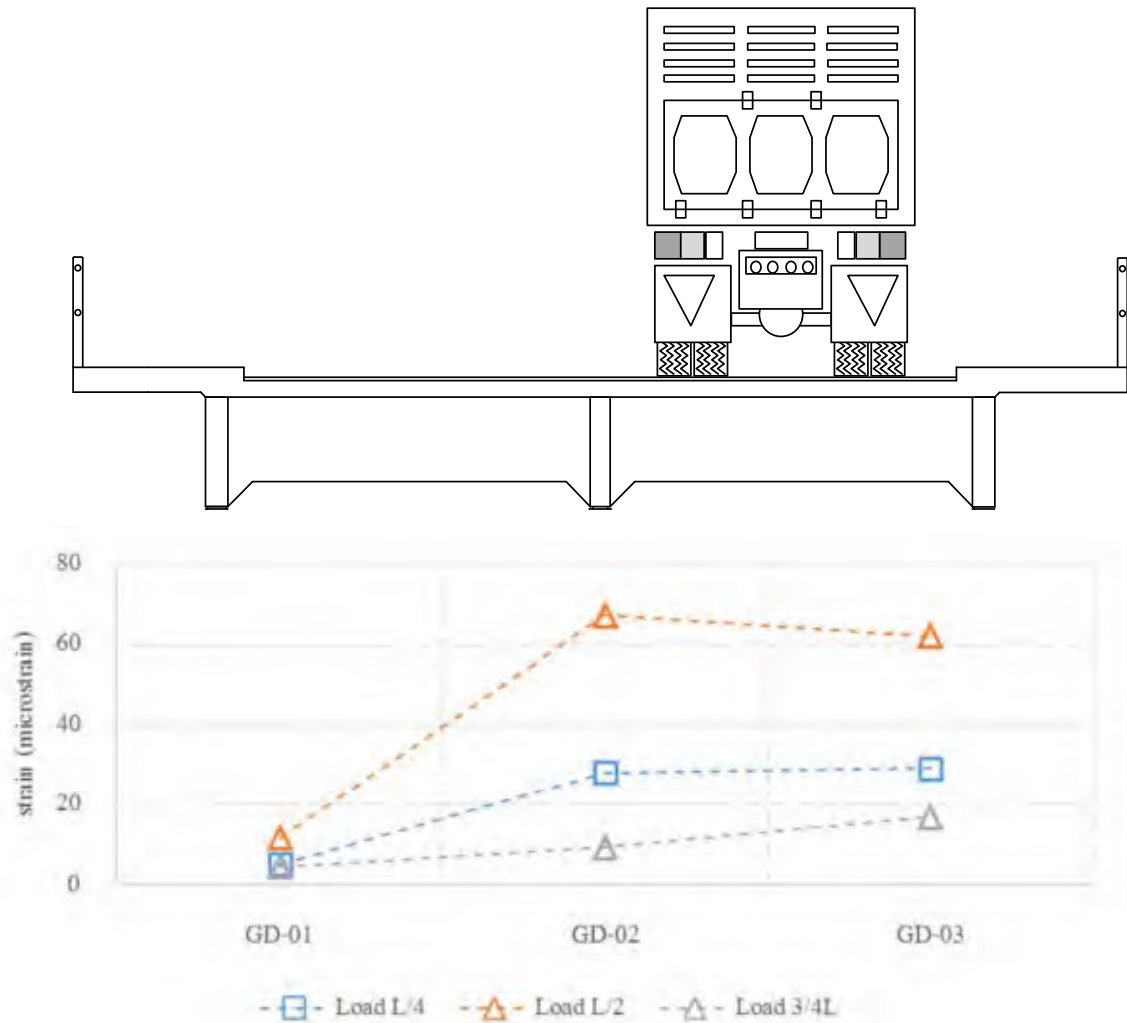
เมื่อพิจารณาการกระจายค่าความเครียดของเหล็กตามขวางกรณีรถบรรทุกน้ำหนักสามารถแสดงผลได้ดังรูปที่ 6.6-6, รูปที่ 6.6-8 และรูปที่ 6.6-10 เมื่อพิจารณาค่าการแอ่นตัวของคานสะพานกรณีรถบรรทุกน้ำหนักสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 6.6-7, รูปที่ 6.5-9 และ รูปที่ 6.6-11



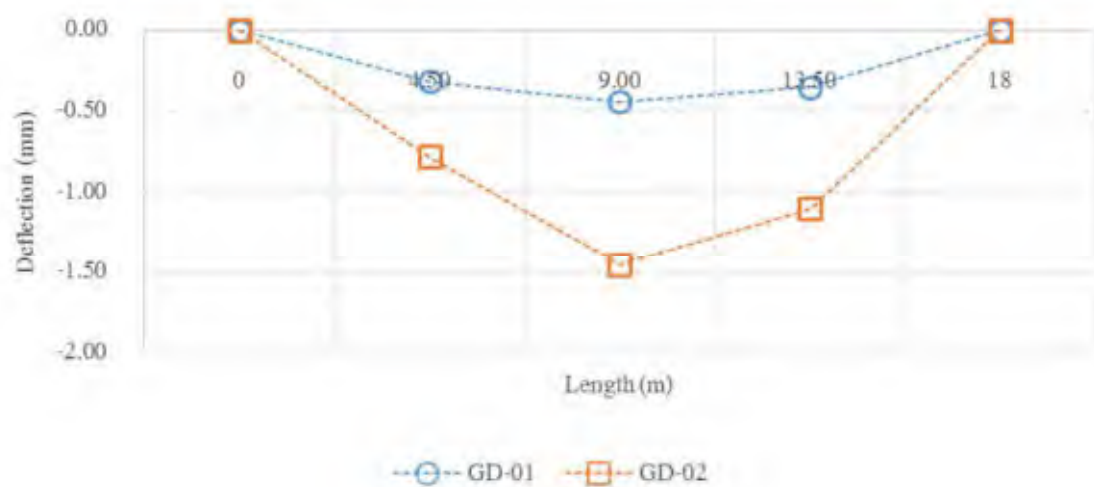
รูปที่ 6.6-6 การกระจายค่าความเครียดของเหล็กตามขวาง Static 2-1 สะพานช่วงที่ 2



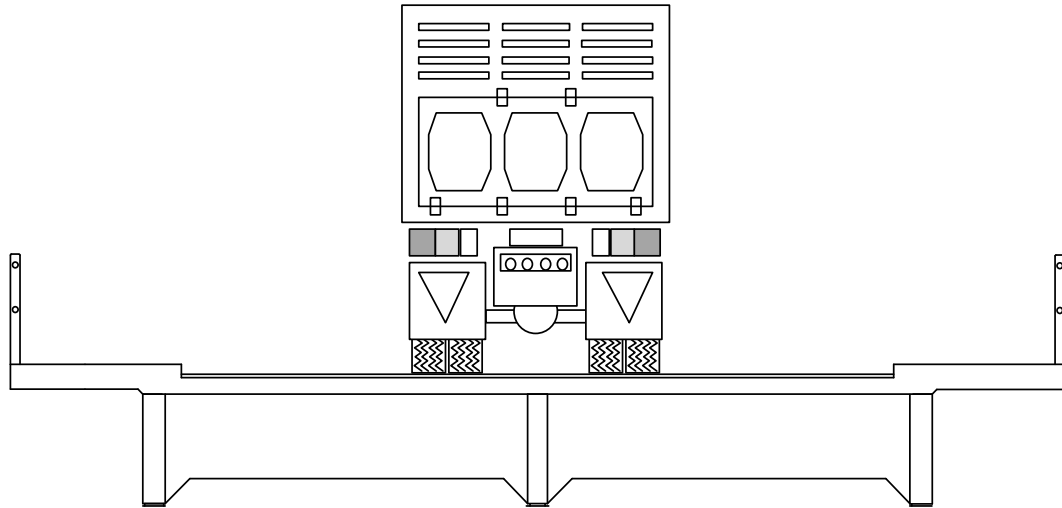
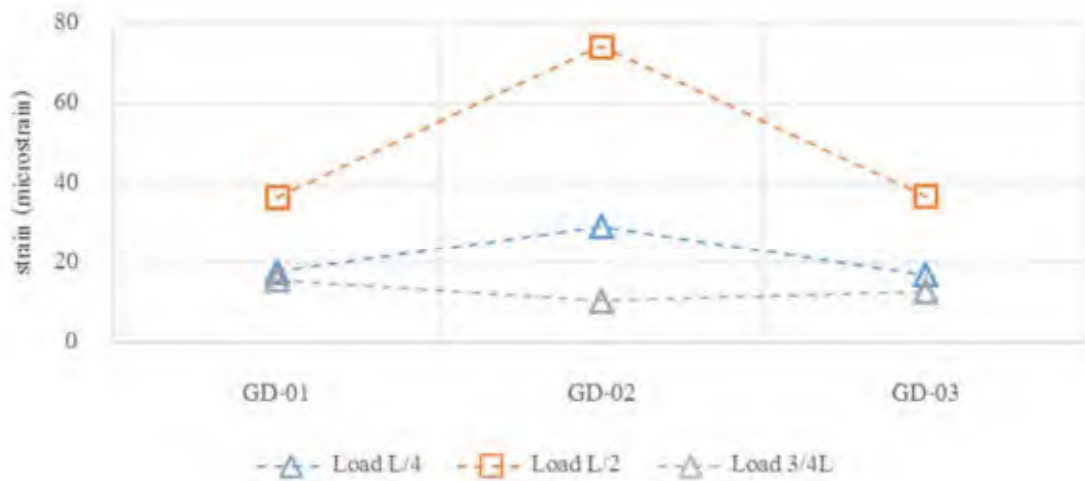
รูปที่ 6.6-7 การกระจายค่าการแอ่นตัวของคานตามยาว Static 2-1 สะพานช่วงที่ 2



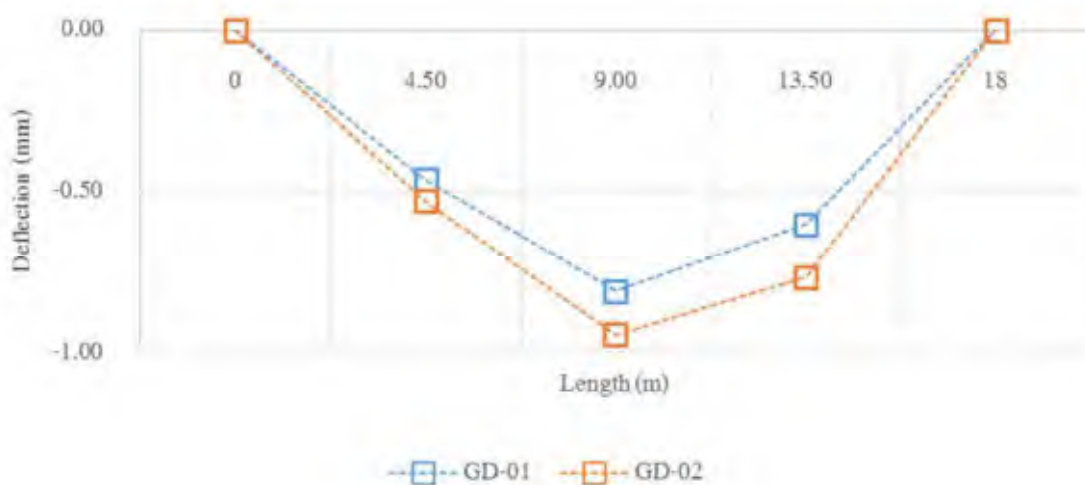
รูปที่ 6.6-8 การกระจายค่าความเครียดของเหล็กตามขวาง Static 2-2 สะพานช่วงที่ 2



รูปที่ 6.6-9 การกระจายค่าการแอ่นตัวของคานตามยาว Static 2-2 สะพานช่วงที่ 2



รูปที่ 6.6-10 การกระจายค่าความเครียดของเหล็กตามขวาง Static 2-3 สะพานช่วงที่ 2



รูปที่ 6.6-11 การกระจายค่าการแอ่นตัวของคานตามยาว Static 2-3 สะพานช่วงที่ 2



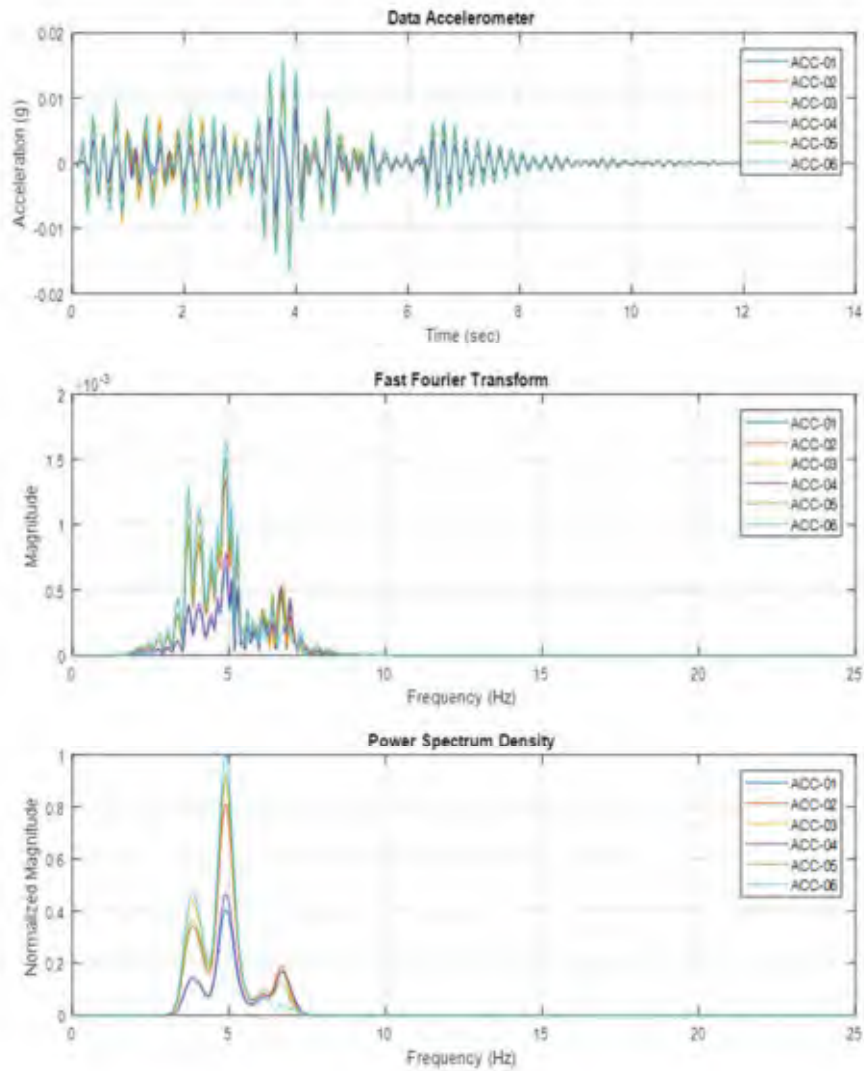
6.6.6. รูปแบบการทดสอบแบบพลวัต

การทดสอบแบบพลวัต (Dynamic Test) เป็นการทดสอบโดยใช้รถบรรทุกน้ำหนัก หลายรูปแบบ โดยมีรายละเอียดดังนี้

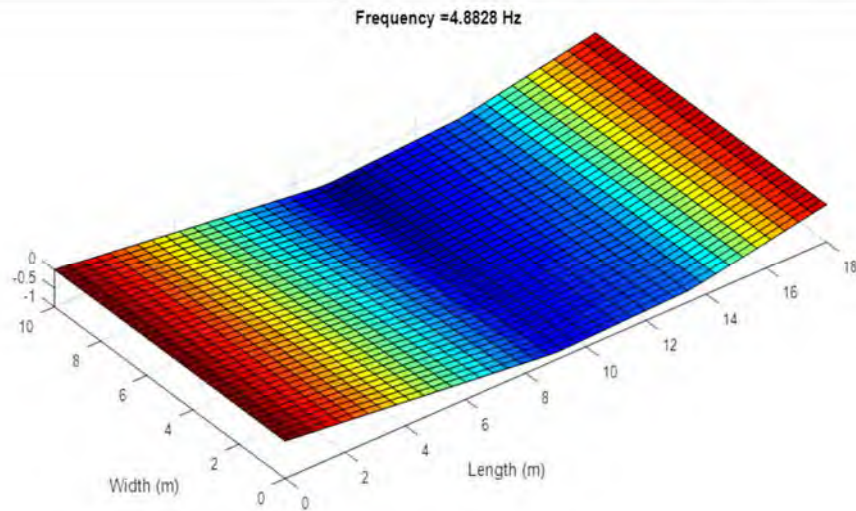
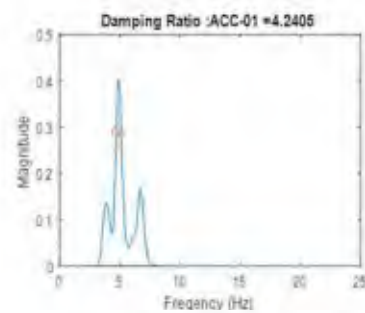
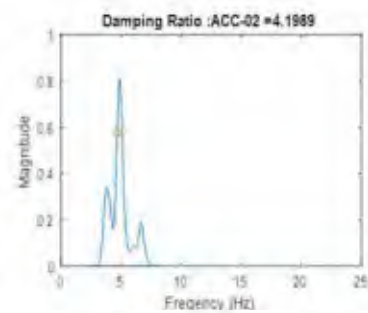
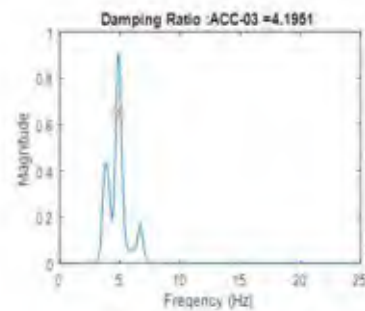
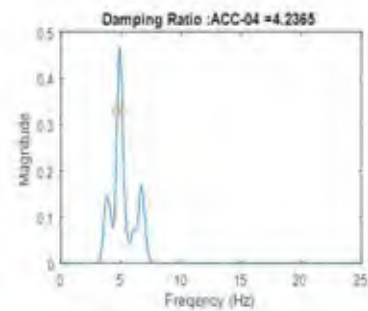
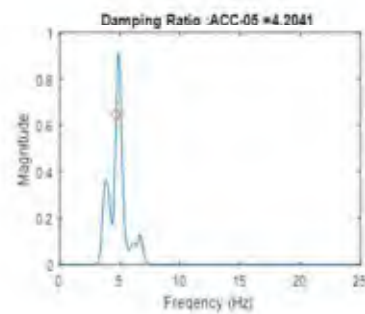
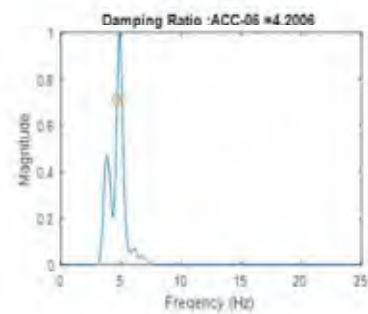
- Dynamic 1 : ทดสอบด้วยรถบรรทุกน้ำหนัก วิ่งด้วยความเร็ว 20 กม./ชม. กึ่งกลางสะพาน
- Dynamic 2 : ทดสอบด้วยรถบรรทุกน้ำหนัก วิ่งด้วยความเร็ว 30 กม./ชม. กึ่งกลางสะพาน
- Dynamic 3 : ทดสอบด้วยรถบรรทุกน้ำหนัก วิ่งด้วยความเร็ว 50 กม./ชม. กึ่งกลางสะพาน

6.6.7. ผลการตรวจวัดพฤติกรรมแบบพลวัต

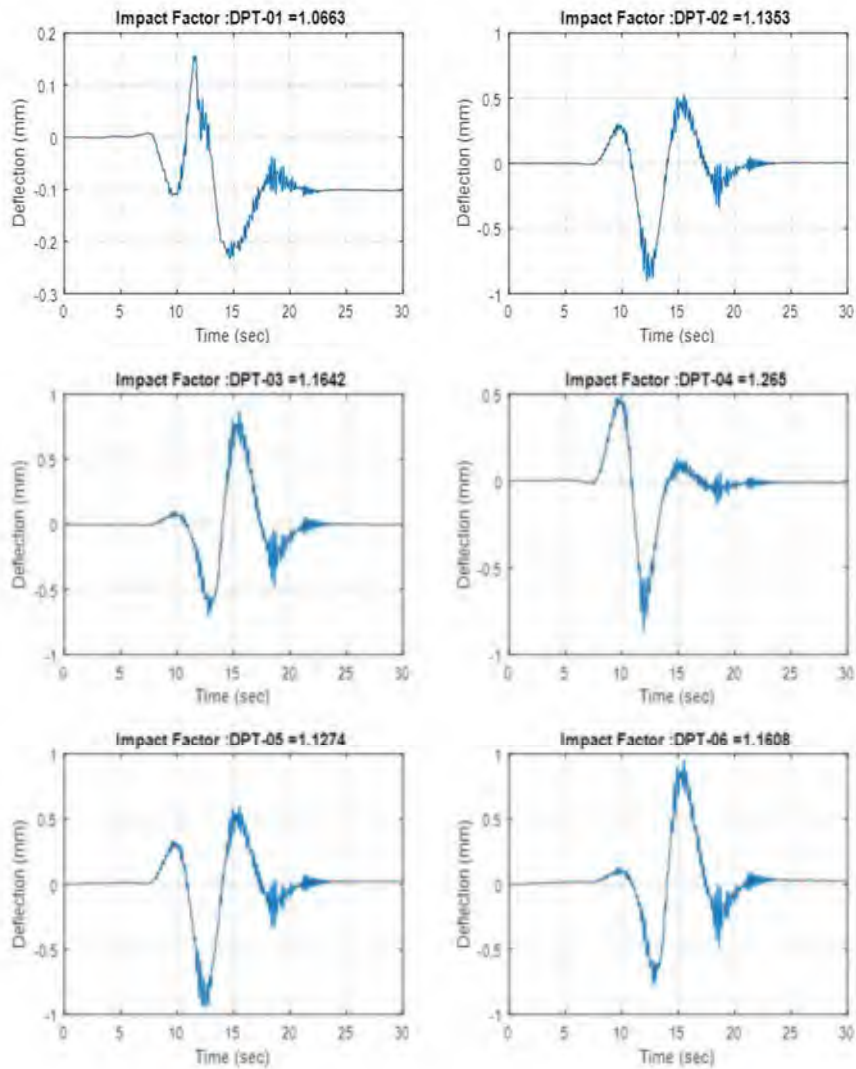
Dynamic Load Test 1 : 20 km/hr



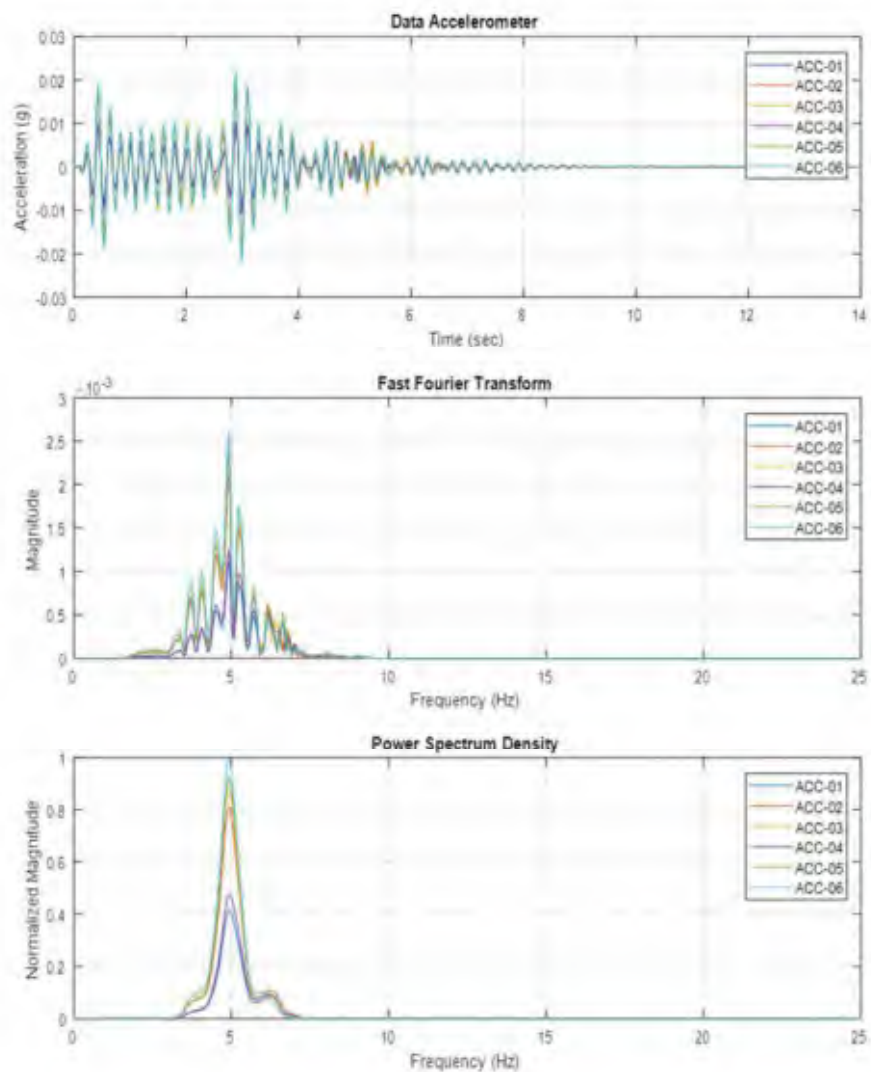
Dynamic Load Test 1 : 20 km/hr



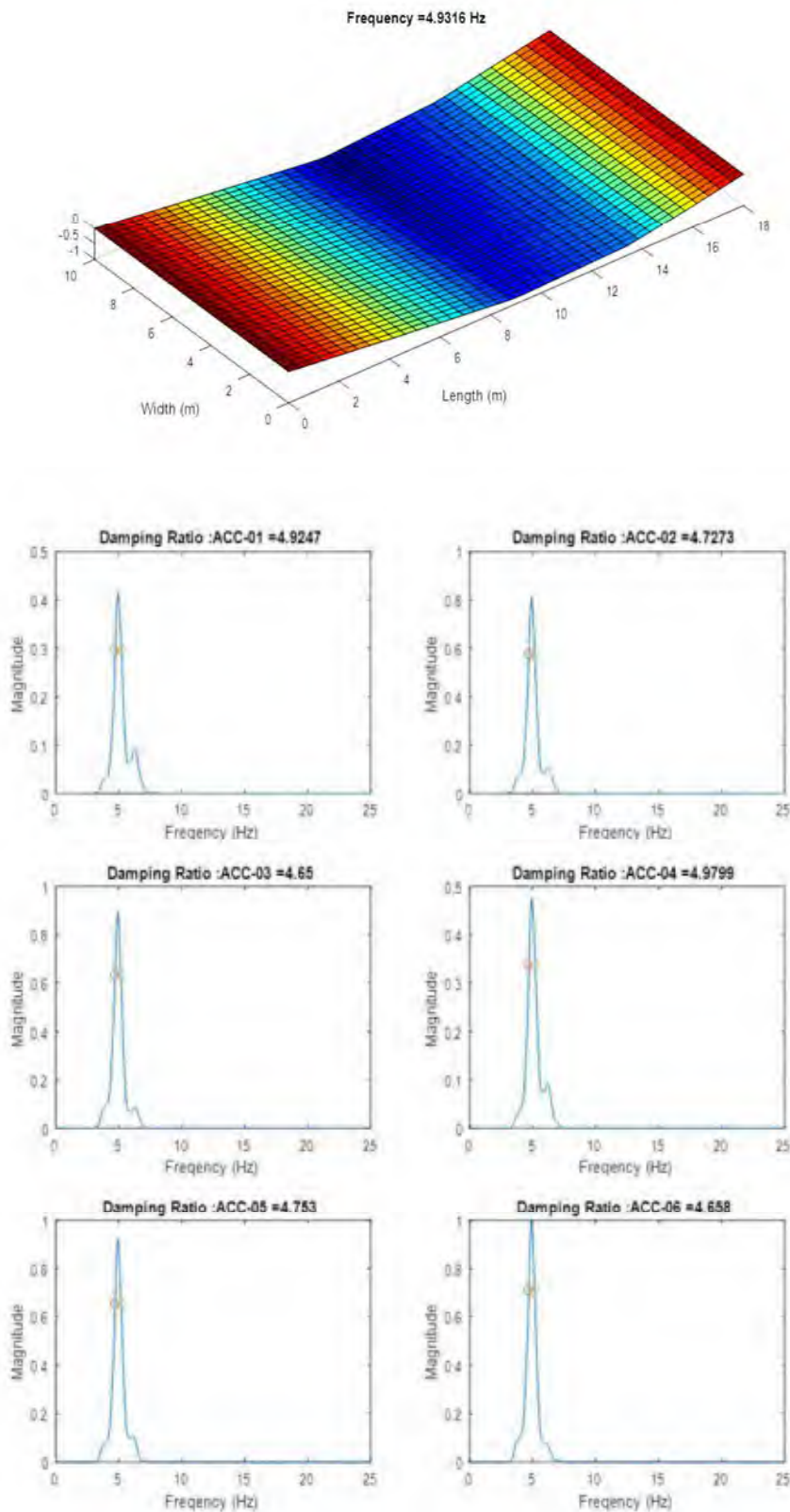
Dynamic Load Test 1 : 20 km/hr



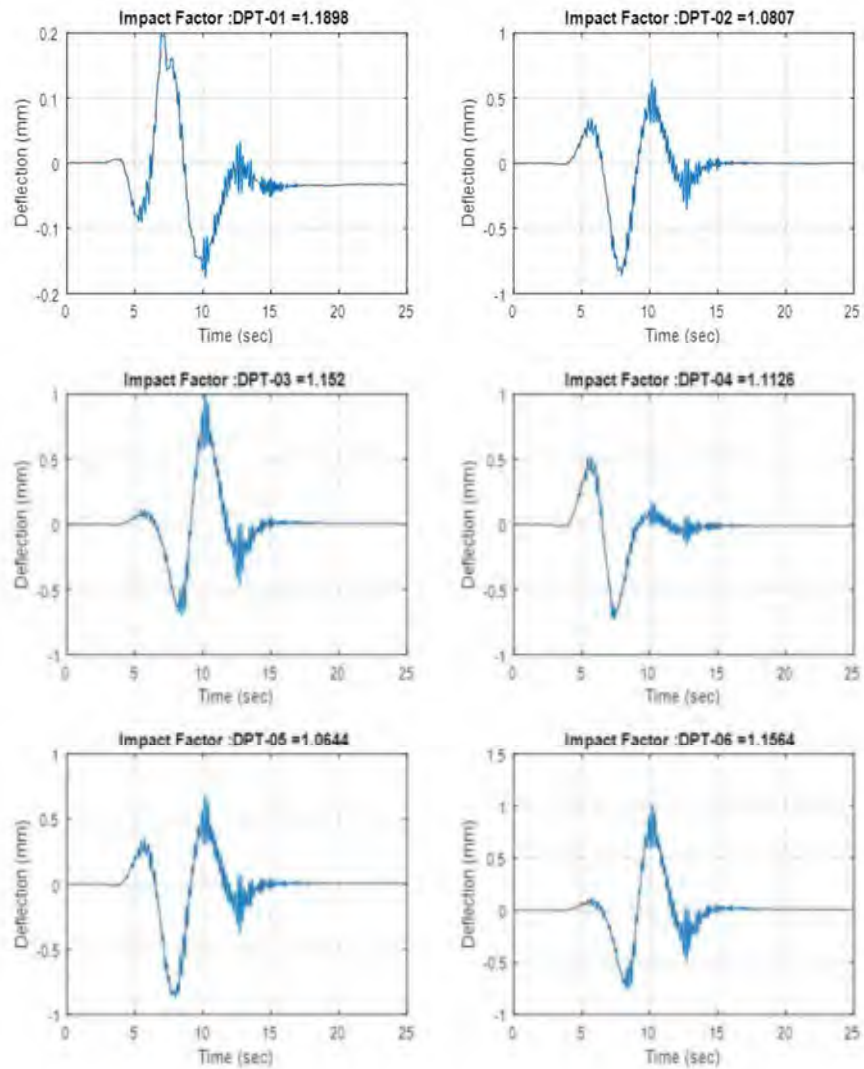
Dynamic Load Test 2 : 30 km/hr



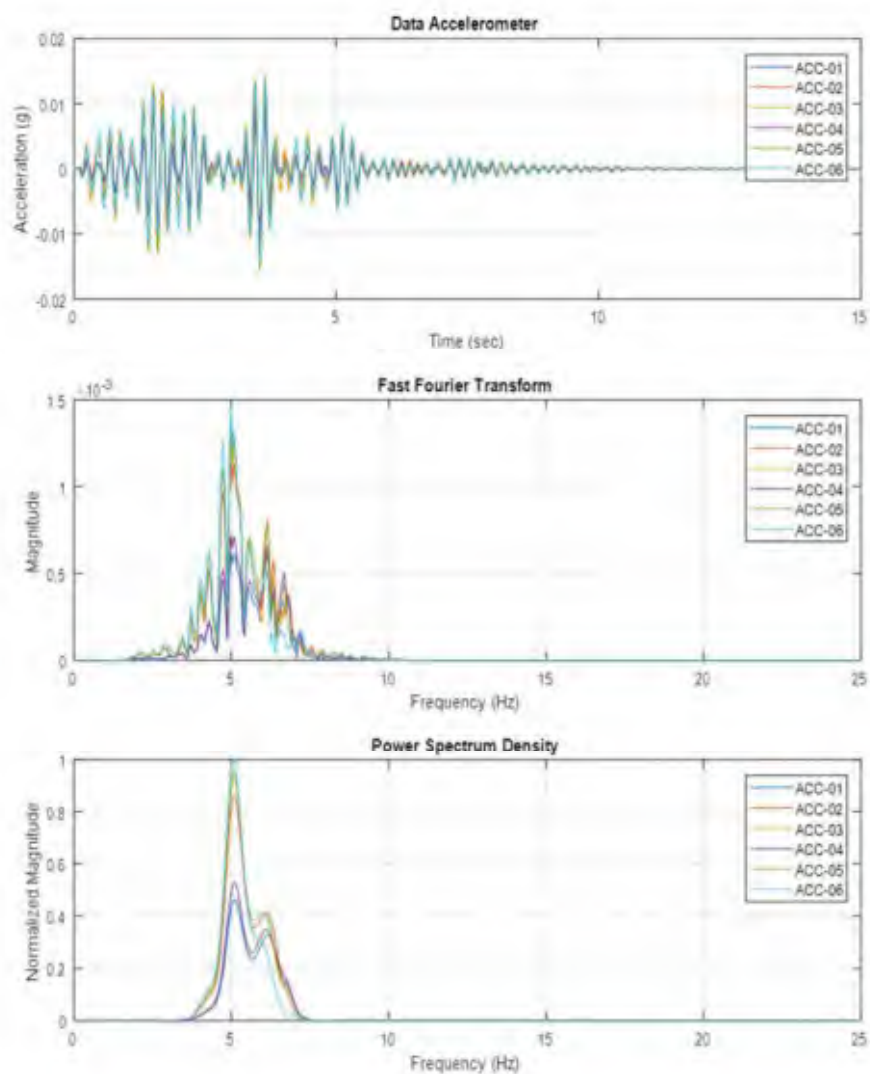
Dynamic Load Test 2 : 30 km/hr



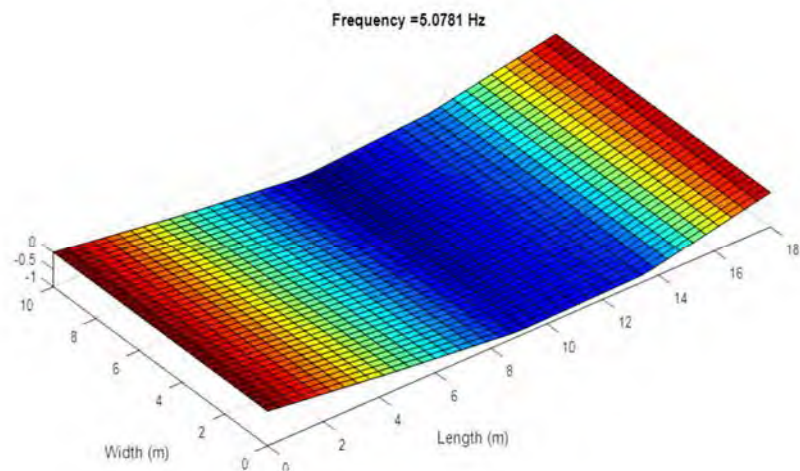
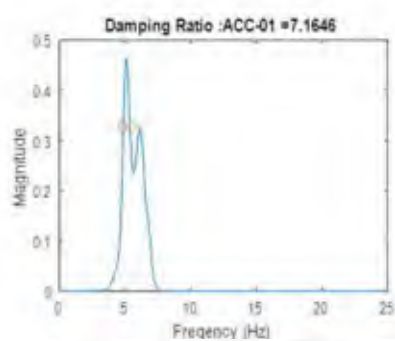
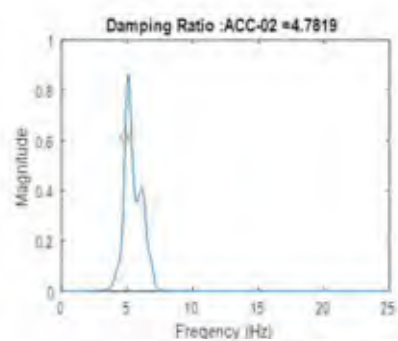
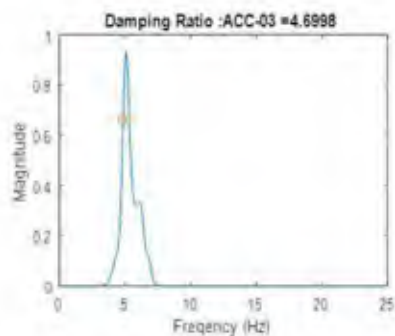
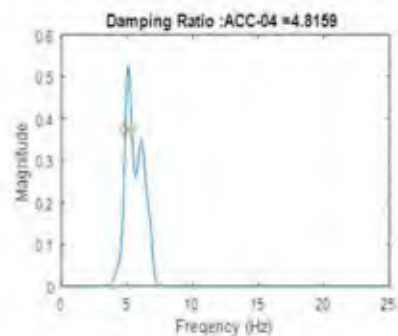
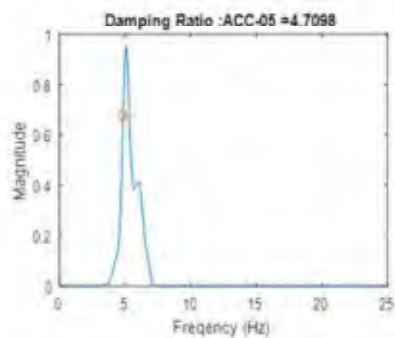
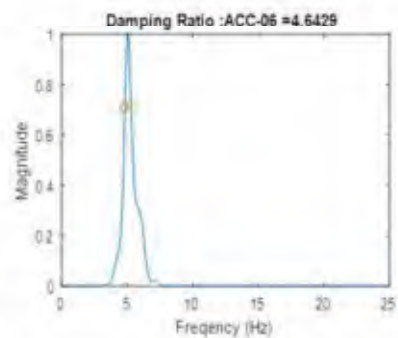
Dynamic Load Test 2 : 30 km/hr



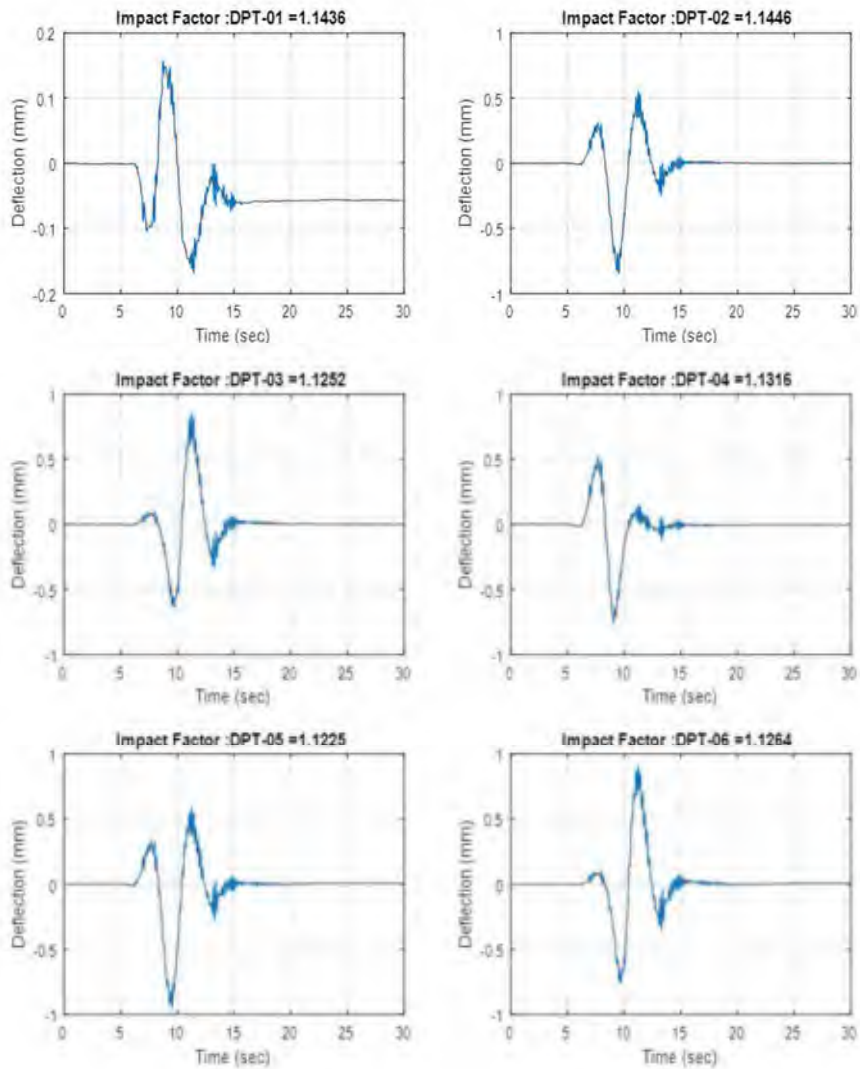
Dynamic Load Test 3 : 50 km/hr



Dynamic Load Test 3 : 50 km/hr



Dynamic Load Test 3 : 50 km/hr



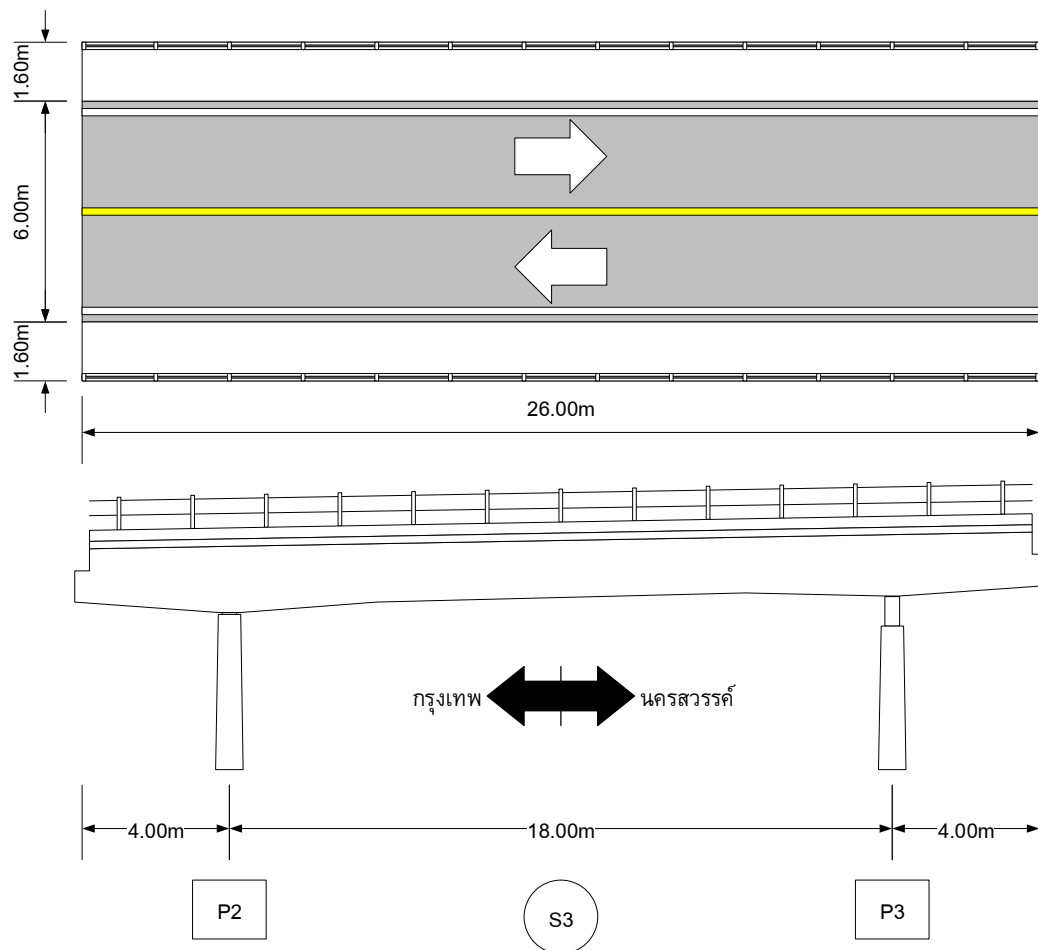
ตารางที่ 6.6-8 ผลการวิเคราะห์ Natural Frequency, Mode Shape, Damping Ratio และ Impact Factor

Dynamic Case	Speed (km/h)	Frequency (Hz)	Mode Shape (1st Mode)	Damping Ratio (%)	Impact Factor (IM)
Dynamic:1	20	4.883	Bending Mode	4.195 - 4.241	1.066 - 1.265
Dynamic:2	30	4.932	Bending Mode	4.650 - 4.980	1.064 - 1.190
Dynamic:3	50	5.078	Bending Mode	4.643 - 7.165	1.122 - 1.145

6.7 ผลการตรวจวัดพฤติกรรมสะพานช่วงที่ 3 (Span 3)

โครงการนี้ได้ดำเนินการตรวจวัดพฤติกรรมโครงสร้างสะพานช่วงที่ 3 (Span 3) ความยาวช่วงระหว่างรอยต่อสะพานเท่ากับ 27.5 เมตร ความยาวช่วงระหว่างตอม่อเท่ากับ 18 เมตร โดยทำการทดสอบสะพานภายใต้สภาวะควบคุม ประกอบด้วย การทดสอบแบบสถิต และการทดสอบแบบพลวัต เมื่อวันที่ 17 มิถุนายน 2563 ซึ่งมีรายละเอียดการตรวจวัดพฤติกรรมโครงสร้างสะพาน ดังนี้

6.7.1. ช่วงสะพานทดสอบ

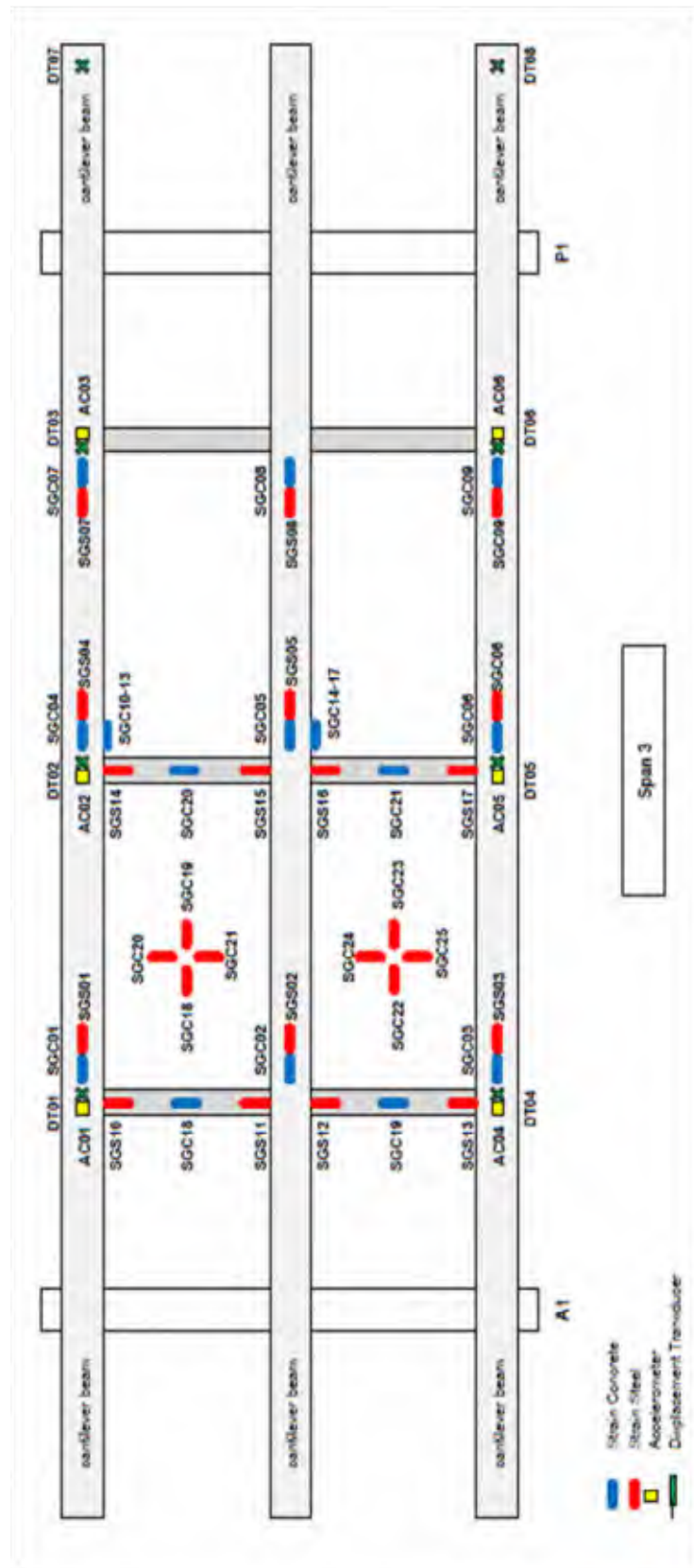


รูปที่ 6.7-1 ช่วงสะพานทดสอบ

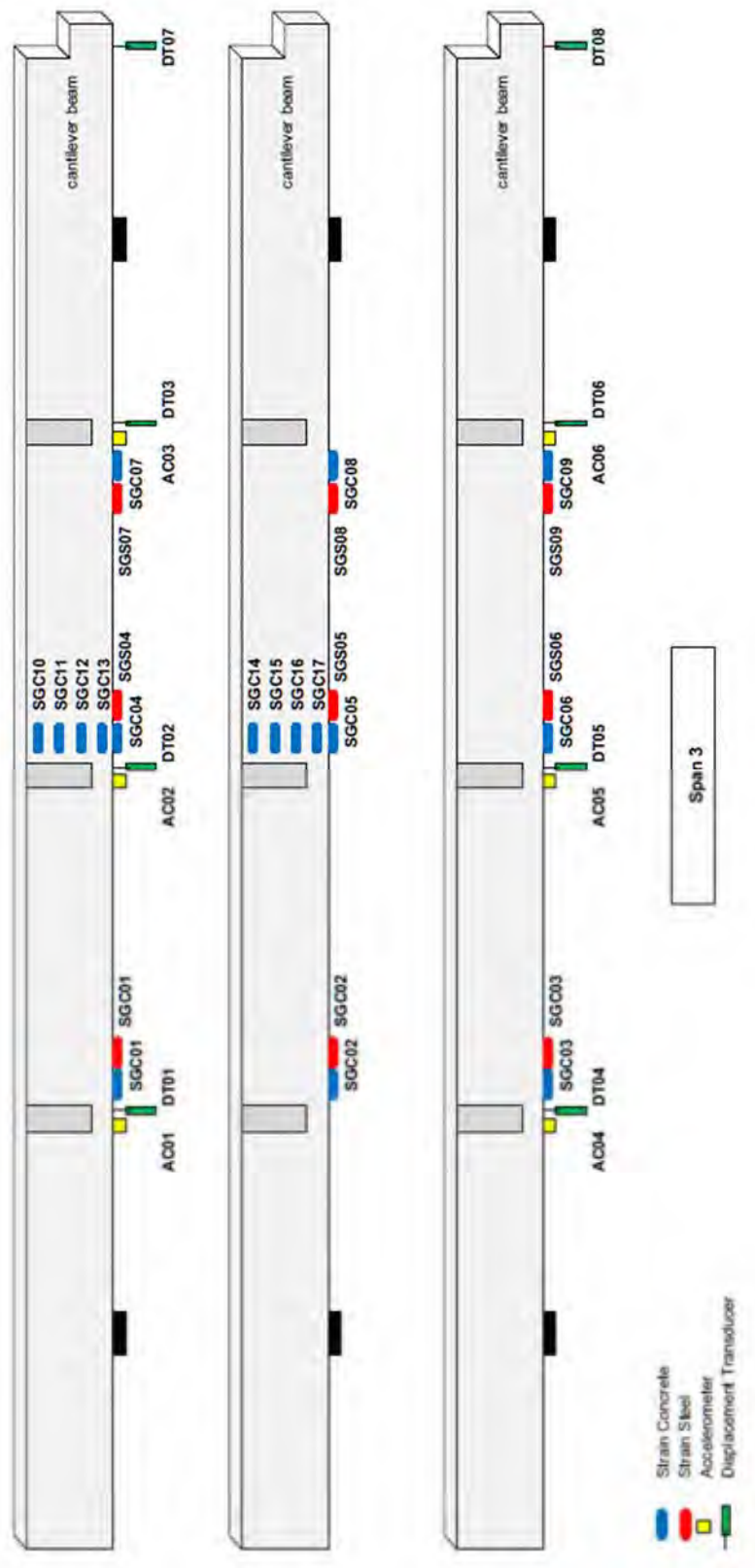
6.7.2. ตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัด

ในช่วงสะพานนี้ทำการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดความเครียดสำหรับคอนกรีต (Strain Gauge Concrete) จำนวน 21 ตำแหน่ง อุปกรณ์ตรวจวัดความเครียดสำหรับเหล็ก (Strain Gauge Steel) จำนวน 25 ตำแหน่ง อุปกรณ์ตรวจวัดการเคลื่อนที่ (Displacement Transducer) จำนวน 8 ตำแหน่ง และอุปกรณ์ตรวจวัดความเร่งจากการสั่นไหว (Accelerometer) จำนวน 6 ตำแหน่ง โดยมีรายละเอียดดังนี้

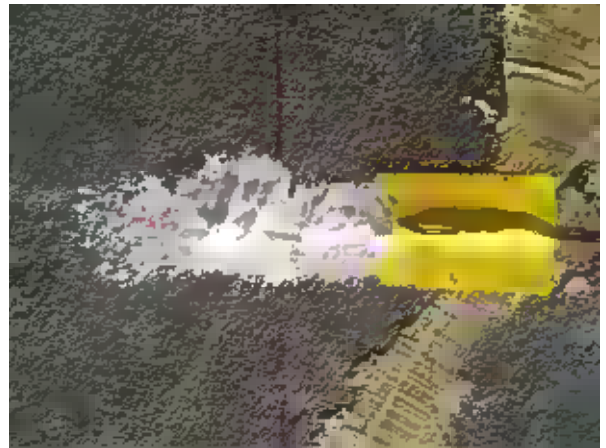
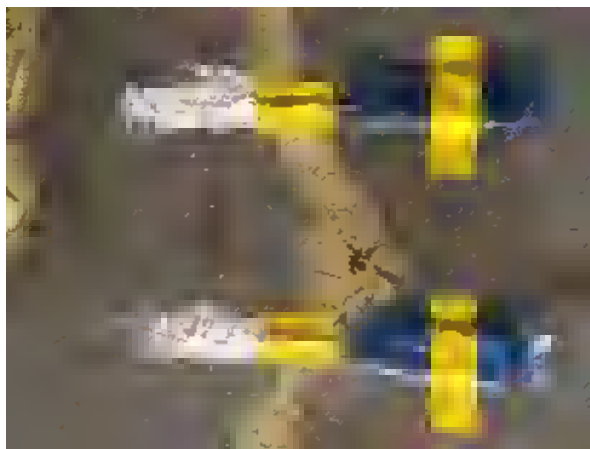
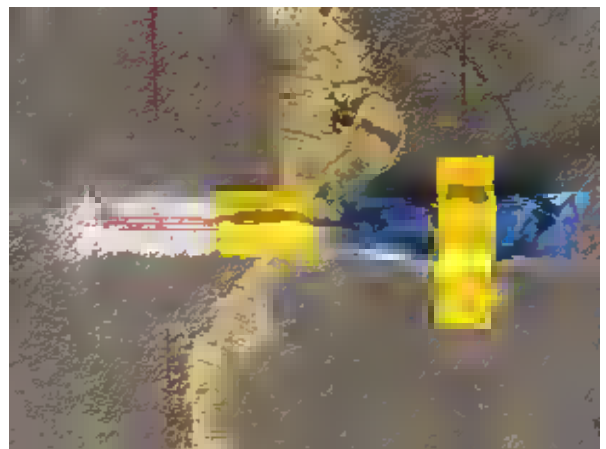
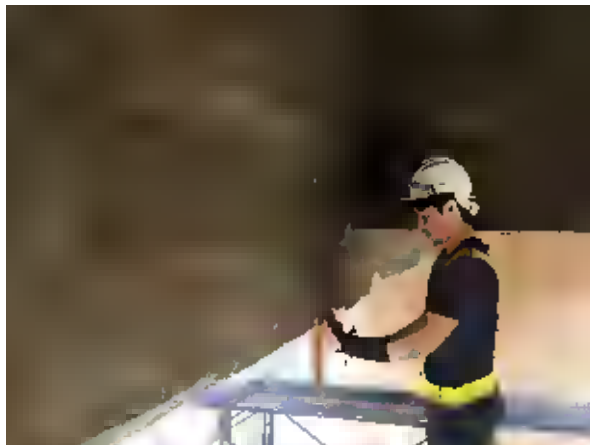




รูปที่ 6.7-2 ตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัด



รูปที่ 6.5-2 ตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัด (ต่อ)



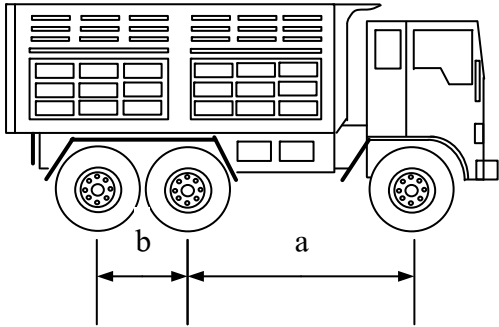
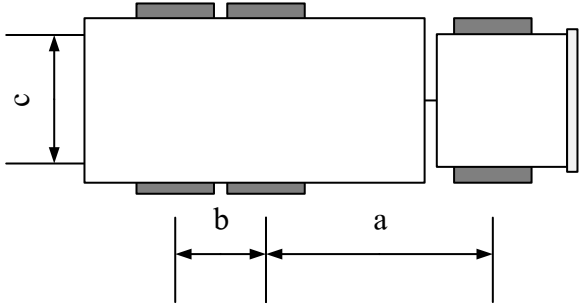
รูปที่ 6.7-3 ภาพการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดสะพานช่วงที่ 3 (Span 3)

6.7.3. น้ำหนักบรรทุกทดสอบ

ในช่วงสะพานนี้ได้ใช้รถบรรทุก 10 ล้อ จำนวน 2 คัน ประกอบด้วย รถบรรทุกเปล่าน้ำหนักรวมประมาณ 10 ตัน และรถบรรทุกน้ำหนักรวมประมาณ 18 ตัน ทดสอบสะพานภายใต้สภาวะควบคุม โดยมีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 6.7-1 น้ำหนักบรรทุกทดสอบ

คันที่	1	2
ประเภท	รถบรรทุกเปล่า (81-5301)	รถบรรทุกน้ำหนัก (81-5222)
น้ำหนักรถบรรทุก (ตัน)	10.570	18.280
ระยะเพลลาที่ 1 ถึง 2 (a, เมตร)	3.90	4.10
ระยะเพลลาที่ 2 ถึง 3 (b, เมตร)	1.30	1.30
ความกว้างฐานล้อ (c, เมตร)	1.90	1.90



รูปที่ 6.7-4 รถบรรทุกทดสอบ

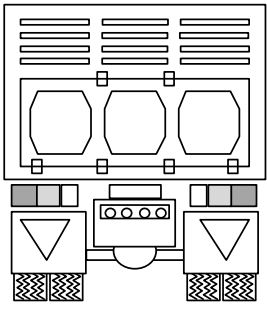
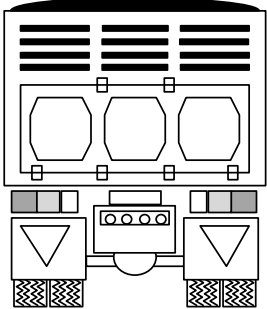


6.7.4. รูปแบบการทดสอบแบบสถิต

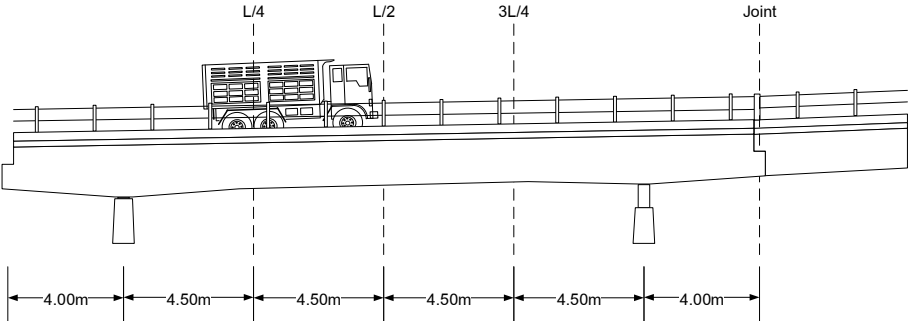
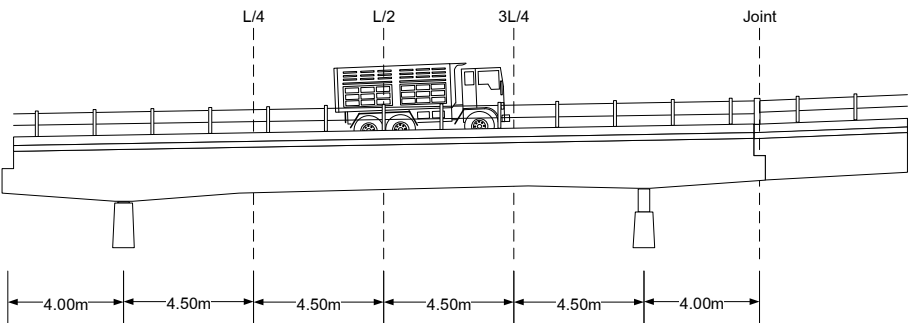
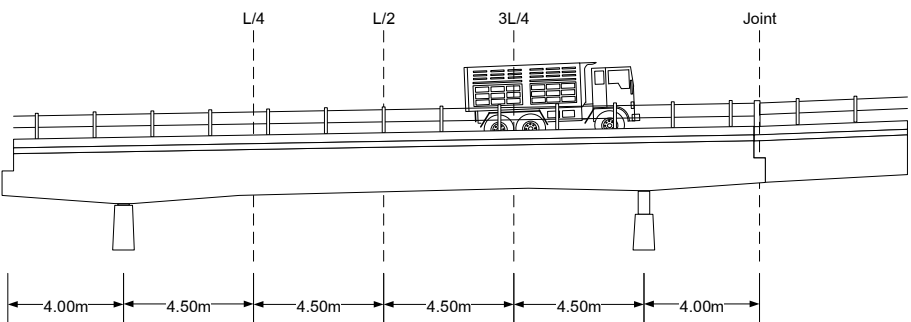
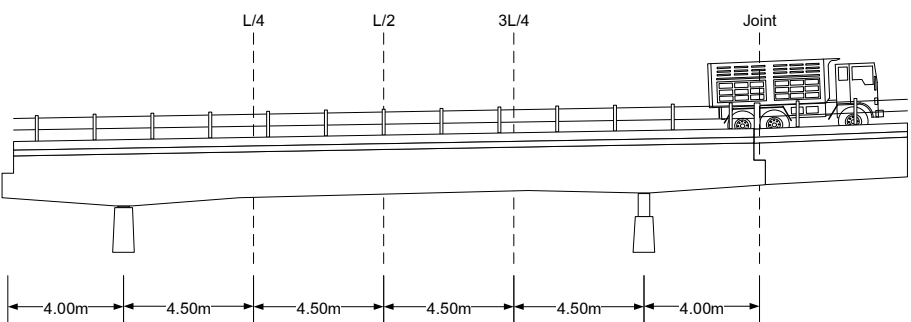
การทดสอบแบบสถิต (Static Test) ประกอบด้วย การทดสอบด้วยรถบรรทุกเปล่าและรถบรรทุกน้ำหนัก หลายรูปแบบโดยมีรายละเอียดดังนี้

- Static 1-1 : ทดสอบด้วยรถบรรทุกเปล่า จอดตามตำแหน่ง L/4, L/2, 3L/4 ของความยาวช่วงระหว่างตอม่อ และ Joint ในช่องจราจรทางซ้าย
- Static 1-2 : ทดสอบด้วยรถบรรทุกเปล่า จอดตามตำแหน่ง L/4, L/2, 3L/4 ของความยาวช่วงระหว่างตอม่อ และ Joint ในช่องจราจรทางขวา
- Static 1-3 : ทดสอบด้วยรถบรรทุกเปล่า จอดตามตำแหน่ง L/4, L/2, 3L/4 ของความยาวช่วงระหว่างตอม่อ และ Joint ที่กึ่งกลางสะพาน
- Static 2-1 : ทดสอบด้วยรถบรรทุกน้ำหนัก จอดตามตำแหน่ง L/4, L/2, 3L/4 ของความยาวช่วงระหว่างตอม่อ และ Joint ในช่องจราจรทางซ้าย
- Static 2-2 : ทดสอบด้วยรถบรรทุกน้ำหนัก จอดตามตำแหน่ง L/4, L/2, 3L/4 ของความยาวช่วงระหว่างตอม่อ และ Joint ในช่องจราจรทางขวา
- Static 2-3 : ทดสอบด้วยรถบรรทุกน้ำหนัก จอดตามตำแหน่ง L/4, L/2, 3L/4 ของความยาวช่วงระหว่างตอม่อ และ Joint ที่กึ่งกลางสะพาน

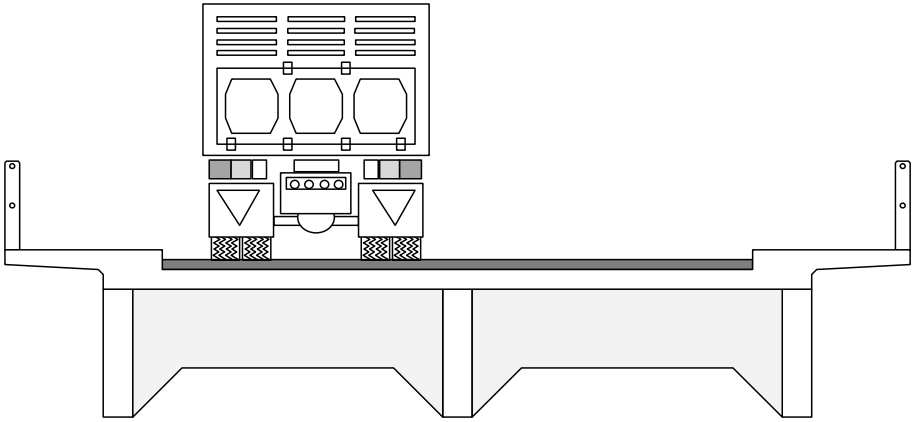
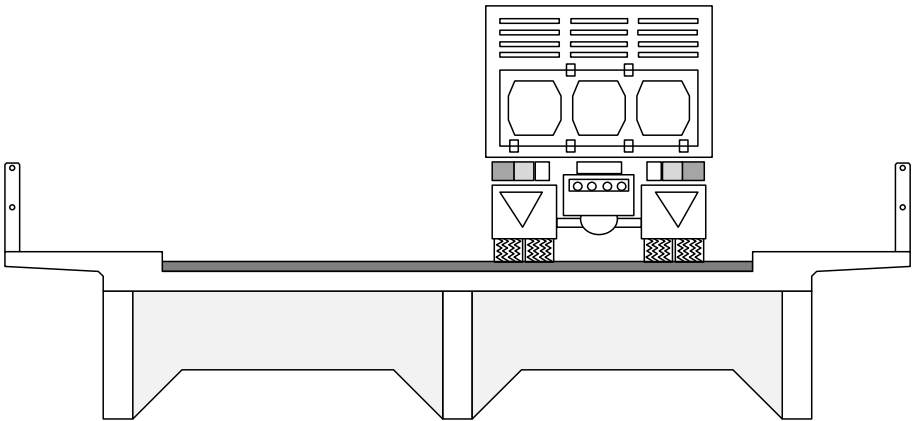
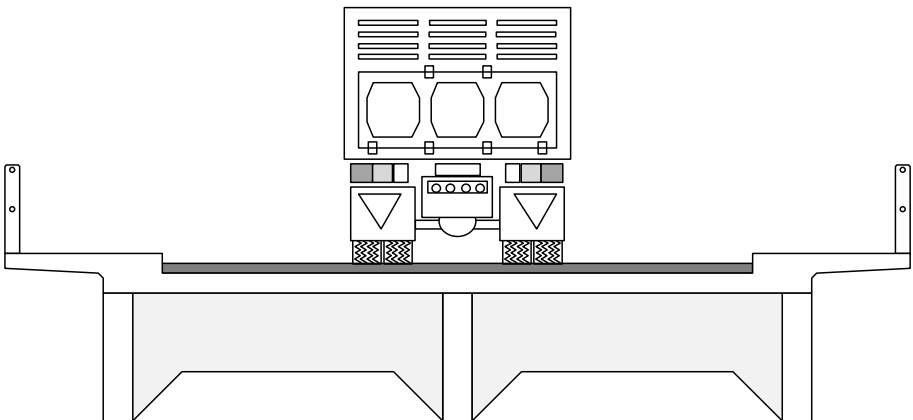
ตารางที่ 6.7-2 สัญลักษณ์รถบรรทุกทดสอบ

รถบรรทุก	สัญลักษณ์
รถบรรทุกเปล่า	
รถบรรทุกน้ำหนัก	

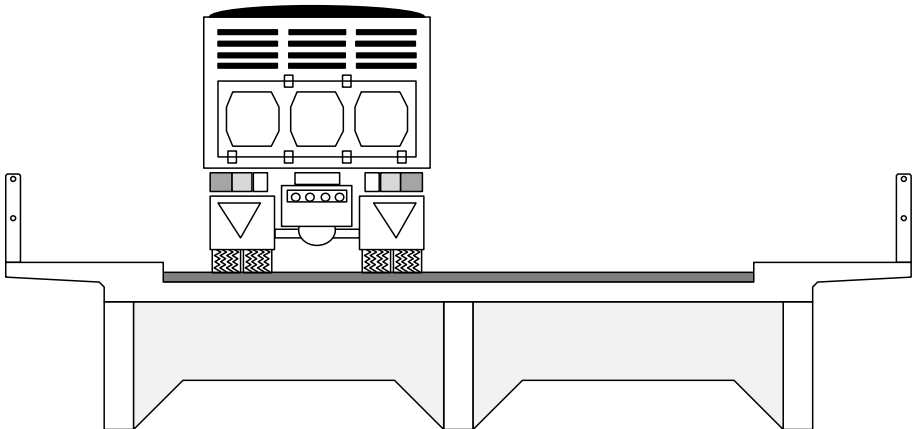
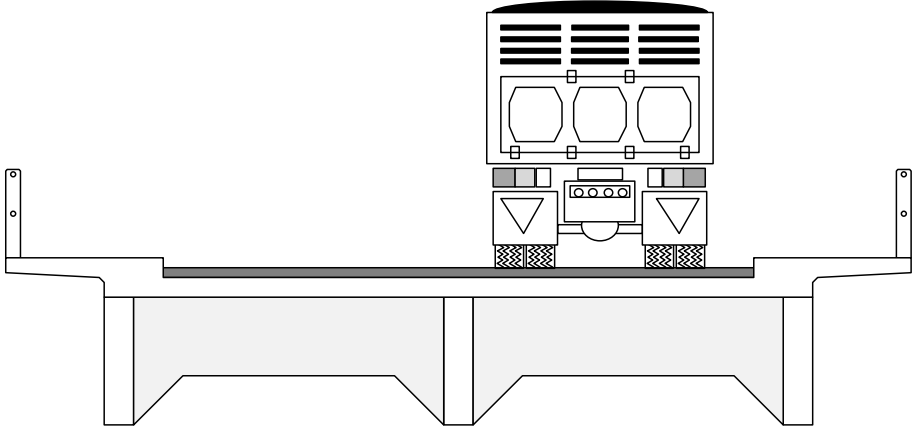
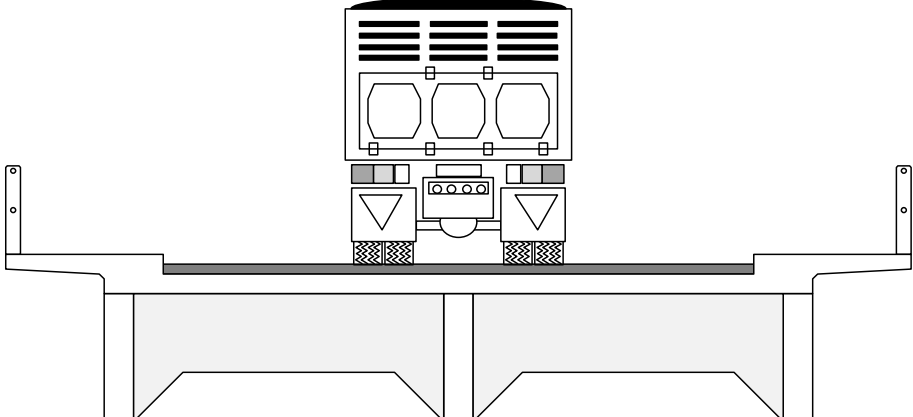
ตารางที่ 6.7-3 ระยะจอตรถบรรทุกตามตำแหน่ง L/4, L/2, 3L/4 และ Joint

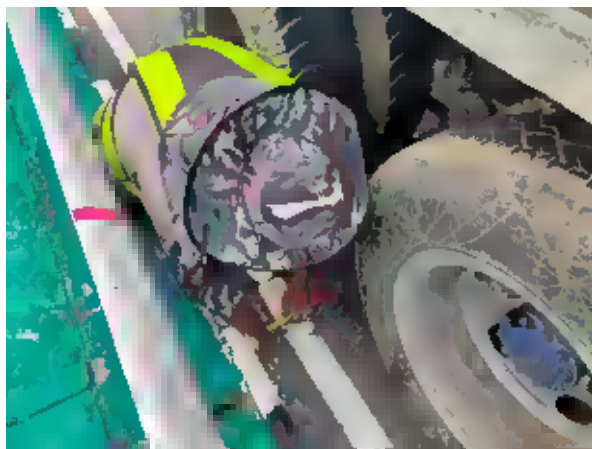
ระยะ	ตำแหน่งจอตรถบรรทุก
L/4	
L/2	
3L/4	
Joint	

ตารางที่ 6.7-4 รูปแบบการทดสอบแบบสถิต ด้วยรถบรรทุกเพล่า

Case	Pattern
Static 1-1	
Static 1-2	
Static 1-3	

ตารางที่ 6.7-5 รูปแบบการทดสอบแบบสถิต ด้วยรถบรรทุกน้ำหนัก

Case	Pattern
Static 2-1	
Static 2-2	
Static 2-3	



รูปที่ 6.7-5 ภาพการทดสอบแบบสถิต

6.7.5. ผลการตรวจวัดพฤติกรรมสะพานแบบสถิต

ตารางที่ 6.7-6 ผลการตรวจวัดพฤติกรรมสะพานแบบสถิต ด้วยรถบรรทุกเปล่า

Time (s)	Static 1-1				Static 1-2				Static 1-3			
	L/4	L/2	3L/4	Joint	L/4	L/2	3L/4	Joint	L/4	L/2	3L/4	Joint
DT-01	-0.849	-0.844	-0.427	0.308	-0.365	-0.365	-0.173	0.156	-0.628	-0.597	-0.269	0.218
DT-02	-1.138	-1.387	-0.734	0.587	-0.521	-0.558	-0.279	0.286	-0.896	-0.944	-0.474	0.359
DT-03	-0.728	-1.029	-0.687	0.514	-0.361	-0.414	-0.230	0.230	-0.597	-0.689	-0.391	0.335
DT-04	-0.381	-0.392	-0.194	0.190	-0.951	-0.920	-0.423	0.371	-0.655	-0.682	-0.315	0.283
DT-05	-0.474	-0.527	-0.267	0.331	-1.178	-1.332	-0.642	0.641	-0.822	-0.956	-0.474	0.472
DT-06	-0.315	-0.384	-0.236	0.226	-0.703	-0.927	-0.580	0.491	-0.507	-0.649	-0.400	0.373
DT-07	0.496	0.719	0.446	-0.790	0.233	0.289	0.147	-0.267	0.430	0.538	0.293	-0.444
DT-08	0.217	0.280	0.156	-0.254	0.468	0.628	0.329	-0.760	0.375	0.522	0.307	-0.463
SGC-01	7.308	6.196	2.692	-0.500	3.581	3.038	0.819	-1.081	6.215	4.244	2.003	-0.569
SGC-02	49.708	37.578	16.098	-11.982	53.088	28.478	8.526	-9.236	58.147	20.307	0.375	-17.603
SGC-03	3.928	4.855	3.751	1.419	7.750	4.646	1.437	-2.027	4.736	2.540	2.315	-0.702
SGC-04	3.573	4.273	4.144	-0.269	1.052	0.498	1.073	-0.425	2.426	2.553	2.784	-0.444
SGC-05	31.900	43.080	18.190	-10.470	30.936	38.696	12.906	-12.504	35.758	45.578	14.898	-11.342
SGC-06	18.574	22.534	13.294	-11.086	56.631	72.031	32.801	-22.479	36.276	45.036	23.656	-17.674
SGC-07	2.258	2.606	1.823	-0.083	1.954	1.892	1.131	0.906	2.248	1.035	1.021	-0.363
SGC-08	0.377	0.121	2.036	2.250	-0.821	-1.488	0.227	1.098	-0.579	-0.373	0.821	1.404
SGC-09	7.042	10.783	8.792	-7.706	15.703	27.623	22.723	-23.408	12.359	18.979	15.059	-15.831
SGC-10	3.031	5.236	4.525	-0.573	1.194	2.048	0.019	-1.638	1.571	-0.640	1.577	-1.819
SGC-11	121.032	147.212	51.822	-24.018	48.500	46.110	20.390	-12.880	91.672	89.222	34.032	-16.038
SGC-12	3.898	5.552	2.248	-2.800	0.510	0.756	-0.725	-1.727	2.385	3.475	1.106	-1.827
SGC-13	-1.187	-0.223	1.459	0.490	-1.108	-1.431	-0.163	0.412	-0.852	-0.146	1.281	0.810
SGC-14	-1.183	-0.844	-0.290	1.038	-2.225	-3.017	-1.132	0.179	-1.655	-1.476	0.500	1.259
SGC-15	-1.021	-0.358	0.446	0.681	-1.959	-2.007	-0.959	0.125	-0.839	-0.823	0.871	1.232
SGC-16	0.704	1.583	0.994	-0.283	0.040	0.583	-0.248	-1.103	0.960	2.023	0.885	-0.040
SGC-17	40.957	66.787	14.527	0.629	6.267	5.407	5.769	0.923	41.152	51.862	14.532	-0.121
SGC-18	-0.592	-0.115	0.460	0.425	-0.473	-0.473	-0.231	0.454	-0.575	-0.223	0.440	0.510
SGC-19	0.587	0.552	2.823	0.675	27.905	44.265	8.152	0.652	13.708	22.908	6.583	-1.140
SGC-20	3.052	28.441	40.921	-1.204	2.617	5.248	5.230	-0.901	7.960	26.545	28.305	-1.761
SGC-21	1.765	4.919	5.881	-0.948	7.100	26.799	37.909	-1.202	7.625	26.242	30.272	-1.901



ตารางที่ 6.5-6 ผลการตรวจวัดพฤติกรรมสะพานแบบสถิต ด้วยรถบรรทุกเปล่า (ต่อ)

Time (s)	Static 1-1				Static 1-2				Static 1-3			
	L/4	L/2	3L/4	Joint	L/4	L/2	3L/4	Joint	L/4	L/2	3L/4	Joint
SGS-01	44.825	30.775	12.385	-5.800	17.840	15.390	5.790	-4.967	31.725	23.855	9.373	-4.321
SGS-02	35.520	25.650	10.880	-5.648	40.365	24.025	7.196	-7.816	44.071	24.961	8.313	-6.256
SGS-03	19.511	17.841	8.771	-1.352	47.023	31.263	8.748	-10.467	29.961	24.481	9.571	-7.037
SGS-04	50.561	68.401	33.911	-20.569	20.705	22.175	11.165	-11.395	38.557	43.357	21.277	-13.643
SGS-05	34.021	48.941	22.761	-13.679	34.098	45.808	16.588	-16.452	38.831	54.101	20.211	-14.059
SGS-06	13.804	17.034	10.034	-10.556	39.128	50.418	20.948	-21.042	25.811	33.101	16.091	-15.799
SGS-07	27.553	53.113	41.573	-29.257	16.072	20.392	13.092	-10.988	25.236	35.426	23.156	-17.504
SGS-08	20.284	37.984	30.924	-18.286	21.789	37.039	27.809	-19.721	23.608	42.188	31.568	-18.452
SGS-09	9.821	15.441	12.271	-11.889	21.383	39.153	32.703	-32.788	17.205	27.965	22.485	-21.235
SGS-10	17.408	27.588	8.353	1.663	1.983	2.437	2.531	0.379	11.617	15.517	7.640	0.661
SGS-11	26.941	40.281	13.431	-1.846	21.289	24.289	8.523	-1.723	38.123	50.833	16.153	-3.012
SGS-12	26.959	37.729	14.429	-2.054	32.448	43.588	13.738	-3.853	47.041	65.251	21.061	-3.987
SGS-13	0.983	2.217	3.833	0.981	16.034	24.214	5.004	-0.777	8.062	12.529	6.008	0.338
SGS-14	0.681	-4.798	0.802	-4.715	3.835	3.169	3.321	7.652	-1.741	-0.200	-4.539	-3.039
SGS-15	6.579	24.538	26.688	-4.155	8.590	17.055	17.225	-5.419	14.813	32.363	32.353	-5.908
SGS-16	2.558	13.009	14.159	-6.725	7.690	19.488	19.388	-6.329	11.000	27.840	27.870	-7.189
SGS-17	1.156	0.906	0.590	2.208	4.258	17.234	23.154	1.687	3.161	8.198	8.448	1.140
SGS-18	0.760	7.406	0.431	0.831	-1.398	-1.057	-0.961	-0.640	4.675	4.300	1.179	0.752
SGS-19	0.271	7.636	0.798	1.042	-1.646	-0.758	-0.390	-0.713	4.494	4.846	1.696	0.840
SGS-20	2.790	3.853	2.311	0.594	-4.329	-6.552	-2.752	-0.921	0.838	0.615	1.652	2.000
SGS-21	3.608	4.950	3.252	1.119	-4.323	-6.342	-2.685	-0.323	-0.008	0.108	1.794	1.894
SGS-22	-1.902	0.629	2.279	-0.029	4.056	8.790	-0.642	-0.779	2.417	5.073	1.408	-0.194
SGS-23	-2.515	1.396	3.464	0.452	3.377	8.941	-0.048	-0.652	1.398	5.111	2.417	-0.219
SGS-24	-0.146	-2.333	-0.469	2.085	6.627	8.669	1.348	0.644	0.210	-0.667	-0.179	0.604
SGS-25	-0.100	-2.615	-0.594	1.848	7.356	9.160	1.625	0.935	0.119	-0.492	-0.283	0.663

ตารางที่ 6.7-7 ผลการตรวจวัดพฤติกรรมสะพานแบบสถิต ด้วยรถบรรทุกน้ำหนัก

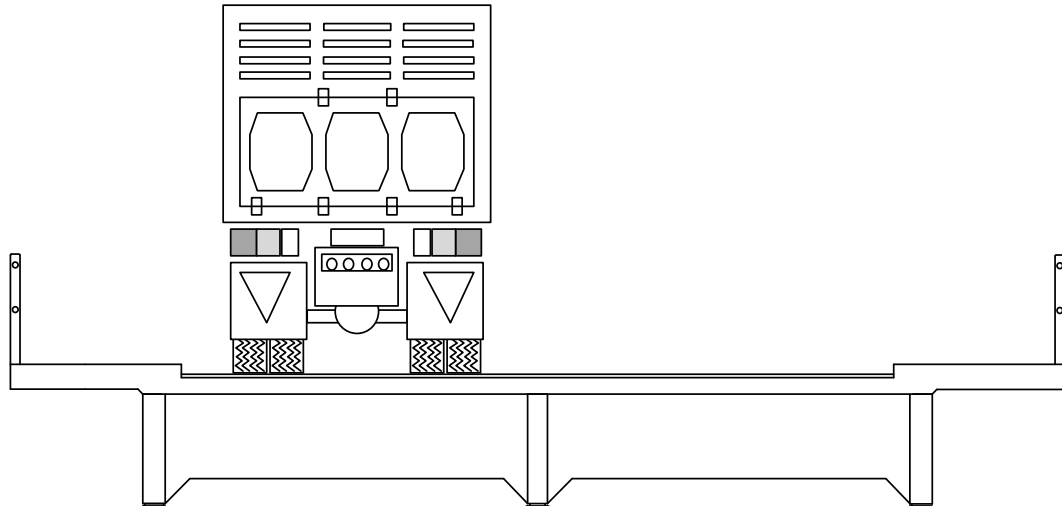
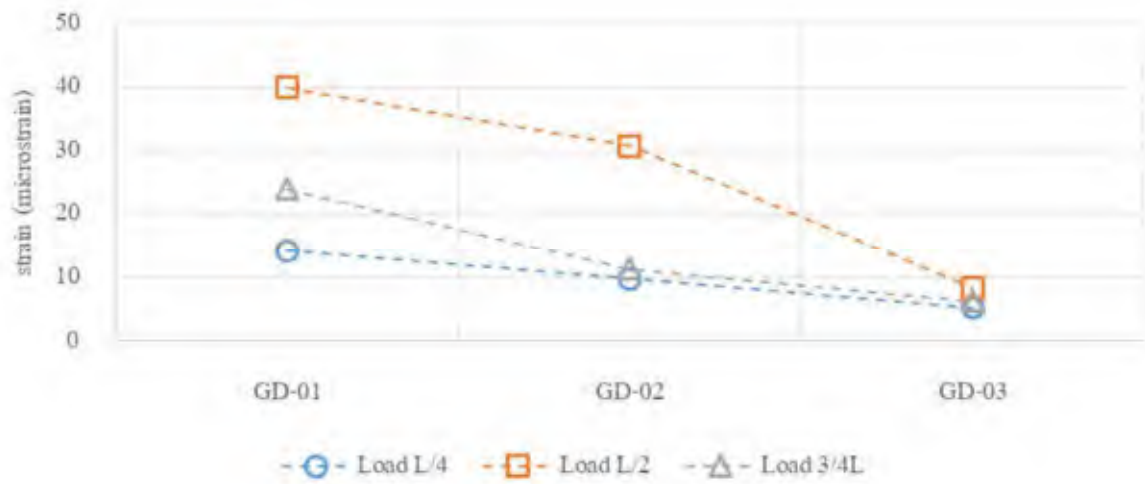
Time (s)	Static 2-1				Static 2-2				Static 2-3			
	L/4	L/2	3L/4	Joint	L/4	L/2	3L/4	Joint	L/4	L/2	3L/4	Joint
DT-01	-1.460	-1.526	-0.775	0.491	-0.651	-0.704	-0.349	0.264	-1.031	-1.107	-0.552	0.373
DT-02	-1.952	-2.438	-1.384	0.914	-0.927	-1.088	-0.595	0.470	-1.413	-1.700	-0.935	0.675
DT-03	-1.261	-1.728	-1.214	0.831	-0.639	-0.795	-0.477	0.387	-0.956	-1.256	-0.816	0.590
DT-04	-0.717	-0.774	-0.409	0.325	-1.608	-1.642	-0.804	0.578	-1.138	-1.169	-0.588	0.454
DT-05	-0.862	-1.020	-0.555	0.520	-1.948	-2.333	-1.220	0.980	-1.409	-1.638	-0.886	0.737
DT-06	-0.541	-0.717	-0.456	0.381	-1.166	-1.589	-1.055	0.820	-0.878	-1.137	-0.729	0.581
DT-07	0.871	1.227	0.827	-1.245	0.474	0.617	0.393	-0.375	0.648	0.887	0.577	-0.789
DT-08	0.408	0.568	0.383	-0.401	0.765	1.118	0.654	-1.198	0.617	0.815	0.544	-0.794
SGC-01	10.006	7.596	2.829	-2.040	4.860	4.387	1.577	-2.394	7.957	8.063	3.032	-1.573
SGC-02	77.883	54.693	11.963	-22.247	85.118	36.248	3.348	-31.303	93.693	55.143	16.133	-13.267
SGC-03	5.646	4.956	2.964	-0.815	10.742	8.092	3.171	-2.798	8.581	7.125	2.958	-0.800
SGC-04	1.450	2.025	2.204	-5.346	0.600	1.714	0.563	-2.842	3.108	4.417	3.181	-1.821
SGC-05	49.927	72.417	29.547	-18.243	47.575	69.345	23.895	-21.295	52.946	79.826	28.166	-18.684
SGC-06	35.473	43.953	27.543	-18.227	88.620	119.290	58.270	-36.330	62.033	77.733	45.013	-26.347
SGC-07	2.523	1.700	0.721	-2.663	1.325	1.350	0.546	-0.704	1.771	2.190	1.065	-0.600
SGC-08	-3.369	-3.773	-1.377	-0.381	-2.940	-1.948	-3.223	-1.677	-0.948	-1.092	-0.944	0.590
SGC-09	13.112	20.862	15.492	-15.398	23.600	46.740	38.270	-40.640	20.491	33.431	25.871	-25.929
SGC-10	7.184	9.530	4.126	-0.837	0.429	5.819	3.306	1.998	6.511	7.548	6.073	-0.346
SGC-11	209.219	270.059	93.269	-39.541	92.395	95.955	44.115	-19.735	153.184	172.514	66.014	-30.056
SGC-12	4.542	5.811	2.217	-5.425	0.146	2.025	-0.285	-4.648	2.671	5.700	3.150	-3.348
SGC-13	-3.073	-3.790	-0.123	-2.440	-2.407	-1.238	-0.456	-1.617	-0.696	0.313	1.894	0.498
SGC-14	-2.087	-2.146	-1.073	-0.254	-3.367	-4.240	-1.180	-0.215	-1.502	-1.321	0.306	1.290
SGC-15	-1.460	-1.225	-0.356	-0.254	-2.567	-2.773	-0.807	-0.732	-0.648	-0.213	0.930	0.713
SGC-16	1.360	2.414	1.096	-1.936	1.194	2.737	0.548	-1.848	2.212	4.129	1.946	-0.654
SGC-17	65.122	128.892	23.832	-3.833	15.298	18.828	12.588	-1.223	61.930	104.980	28.070	-1.975
SGC-18	-0.537	-1.190	-0.615	-0.950	-0.915	-0.138	-0.390	-1.205	0.406	1.615	1.619	0.806
SGC-19	2.169	2.190	4.365	-1.368	44.271	84.891	15.881	-0.861	26.637	43.297	13.477	-1.333
SGC-20	5.648	41.234	74.524	-5.909	4.798	12.107	8.523	-5.052	12.327	43.077	60.347	-5.977
SGC-21	2.168	8.920	8.050	-5.605	10.280	46.827	75.227	-5.900	12.673	40.943	53.323	-5.938



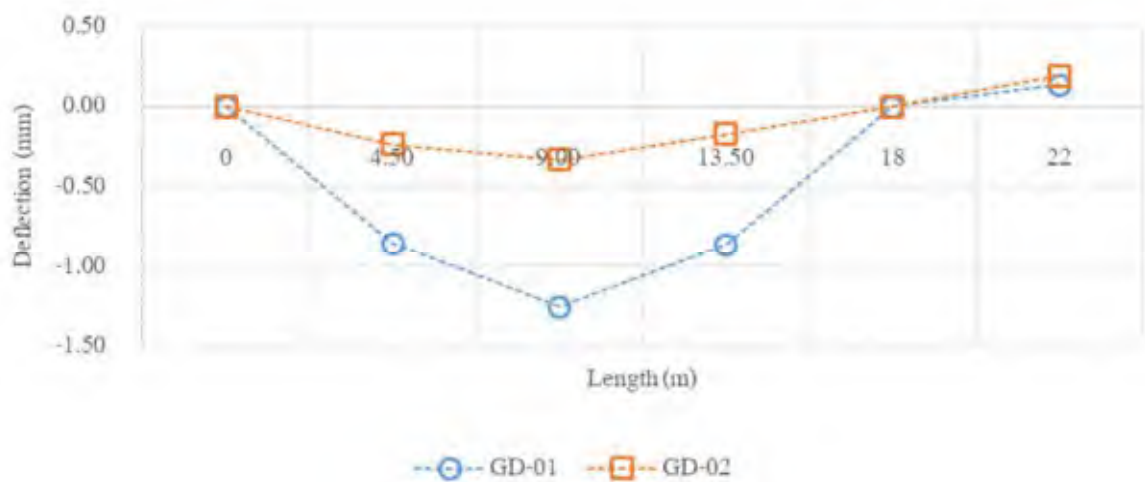
ตารางที่ 6.5-7 ผลการตรวจวัดพฤติกรรมสะพานแบบสถิต ด้วยรถบรรทุกน้ำหนัก (ต่อ)

Time (s)	Static 2-1				Static 2-2				Static 2-3			
	L/4	L/2	3L/4	Joint	L/4	L/2	3L/4	Joint	L/4	L/2	3L/4	Joint
SGS-01	77.036	57.486	21.676	-10.864	32.340	30.470	12.050	-8.194	52.542	45.032	17.662	-9.083
SGS-02	64.590	45.620	17.220	-13.000	71.327	46.357	16.087	-12.333	76.269	48.899	17.019	-11.361
SGS-03	34.965	29.585	14.715	-9.529	79.315	56.025	15.825	-17.835	55.930	46.150	17.540	-11.700
SGS-04	79.862	111.362	55.932	-37.588	37.044	44.584	23.654	-19.216	58.990	76.060	40.330	-26.830
SGS-05	57.308	85.678	40.988	-25.092	55.410	84.850	33.660	-27.360	61.250	95.790	40.810	-24.980
SGS-06	26.816	32.976	19.756	-17.134	62.435	86.275	39.975	-33.005	44.591	56.981	31.321	-24.069
SGS-07	46.233	83.553	72.093	-51.497	28.418	39.098	25.888	-21.153	40.637	62.017	46.397	-35.173
SGS-08	34.650	64.750	55.170	-33.190	36.159	65.069	51.179	-34.121	39.386	71.366	61.286	-33.594
SGS-09	16.317	28.227	21.447	-23.773	33.765	65.585	58.095	-53.065	28.932	47.532	39.852	-35.518
SGS-10	27.948	53.768	13.628	-1.131	2.804	6.681	4.202	-2.177	18.425	29.535	14.735	-0.844
SGS-11	46.107	74.817	24.427	-5.738	36.189	51.279	18.559	-4.725	61.625	95.835	33.775	-5.958
SGS-12	48.181	72.611	26.831	-7.804	53.864	86.544	28.494	-7.427	75.100	117.470	43.270	-7.966
SGS-13	3.486	4.411	5.356	-1.029	25.498	46.578	10.318	-2.496	17.860	25.070	12.630	0.221
SGS-14	-8.607	-0.350	-0.142	-1.746	0.440	-3.364	-2.700	-5.960	4.923	4.154	6.017	3.106
SGS-15	10.217	37.007	46.547	-13.293	13.691	32.461	32.571	-13.629	22.237	52.007	61.677	-14.653
SGS-16	7.413	25.012	29.492	-11.428	10.086	34.616	37.776	-15.784	17.601	44.021	51.311	-15.469
SGS-17	2.338	2.652	-1.235	0.927	6.098	27.757	38.747	-0.371	8.300	15.449	13.949	0.950
SGS-18	7.260	12.274	-1.856	-1.031	-2.425	1.336	0.106	-1.742	5.764	9.294	1.335	0.450
SGS-19	5.925	11.220	-1.227	-1.387	-2.427	1.593	1.079	-1.802	4.650	9.000	1.993	-0.183
SGS-20	3.903	11.210	2.882	-0.933	-5.577	-5.498	-1.362	-0.993	-0.204	1.841	3.058	1.833
SGS-21	3.773	11.463	4.008	-0.392	-6.358	-6.531	-2.154	-1.058	-0.425	1.400	3.402	1.892
SGS-22	-1.000	1.769	3.936	-0.983	7.102	14.301	-0.223	-2.537	6.044	10.413	3.294	0.077
SGS-23	-2.633	0.788	5.275	-1.625	6.605	15.080	1.332	-2.439	4.125	8.977	4.779	-0.290
SGS-24	0.458	-1.950	-1.944	1.360	10.682	18.352	3.775	0.508	3.550	3.341	0.529	2.400
SGS-25	0.260	-2.187	-2.329	1.131	11.221	18.631	4.075	0.450	3.964	3.862	0.017	1.944

เมื่อพิจารณาการกระจายค่าความเครียดของเหล็กตามขวางกรณีรถบรรทุกน้ำหนักสามารถแสดงผลได้ดังรูปที่ 6.7-6, รูปที่ 6.7-8 และรูปที่ 6.7-10 เมื่อพิจารณาค่าการแอ่นตัวของคานสะพานกรณีรถบรรทุกน้ำหนักสามารถแสดงผลได้ดังรูปที่ 6.7-7, รูปที่ 6.5-9 และรูปที่ 6.7-11 เมื่อพิจารณาค่าการแอ่นตัวของคานกรณีหยุดรถบรรทุกน้ำหนักที่รอยต่อสะพานช่วงยื่น แสดงได้ดังรูปที่ 6.7-12

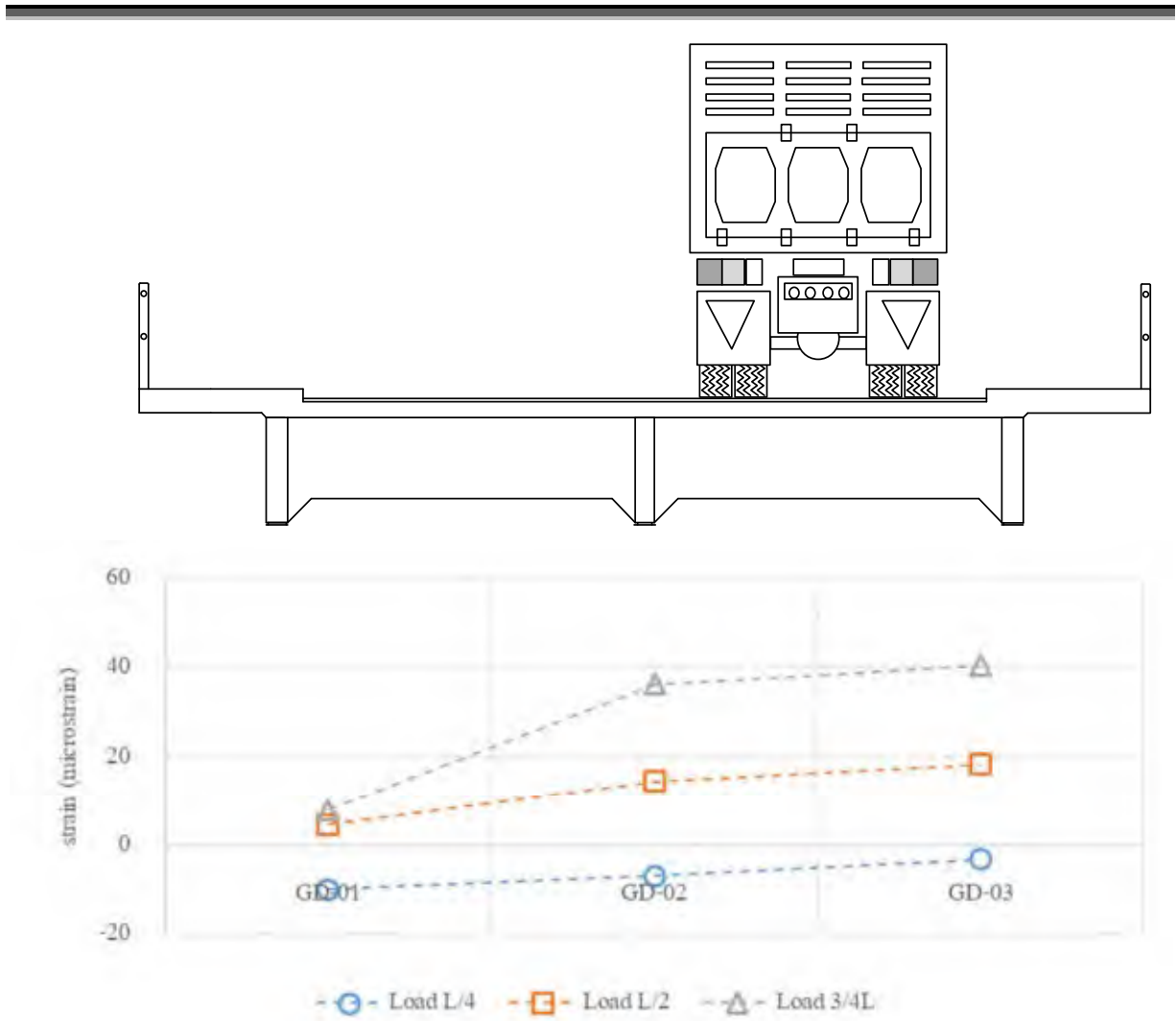


รูปที่ 6.7-6 การกระจายค่าความเครียดของเหล็กตามขวาง Static 2-1 สะพานช่วงที่ 3

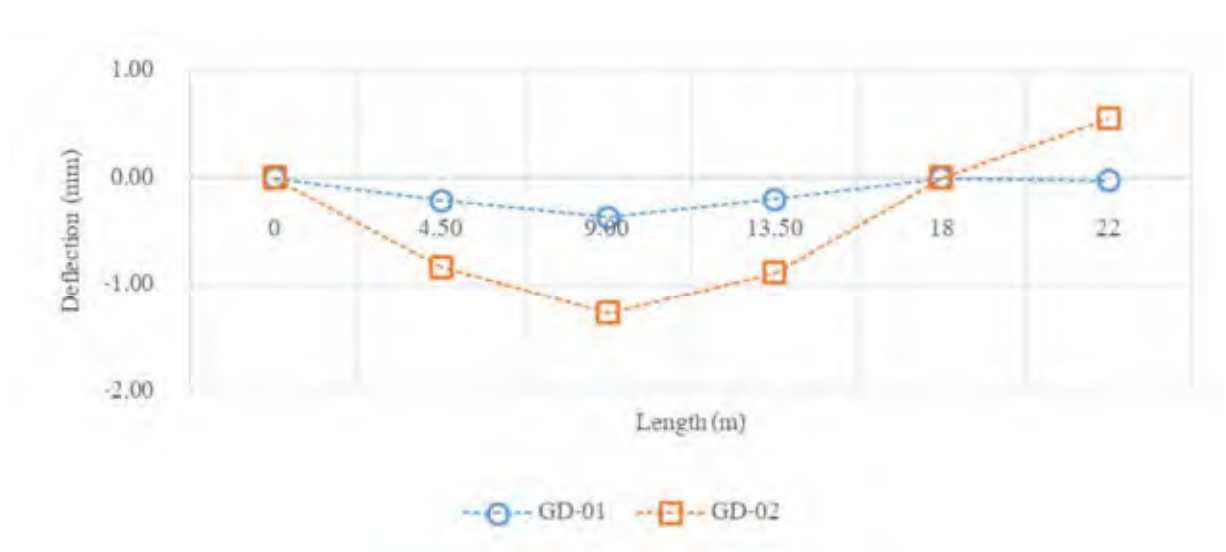


รูปที่ 6.7-7 การกระจายค่าการแอ่นตัวของคานตามยาว Static 2-1 สะพานช่วงที่ 3

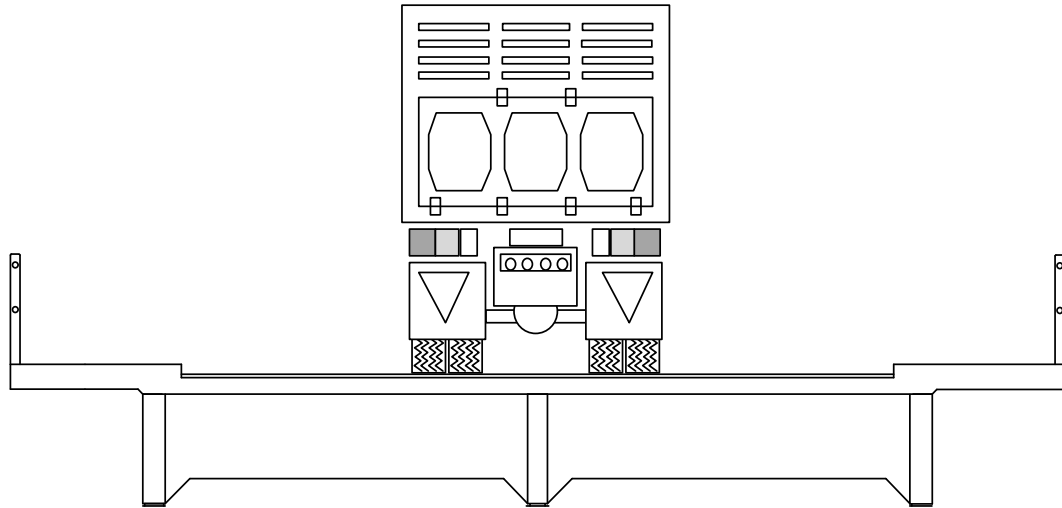
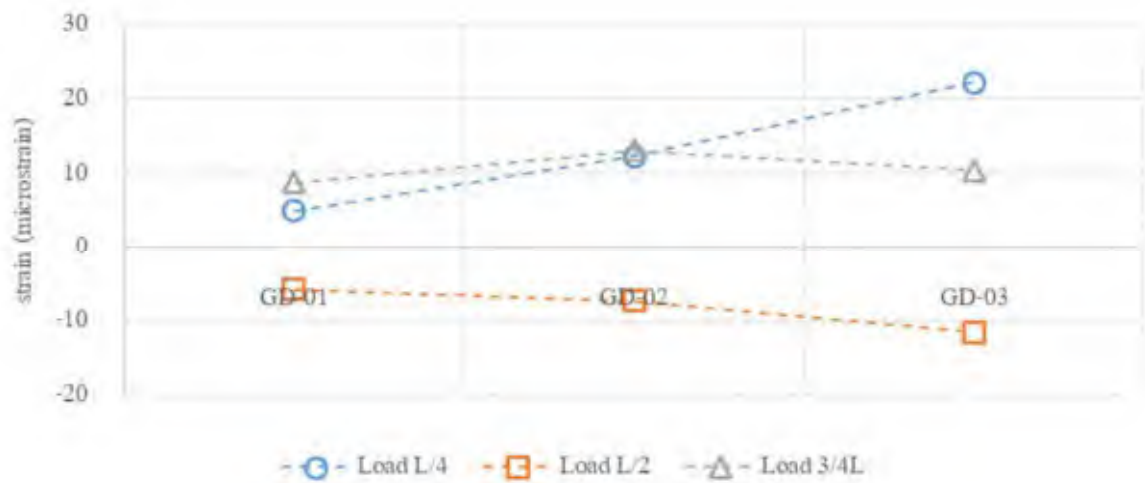




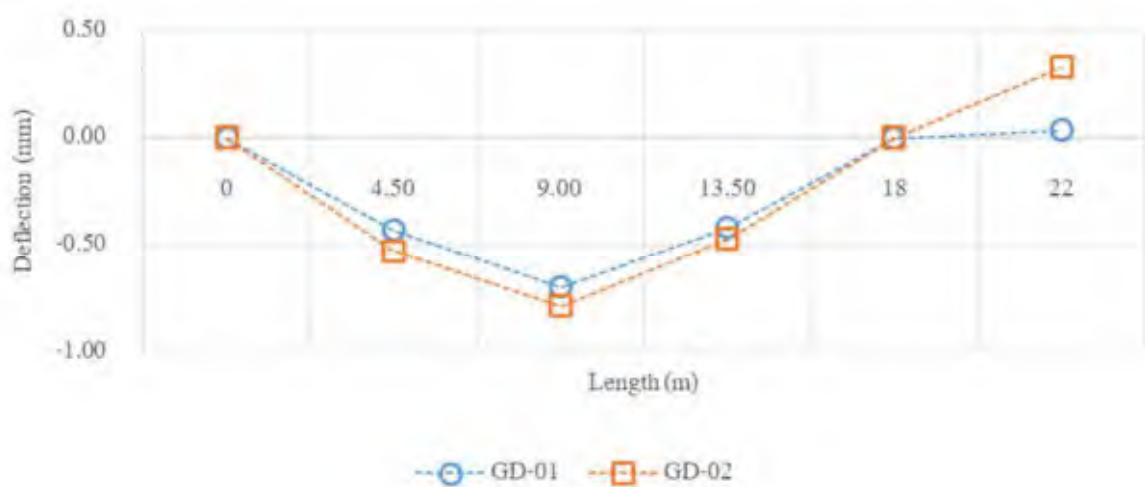
รูปที่ 6.7-8 การกระจายค่าความเครียดของเหล็กตามขวาง Static 2-2 สะพานช่วงที่ 3



รูปที่ 6.7-9 การกระจายค่าการแอ่นตัวของคานตามยาว Static 2-2 สะพานช่วงที่ 3

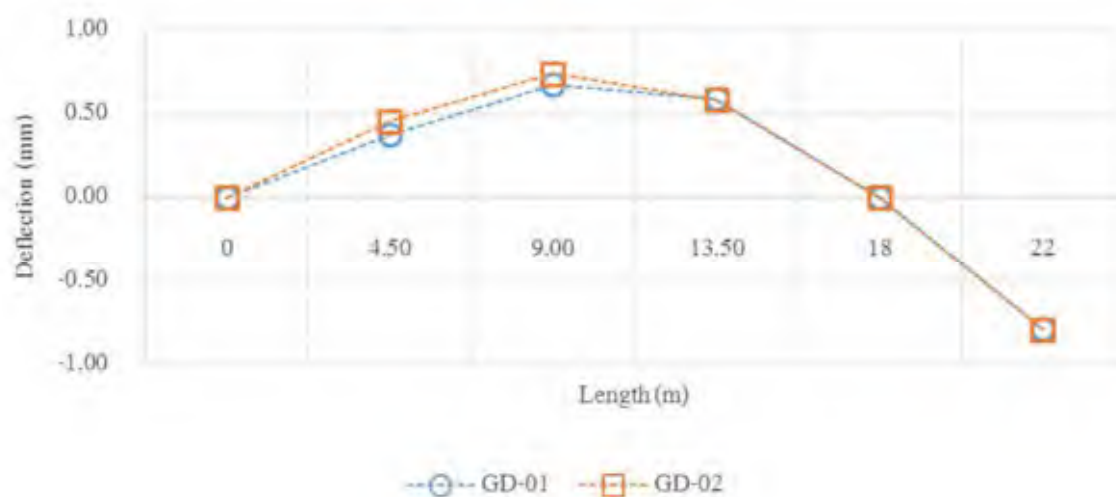


รูปที่ 6.7-10 การกระจายค่าความเครียดของเหล็กตามขวาง Static 2-3 สะพานช่วงที่ 3



รูปที่ 6.7-11 การกระจายค่าการแอ่นตัวของคานตามยาว Static 2-3 สะพานช่วงที่ 3





รูปที่ 6.7-12 การกระจายค่าการแอ่นตัวของคานตามยาว กรณีหยุดรถบรรทุกน้ำหนักที่รอยต่อ สะพานช่วงยื่น สะพานช่วงที่ 3

6.7.6. รูปแบบการทดสอบแบบพลวัต

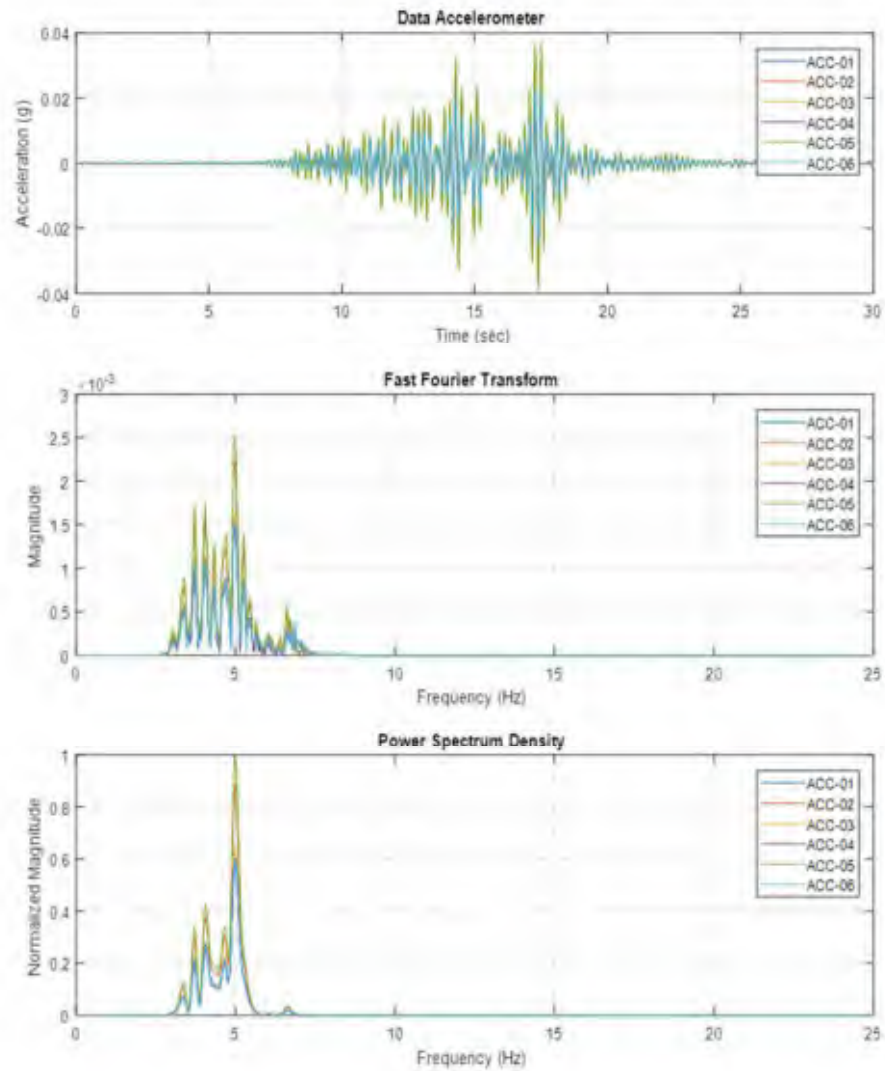
การทดสอบแบบพลวัต (Dynamic Test) เป็นการทดสอบโดยใช้รถบรรทุกน้ำหนัก หลายรูปแบบ โดยมีรายละเอียดดังนี้

- Dynamic 1 : ทดสอบด้วยรถบรรทุกน้ำหนัก วิ่งด้วยความเร็ว 20 กม./ชม. กึ่งกลางสะพาน
- Dynamic 2 : ทดสอบด้วยรถบรรทุกน้ำหนัก วิ่งด้วยความเร็ว 30 กม./ชม. กึ่งกลางสะพาน
- Dynamic 3 : ทดสอบด้วยรถบรรทุกน้ำหนัก วิ่งด้วยความเร็ว 50 กม./ชม. กึ่งกลางสะพาน

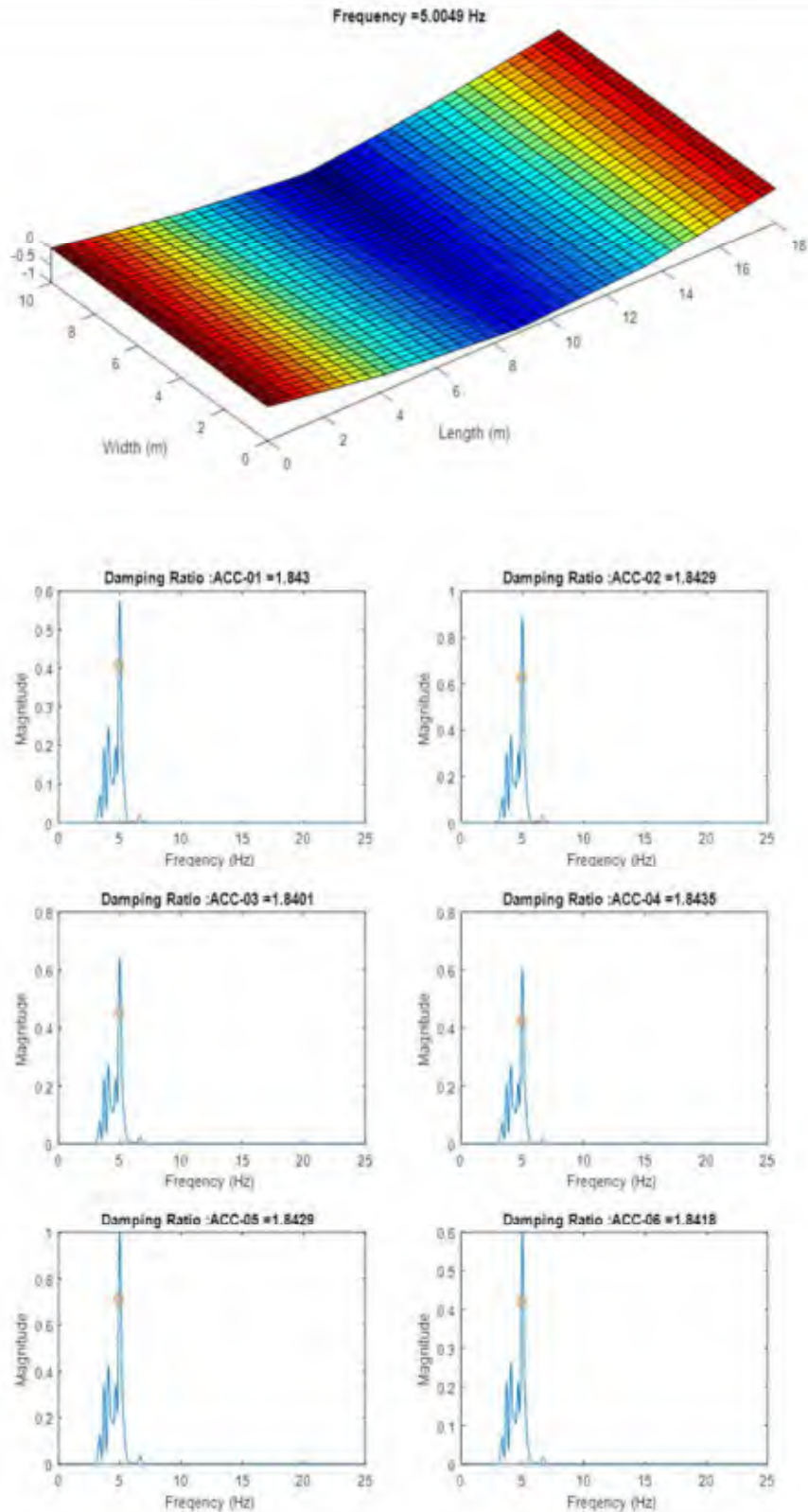


6.7.7. ผลการตรวจวัดพฤติกรรมแบบพลวัต

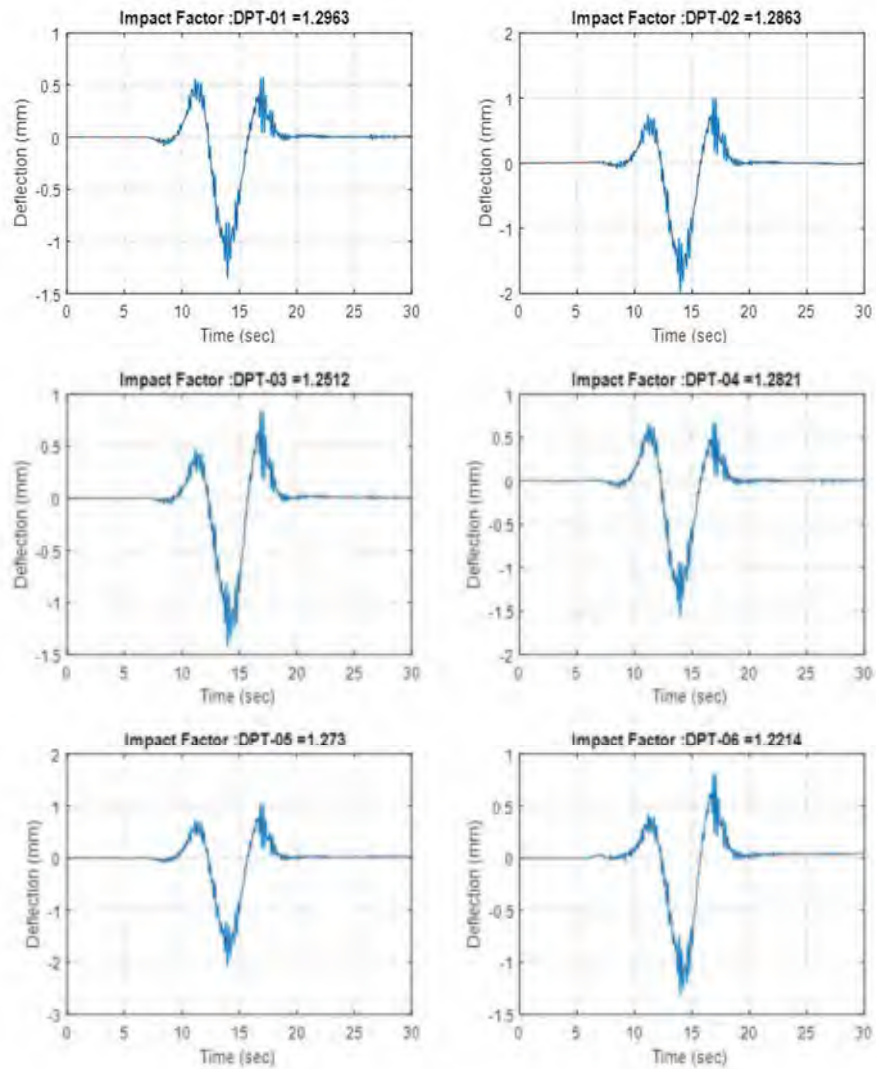
Dynamic Load Test 1 : 20 km/hr



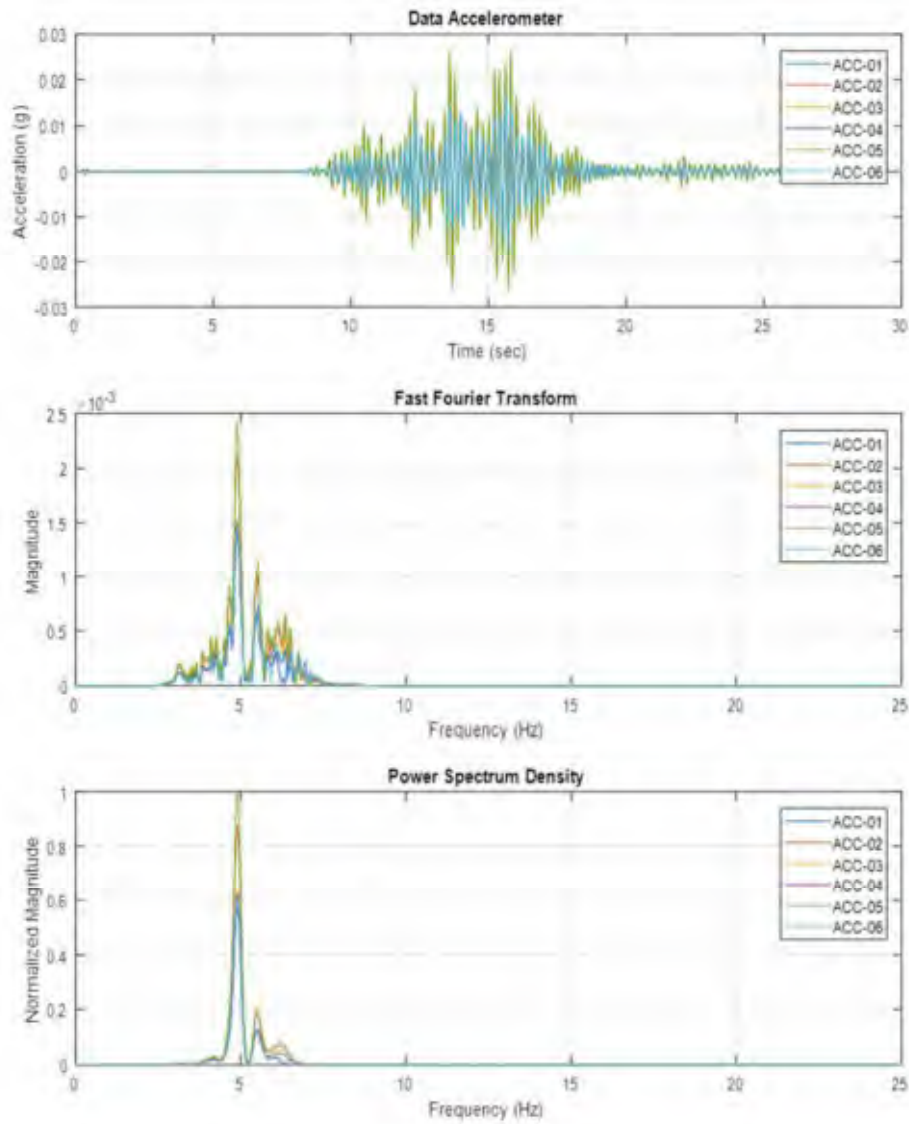
Dynamic Load Test 1 : 20 km/hr



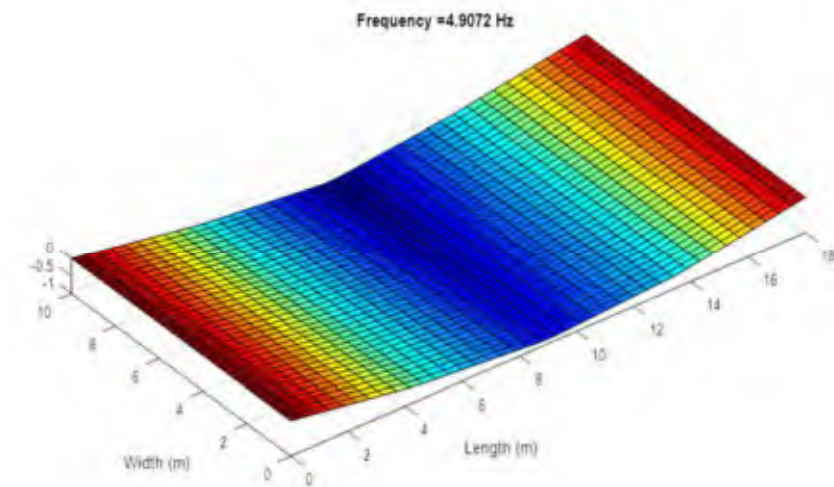
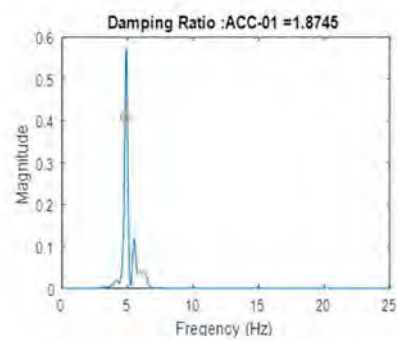
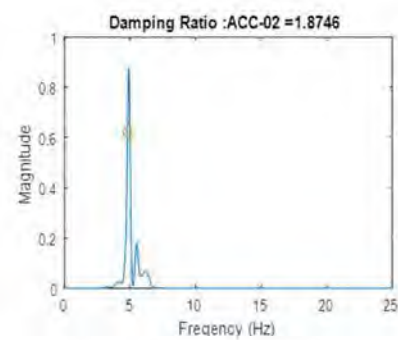
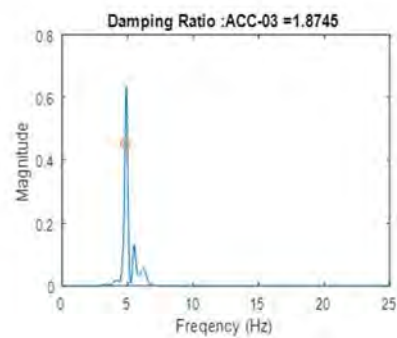
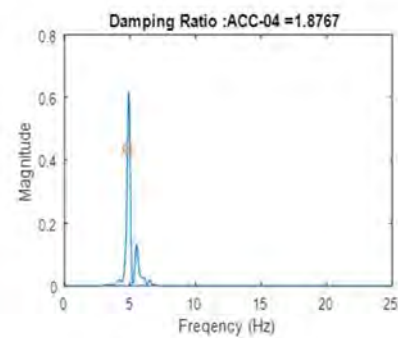
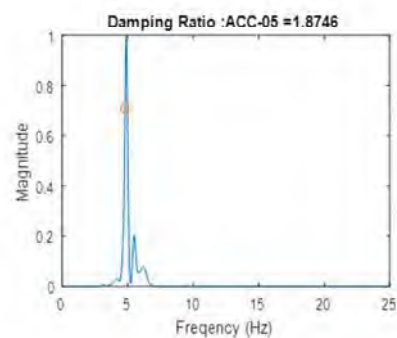
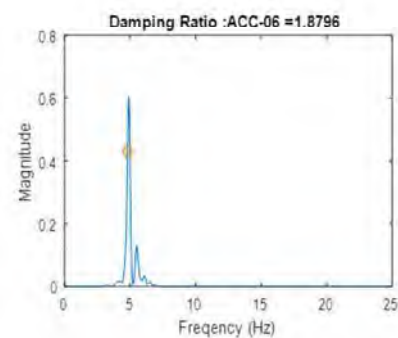
Dynamic Load Test 1 : 20 km/hr



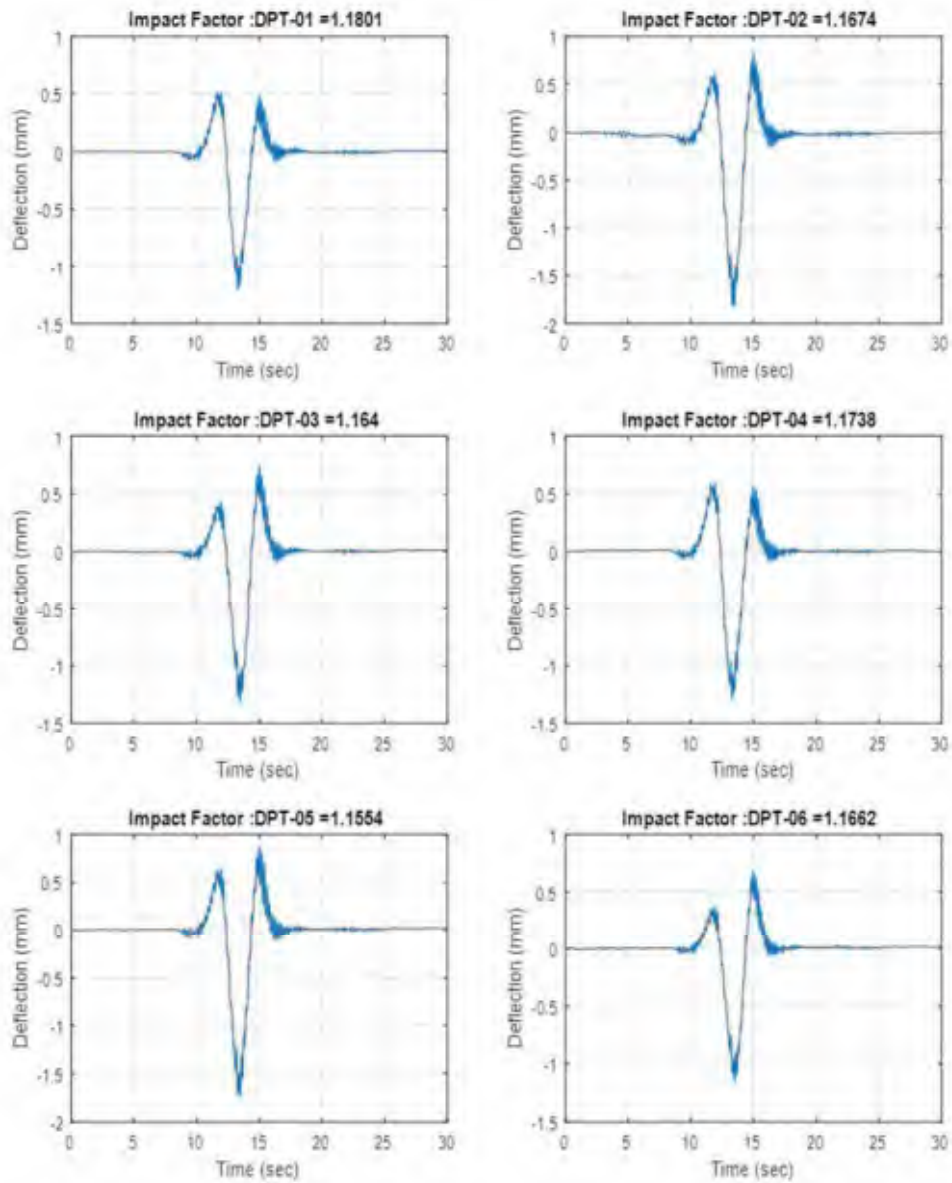
Dynamic Load Test 2 : 30 km/hr



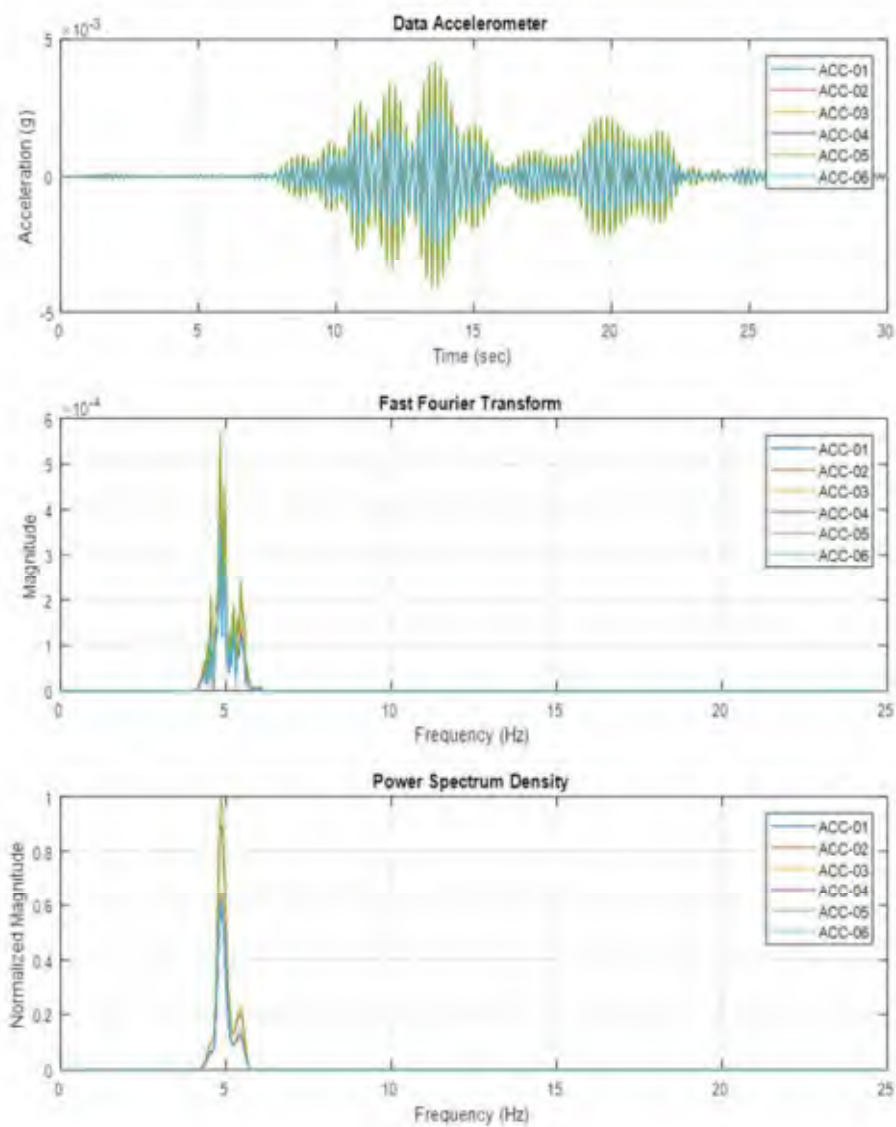
Dynamic Load Test 2 : 30 km/hr



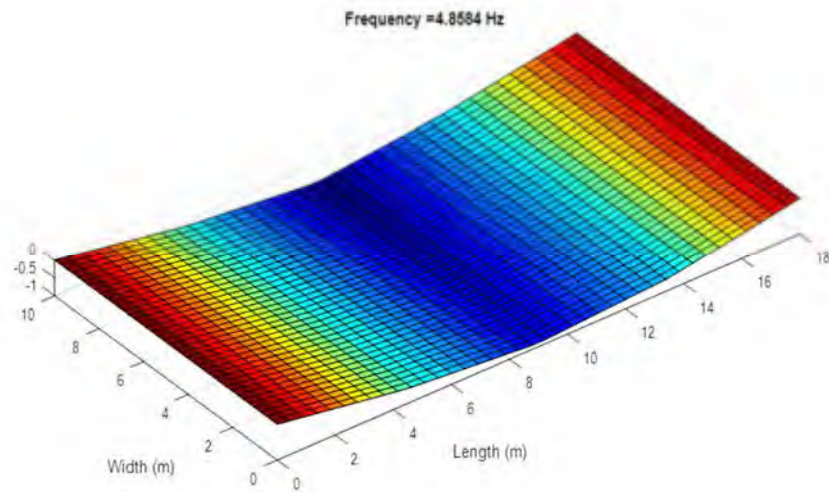
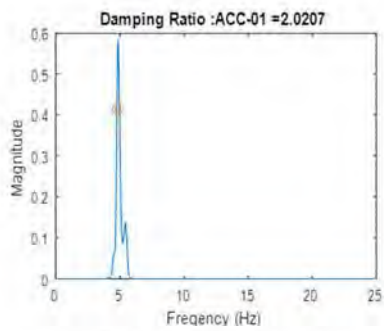
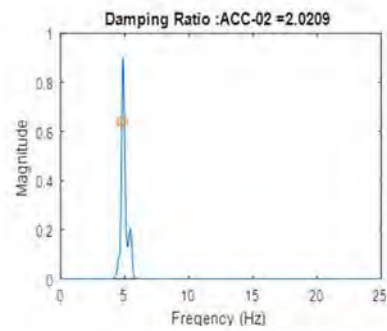
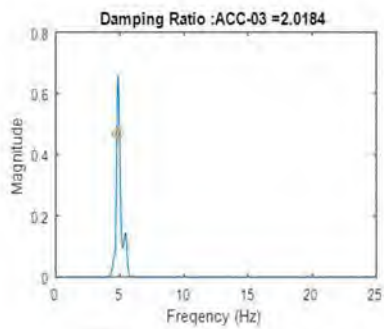
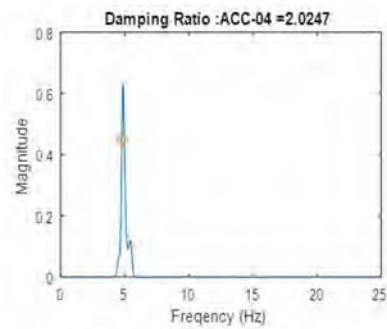
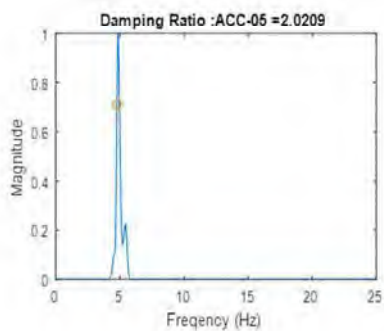
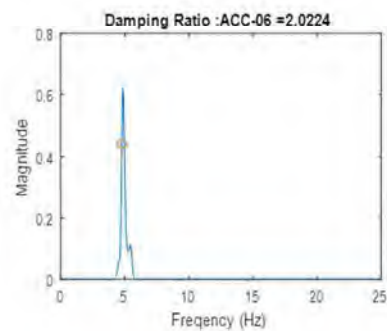
Dynamic Load Test 2 : 30 km/hr



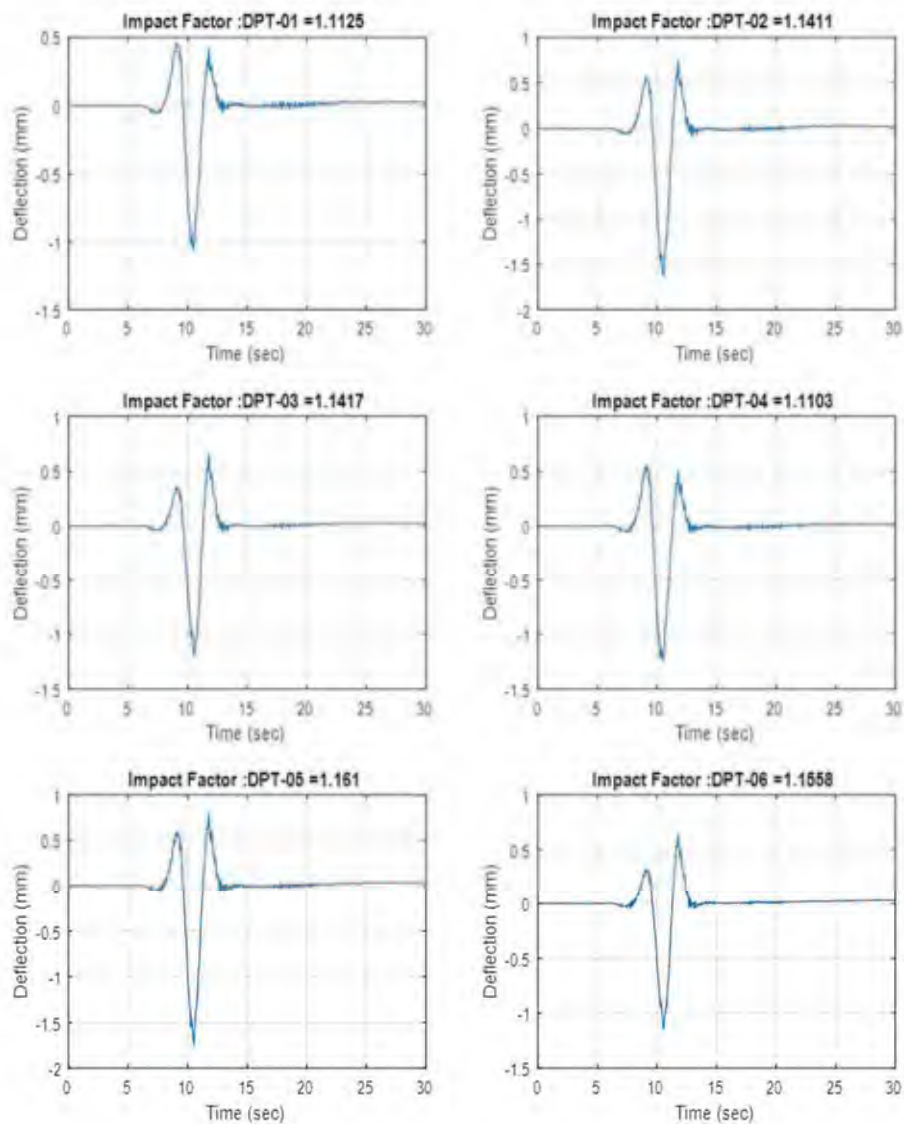
Dynamic Load Test 3 : 40 km/hr



Dynamic Load Test 3 : 40 km/hr



Dynamic Load Test 3 : 40 km/hr



ตารางที่ 6.7-8 ผลการวิเคราะห์ Natural Frequency, Mode Shape, Damping Ratio และ Impact Factor

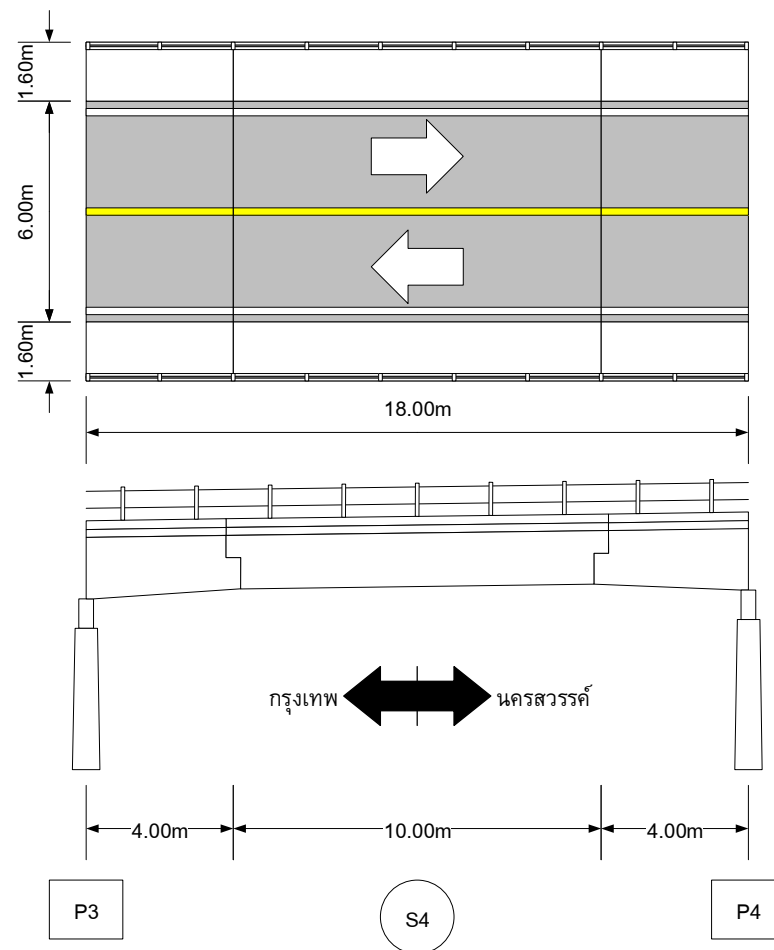
Dynamic Case	Speed (km/h)	Frequency (Hz)	Mode Shape (1st Mode)	Damping Ratio (%)	Impact Factor (IM)
Dynamic1	20	5.005	Bending Mode	1.840 - 1.844	1.221 - 1.296
Dynamic2	30	4.907	Bending Mode	1.874 - 1.879	1.155 - 1.180
Dynamic3	40	4.858	Bending Mode	2.021 - 2.025	1.110 - 1.161



6.8 ผลการตรวจวัดพฤติกรรมสะพานช่วงที่ 4 (Span 4)

โครงการนี้ได้ดำเนินการตรวจวัดพฤติกรรมโครงสร้างสะพานช่วงที่ 4 (Span 4) ความยาวช่วงระหว่างรอยต่อสะพานเท่ากับ 10.00 เมตร ความยาวช่วงระหว่างตอม่อเท่ากับ 18 เมตร โดยทำการทดสอบสะพานภายใต้สภาวะควบคุม ประกอบด้วย การทดสอบแบบสถิต และการทดสอบแบบพลวัต เมื่อวันที่ 1 มิถุนายน 2563 ซึ่งมีรายละเอียดการตรวจวัดพฤติกรรมโครงสร้างสะพาน ดังนี้

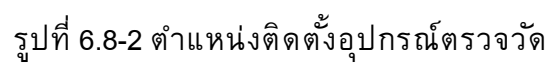
6.8.1. ช่วงสะพานทดสอบ

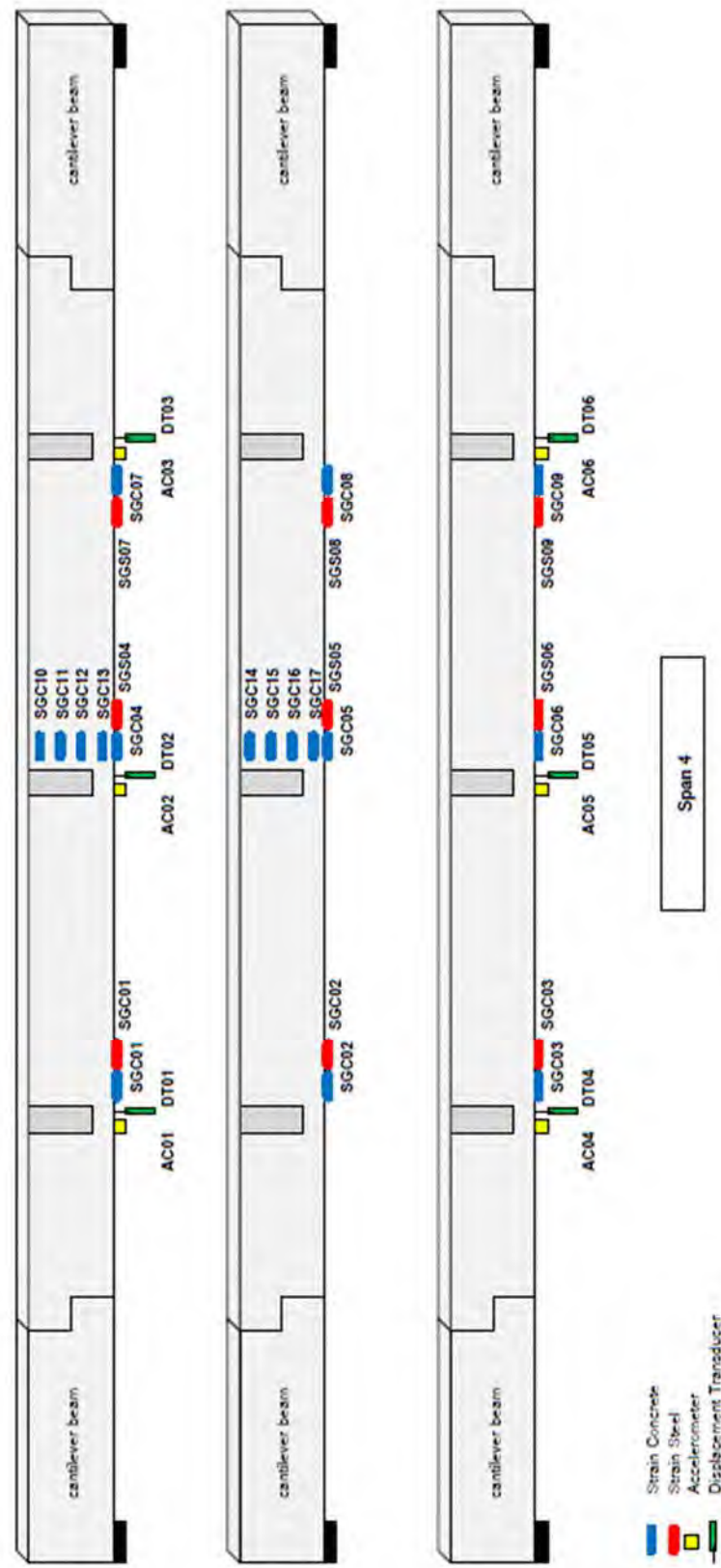


รูปที่ 6.8-1 ช่วงสะพานทดสอบ

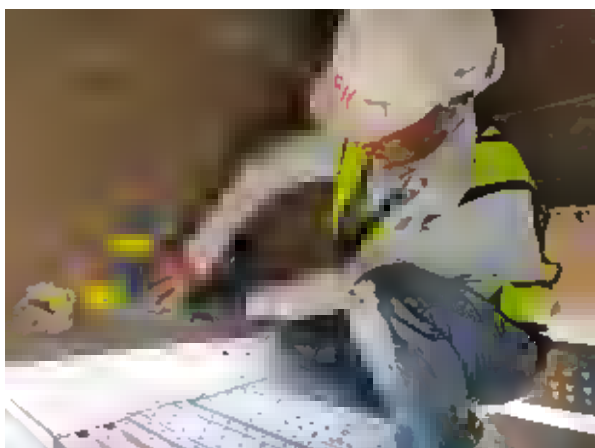
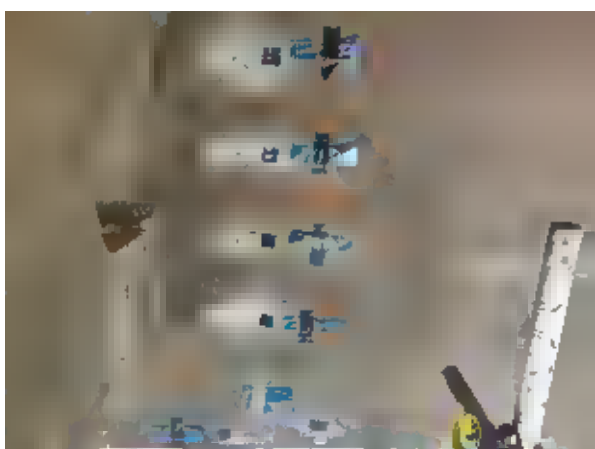
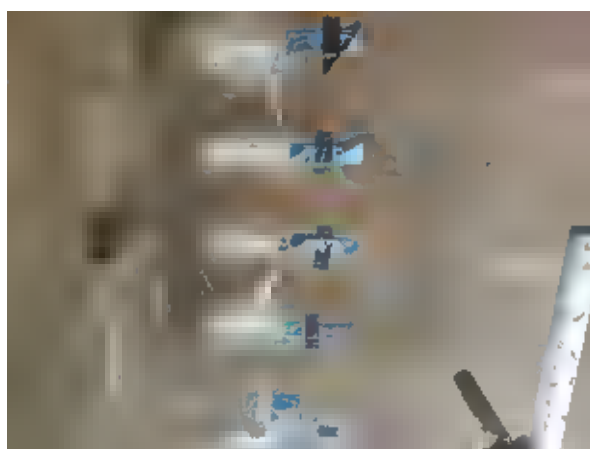
6.8.2. ตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัด

ในช่วงสะพานนี้ทำการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดความเครียดสำหรับคอนกรีต (Strain Gauge Concrete) จำนวน 21 ตำแหน่ง อุปกรณ์ตรวจวัดความเครียดสำหรับเหล็ก (Strain Gauge Steel) จำนวน 25 ตำแหน่ง อุปกรณ์ตรวจวัดการเคลื่อนที่ (Displacement Transducer) จำนวน 6 ตำแหน่ง และอุปกรณ์ตรวจวัดความเร่งจากการสั่นไหว (Accelerometer) จำนวน 6 ตำแหน่ง โดยมีรายละเอียดดังนี้





รูปที่ 6.5-2 ตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัด (ต่อ)



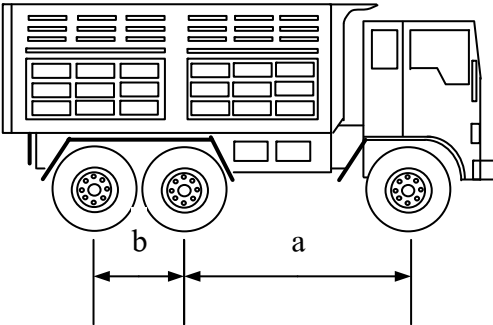
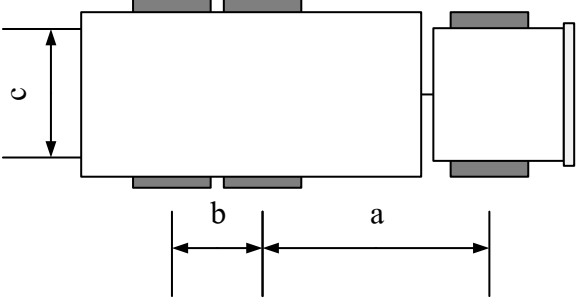
รูปที่ 6.8-3 ภาพการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดสะพานช่วงที่ 4 (Span 4)

6.8.3. น้ำหนักบรรทุกทดสอบ

ในช่วงสะพานนี้ได้ใช้รถบรรทุก 10 ล้อ จำนวน 2 คัน ประกอบด้วย รถบรรทุกเปล่าน้ำหนักรวมประมาณ 10 ตัน และรถบรรทุกน้ำหนักรวมประมาณ 18 ตัน ทดสอบสะพานภายใต้สภาวะควบคุม โดยมีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 6.8-1 น้ำหนักบรรทุกทดสอบ

คันที่	1	2
ประเภท	รถบรรทุกเปล่า (81-5301)	รถบรรทุกน้ำหนัก (81-5222)
น้ำหนักรถบรรทุก (ตัน)	10.580	18.230
ระยะเพลลาที่ 1 ถึง 2 (a, เมตร)	3.90	4.10
ระยะเพลลาที่ 2 ถึง 3 (b, เมตร)	1.30	1.30
ความกว้างฐานล้อ (c, เมตร)	1.90	1.90



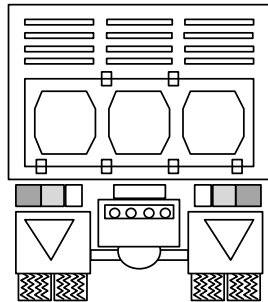
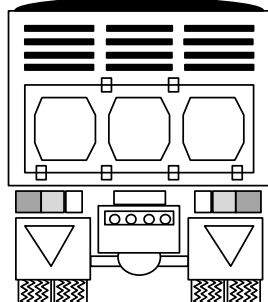
รูปที่ 6.8-4 รถบรรทุกทดสอบ

6.8.4. รูปแบบการทดสอบแบบสถิต

การทดสอบแบบสถิต (Static Test) ประกอบด้วย การทดสอบด้วยรถบรรทุกเปล่าและรถบรรทุกน้ำหนัก หลายรูปแบบโดยมีรายละเอียดดังนี้

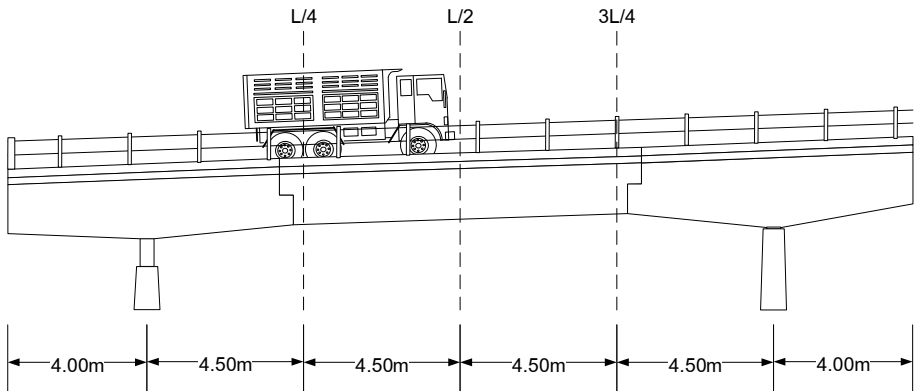
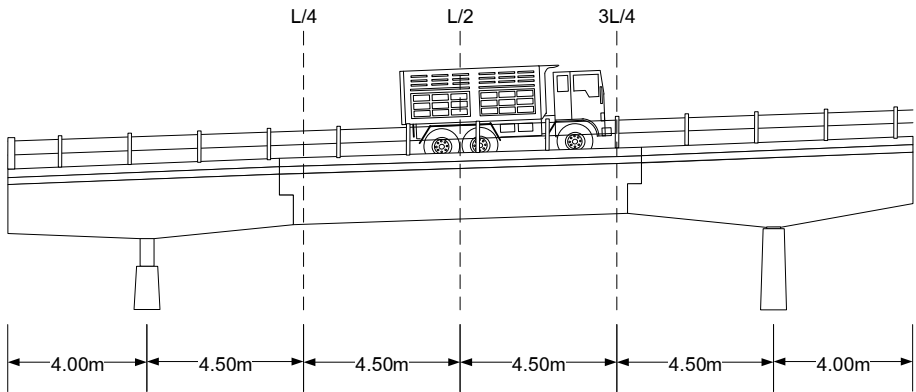
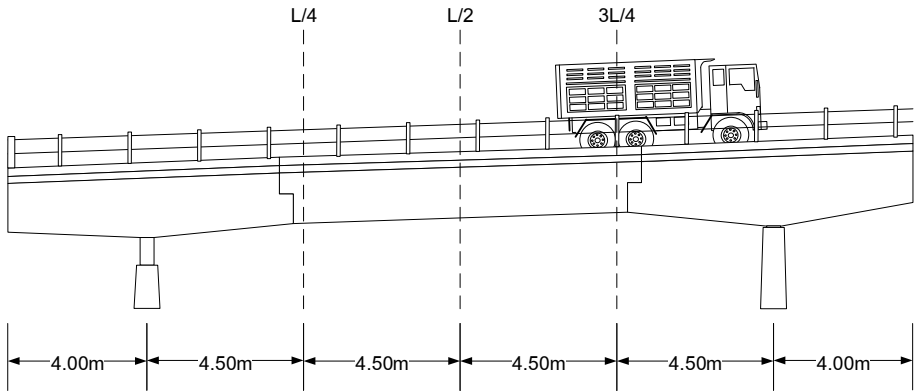
- Static 1-1 : ทดสอบด้วยรถบรรทุกเปล่า จอดตามตำแหน่ง L/4, L/2 และ 3L/4 ของความยาวช่วงระหว่างตอม่อ ในช่องจราจรทางซ้าย
- Static 1-2 : ทดสอบด้วยรถบรรทุกเปล่า จอดตามตำแหน่ง L/4, L/2 และ 3L/4 ของความยาวช่วงระหว่างตอม่อ ในช่องจราจรทางขวา
- Static 1-3 : ทดสอบด้วยรถบรรทุกเปล่า จอดตามตำแหน่ง L/4, L/2 และ 3L/4 ของความยาวช่วงระหว่างตอม่อ กึ่งกลางสะพาน
- Static 2-1 : ทดสอบด้วยรถบรรทุกน้ำหนัก จอดตามตำแหน่ง L/4, L/2 และ 3L/4 ของความยาวช่วงระหว่างตอม่อ ในช่องจราจรทางซ้าย
- Static 2-2 : ทดสอบด้วยรถบรรทุกน้ำหนัก จอดตามตำแหน่ง L/4, L/2 และ 3L/4 ของความยาวช่วงระหว่างตอม่อ ในช่องจราจรทางขวา
- Static 2-3 : ทดสอบด้วยรถบรรทุกน้ำหนัก จอดตามตำแหน่ง L/4, L/2 และ 3L/4 ของความยาวช่วงระหว่างตอม่อ กึ่งกลางสะพาน

ตารางที่ 6.8-2 สัญลักษณ์รถบรรทุกทดสอบ

รถบรรทุก	สัญลักษณ์
รถบรรทุกเปล่า	
รถบรรทุกน้ำหนัก	



ตารางที่ 6.8-3 ระยะจอตรถบรรทุกตามตำแหน่ง L/4, L/2 และ 3L/4

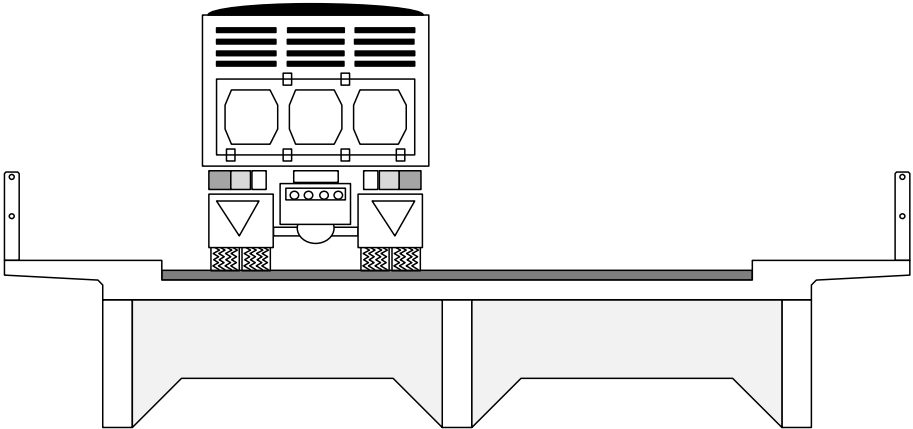
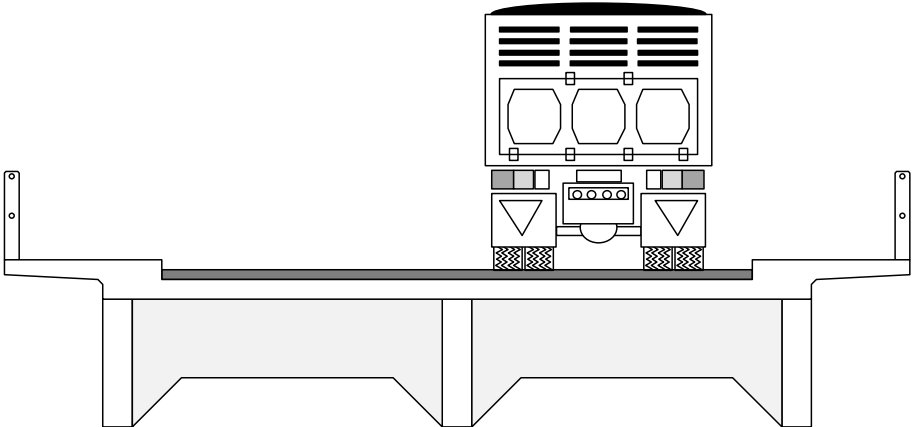
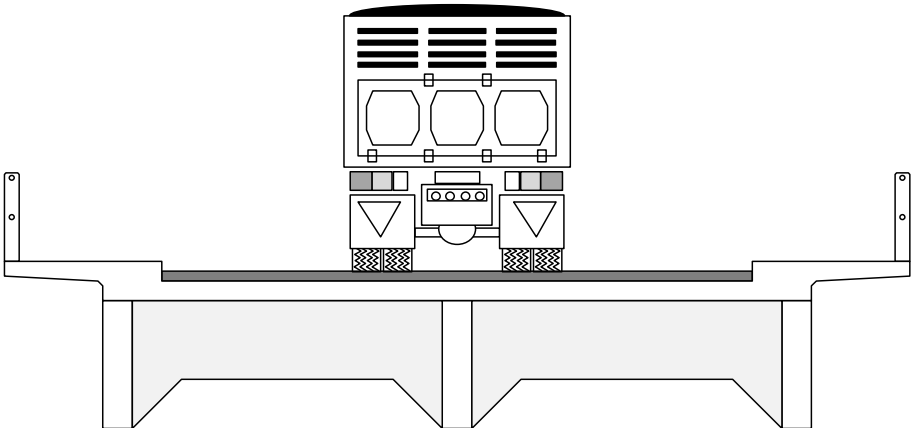
ระยะ	ตำแหน่งจอตรถบรรทุก
L/4	
L/2	
3L/4	

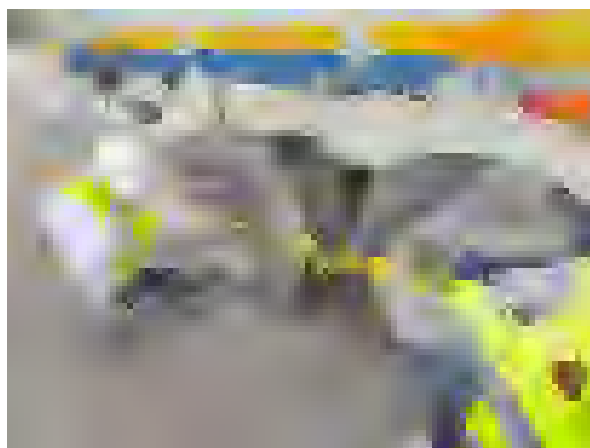
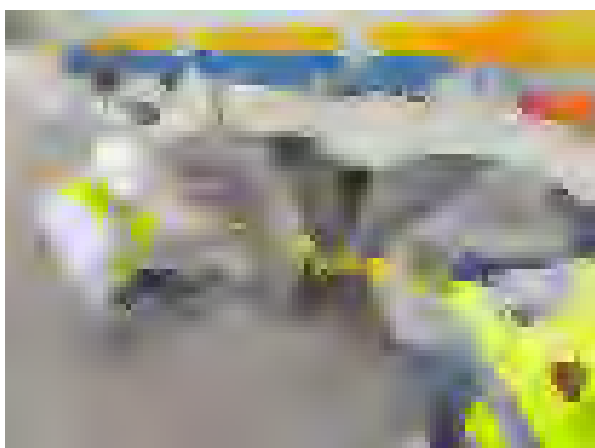
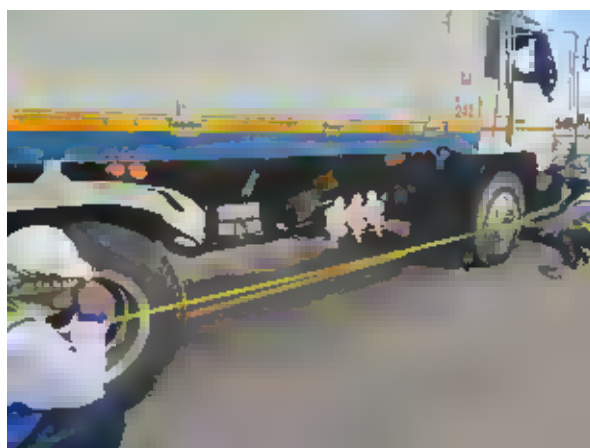
ตารางที่ 6.8-4 รูปแบบการทดสอบแบบสถิต ด้วยรถบรรทุกเปล่า

Case	Pattern
Static 1-1	
Static 1-2	
Static 1-3	



ตารางที่ 6.8-5 รูปแบบการทดสอบแบบสถิต ด้วยรถบรรทุกน้ำหนัก

Case	Pattern
Static 2-1	
Static 2-2	
Static 2-3	



รูปที่ 6.8-5 ภาพการทดสอบแบบสถิต



6.8.5. ผลการตรวจวัดพฤติกรรมสะพานแบบสถิต

ตารางที่ 6.8-6 ผลการตรวจวัดพฤติกรรมสะพานแบบสถิต ด้วยรถบรรทุกเปล่า

Time (s)	Static 1-1			Static 1-2			Static 1-3		
	L/4	L/2	3L/4	L/4	L/2	3L/4	L/4	L/2	3L/4
DT-01	-0.731	-0.425	-0.082	-0.188	-0.140	-0.034	-0.434	-0.275	-0.064
DT-02	-0.660	-0.758	-0.325	-0.182	-0.211	-0.078	-0.408	-0.453	-0.198
DT-03	-0.194	-0.496	-0.381	-0.039	-0.111	-0.081	-0.103	-0.255	-0.201
DT-04	-0.262	-0.158	-0.035	-0.802	-0.464	-0.106	-0.499	-0.311	-0.078
DT-05	-0.183	-0.196	-0.071	-0.756	-0.863	-0.377	-0.442	-0.518	-0.249
DT-06	-0.085	-0.212	-0.151	-0.287	-0.582	-0.468	-0.215	-0.456	-0.385
SGC-01	2.363	3.419	0.365	0.723	1.671	0.087	1.871	2.956	0.821
SGC-02	1.694	-1.600	-0.875	4.934	-0.125	-1.294	3.000	-1.225	-1.773
SGC-03	1.540	3.083	1.227	8.258	9.462	1.333	4.221	5.628	0.644
SGC-04	16.539	24.549	5.257	1.725	2.588	0.856	7.467	10.800	3.042
SGC-05	-0.552	-1.596	0.083	-1.779	-2.894	-0.700	-1.304	-2.244	-0.594
SGC-06	7.713	10.186	2.392	41.425	63.055	11.465	20.346	31.396	7.623
SGC-07	0.190	0.908	0.338	-0.834	-1.196	-1.459	0.065	0.512	-0.400
SGC-08	7.475	23.337	6.794	8.629	25.218	12.838	9.492	28.604	14.394
SGC-09	-0.544	0.125	0.219	0.492	0.442	-0.075	-0.123	0.288	-0.377
SGC-10	-0.304	0.838	1.642	1.088	1.434	1.073	-1.684	-1.925	-3.550
SGC-11	2.498	1.977	-0.246	1.277	0.440	-0.171	2.233	1.673	0.000
SGC-12	-0.246	-0.402	0.269	-0.256	-0.306	0.123	-0.046	-0.477	-0.023
SGC-13	0.854	1.010	0.125	-0.242	-0.588	-0.179	1.159	0.809	0.134
SGC-14	-0.542	4.498	0.919	-5.290	-9.406	-0.625	-3.764	-4.781	-0.648
SGC-15	3.525	8.965	2.407	1.207	1.948	0.684	1.902	5.941	0.820
SGC-16	0.127	0.780	0.230	-0.020	-0.535	-0.360	1.031	0.923	-0.008
SGC-17	0.065	0.883	-0.231	0.354	0.092	-0.719	0.875	1.096	-0.118
SGC-18	59.257	92.707	9.407	11.048	11.368	4.093	62.203	82.873	12.293
SGC-19	9.569	11.360	2.490	21.339	30.999	4.017	25.648	33.698	5.837
SGC-20	1.419	18.939	15.639	1.731	2.006	2.131	4.300	14.276	12.536
SGC-21	2.087	2.614	1.235	2.079	15.916	13.656	3.100	11.004	9.148

ตารางที่ 6.5-6 ผลการตรวจวัดพฤติกรรมสะพานแบบสถิต ด้วยรถบรรทุกเปล่า (ต่อ)

Time (s)	Static 1-1			Static 1-2			Static 1-3		
	L/4	L/2	3L/4	L/4	L/2	3L/4	L/4	L/2	3L/4
SGS-01	2.280	2.967	0.283	0.388	0.783	0.275	1.342	2.084	0.233
SGS-02	10.031	3.481	-0.589	12.407	3.425	-0.783	14.248	3.748	0.071
SGS-03	0.567	1.569	-0.309	7.175	7.817	0.834	3.681	4.633	1.014
SGS-04	20.259	30.489	4.439	3.158	4.308	0.225	11.404	14.994	3.319
SGS-05	28.434	46.434	2.954	28.606	44.476	3.689	30.664	52.524	3.988
SGS-06	7.533	9.561	1.108	36.013	53.353	9.410	20.057	29.067	6.742
SGS-07	1.961	4.075	1.031	0.135	0.752	-0.025	1.892	3.027	0.883
SGS-08	6.454	17.876	5.391	6.617	18.582	8.988	7.765	21.820	11.080
SGS-09	0.285	0.971	0.208	1.738	3.588	0.911	1.619	2.719	0.759
SGS-10	15.136	20.656	2.019	0.275	-0.684	0.856	7.277	8.433	2.894
SGS-11	28.104	43.134	8.554	25.487	32.187	6.481	43.743	59.763	12.293
SGS-12	31.013	38.643	5.180	32.692	45.902	8.863	46.387	63.257	11.327
SGS-13	2.237	3.516	2.185	23.309	35.109	4.504	12.214	18.364	5.162
SGS-14	0.898	13.419	9.281	3.057	3.013	0.248	3.858	8.479	4.354
SGS-15	3.702	18.028	20.278	-2.015	1.407	9.296	4.281	19.202	25.432
SGS-16	-0.379	2.986	8.661	6.034	21.330	20.590	3.810	21.000	24.810
SGS-17	6.894	4.973	-0.164	2.883	13.988	9.941	6.406	12.076	5.563
SGS-18	-1.443	5.600	-0.539	-0.446	-0.158	-0.663	0.192	3.139	-0.827
SGS-19	-1.983	0.307	-6.343	-3.086	-6.188	-6.263	0.552	4.209	-1.156
SGS-20	2.102	7.923	0.419	-0.892	-1.684	-0.854	1.548	-0.863	0.323
SGS-21	2.469	7.988	0.150	-0.706	-1.669	-0.848	2.048	-1.277	-0.238
SGS-22	0.019	0.638	-0.140	1.466	9.773	-0.896	0.485	4.777	0.365
SGS-23	-1.555	-0.638	0.367	1.400	11.044	0.071	2.040	4.553	0.027
SGS-24	0.200	0.260	0.952	3.545	8.487	0.994	1.994	2.181	1.483
SGS-25	0.152	-0.138	-0.013	4.394	9.681	0.800	2.823	1.484	0.940



ตารางที่ 6.8-7 ผลการตรวจวัดพฤติกรรมสะพานแบบสถิต ด้วยรถบรรทุกน้ำหนัก

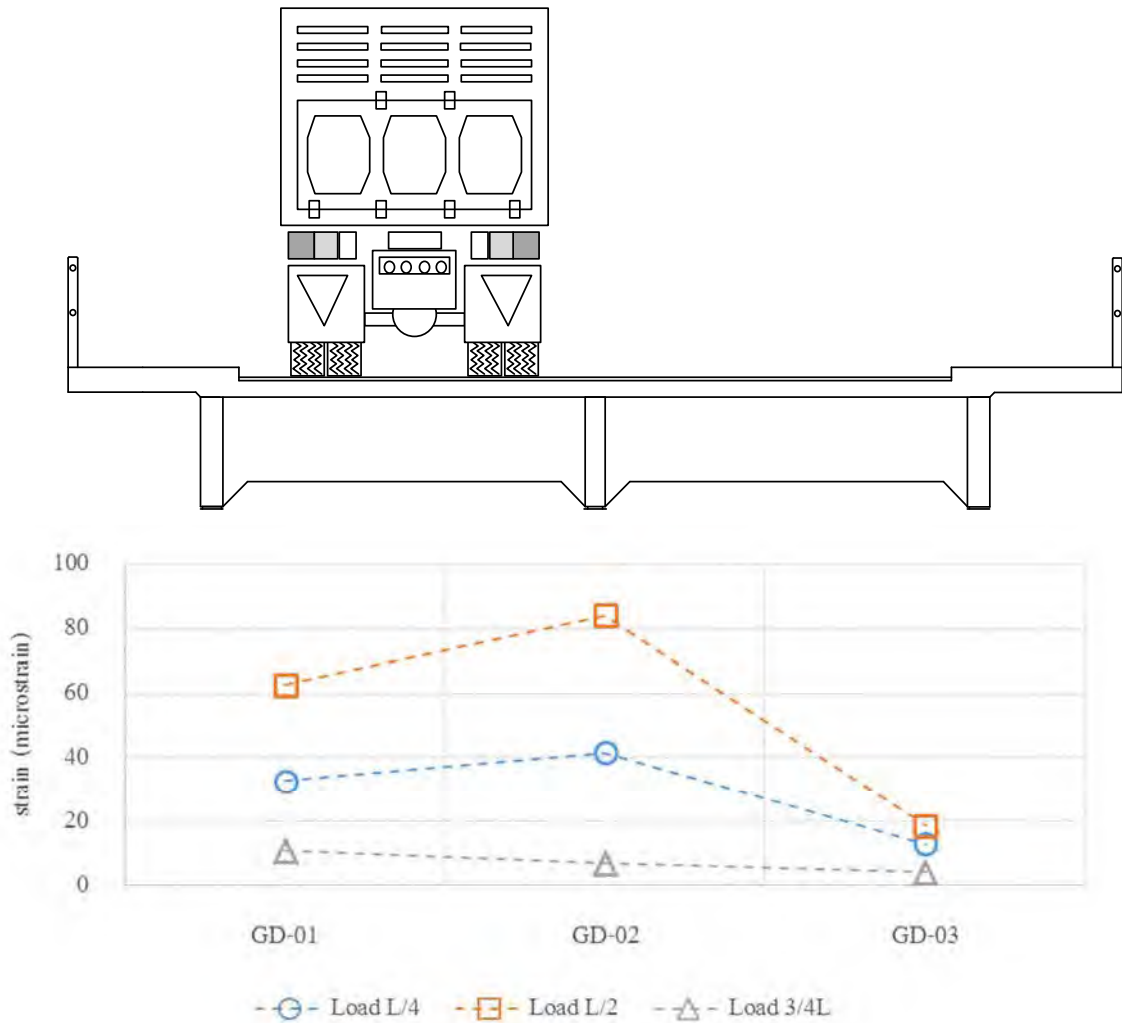
Time (s)	Static 2-1			Static 2-2			Static 2-3		
	L/4	L/2	3L/4	L/4	L/2	3L/4	L/4	L/2	3L/4
DT-01	-1.040	-0.545	0.033	-0.436	-0.345	-0.147	-0.837	-0.566	-0.158
DT-02	-0.961	-1.253	-0.488	-0.352	-0.411	-0.201	-0.741	-0.873	-0.373
DT-03	-0.275	-0.786	-0.708	-0.085	-0.212	-0.198	-0.173	-0.445	-0.403
DT-04	-0.330	-0.156	0.050	-1.343	-0.828	-0.243	-0.818	-0.544	-0.142
DT-05	-0.263	-0.312	-0.111	-1.201	-1.504	-0.730	-0.698	-0.848	-0.419
DT-06	-0.146	-0.346	-0.289	-0.438	-1.059	-0.960	-0.293	-0.665	-0.603
SGC-01	2.985	6.069	0.338	1.146	2.648	0.429	1.433	4.139	-0.065
SGC-02	-0.808	-5.876	-4.851	7.804	0.235	-1.023	5.023	-2.348	-1.837
SGC-03	2.792	5.434	1.280	13.936	17.756	2.944	6.229	9.157	0.798
SGC-04	25.158	48.578	10.468	4.125	4.988	2.527	13.467	20.637	5.623
SGC-05	-2.060	-4.727	-0.479	-2.038	-5.123	0.542	-3.348	-6.859	-1.421
SGC-06	12.355	19.025	5.250	62.155	110.715	24.785	32.123	50.573	13.033
SGC-07	1.121	2.165	1.004	1.359	1.046	1.438	0.486	0.444	-0.325
SGC-08	13.240	41.620	20.180	13.704	40.574	32.834	17.118	47.038	32.818
SGC-09	-0.250	0.229	0.263	0.738	1.169	0.531	-0.327	-0.500	-0.867
SGC-10	1.706	3.371	2.108	-0.804	-2.185	-2.787	1.742	2.346	1.173
SGC-11	3.621	5.150	-0.294	1.908	1.610	-0.452	2.767	3.573	-1.131
SGC-12	-0.098	-0.863	0.085	0.079	-0.204	0.100	-0.565	-1.000	-0.575
SGC-13	0.921	1.527	1.152	-0.131	0.763	0.711	-0.671	0.008	-0.669
SGC-14	-1.925	7.202	2.042	-5.805	-13.832	0.400	-6.580	-7.892	-1.132
SGC-15	4.379	10.786	3.916	2.748	6.256	3.283	-0.109	6.281	1.365
SGC-16	0.121	0.973	0.911	0.611	1.196	1.326	-0.331	0.251	-0.462
SGC-17	0.375	1.975	0.752	1.088	2.138	1.669	0.071	0.573	-0.773
SGC-18	97.565	182.455	22.665	24.401	24.531	11.941	115.891	184.771	30.311
SGC-19	15.656	19.696	5.704	35.838	69.608	10.048	41.565	65.725	11.775
SGC-20	3.379	31.686	33.086	4.139	5.894	4.833	6.079	23.384	27.484
SGC-21	3.740	5.242	2.830	4.423	26.335	33.555	5.115	15.329	15.569

ตารางที่ 6.5-7 ผลการตรวจวัดพฤติกรรมสะพานแบบสถิต ด้วยรถบรรทุกน้ำหนัก (ต่อ)

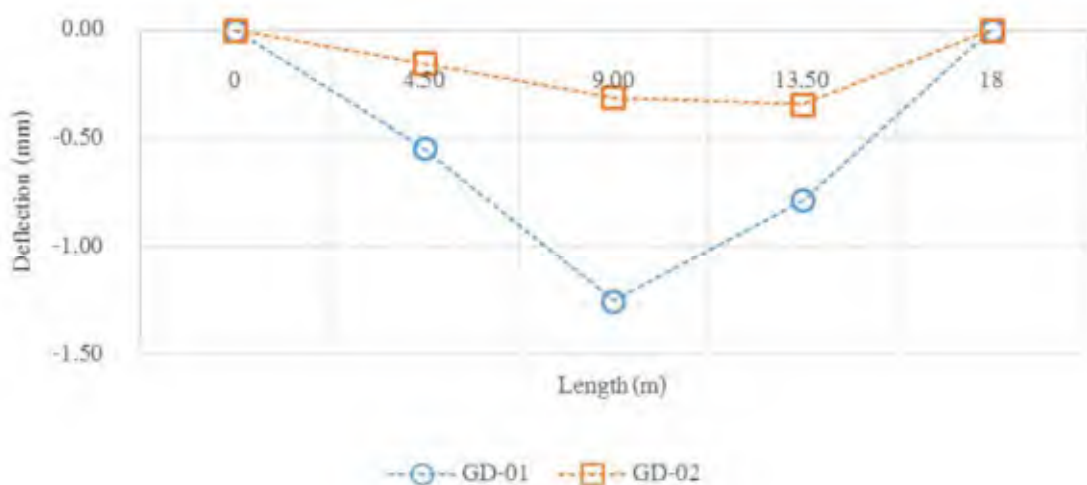
Time (s)	Static 2-1			Static 2-2			Static 2-3		
	L/4	L/2	3L/4	L/4	L/2	3L/4	L/4	L/2	3L/4
SGS-01	3.152	5.793	0.517	1.175	1.896	0.383	1.371	2.975	-0.240
SGS-02	15.665	6.123	-1.769	22.971	6.617	-0.265	24.145	7.240	-1.056
SGS-03	1.852	3.763	0.633	14.559	17.269	3.807	5.260	7.437	0.696
SGS-04	32.768	62.568	10.918	7.015	9.854	2.606	18.989	30.339	5.565
SGS-05	41.673	84.113	6.914	44.415	84.215	10.455	47.187	95.197	7.862
SGS-06	13.055	18.615	4.235	54.198	92.848	20.138	29.521	44.801	10.266
SGS-07	3.356	7.458	3.537	1.611	2.459	1.454	1.404	3.146	0.404
SGS-08	9.940	30.495	14.665	10.349	30.389	22.929	12.088	34.628	23.598
SGS-09	0.950	2.144	1.127	3.556	7.935	4.302	1.129	2.223	0.490
SGS-10	26.274	44.914	6.654	2.246	-1.383	2.269	13.269	16.039	4.256
SGS-11	48.613	75.773	18.373	47.154	63.814	18.534	75.469	113.099	25.529
SGS-12	49.459	68.789	11.819	57.535	89.385	20.725	76.977	117.087	22.377
SGS-13	3.921	5.016	4.641	36.616	64.456	11.816	19.667	28.527	9.477
SGS-14	2.348	22.160	19.940	6.246	6.496	1.713	5.169	13.457	9.417
SGS-15	6.685	27.944	40.364	-1.042	3.213	15.759	6.950	30.212	46.952
SGS-16	-0.646	4.761	15.595	10.245	33.235	41.765	5.571	29.021	42.811
SGS-17	9.873	8.898	-2.683	4.213	20.170	19.330	10.388	17.128	4.640
SGS-18	1.277	12.541	-1.057	-0.148	1.054	0.458	3.117	6.383	-2.656
SGS-19	1.002	8.746	0.775	0.092	0.554	0.900	1.394	0.717	-5.246
SGS-20	4.773	18.178	2.304	-0.544	-1.077	0.781	-1.788	-4.346	-0.659
SGS-21	5.163	19.450	2.031	-0.144	-1.386	-0.090	-1.446	-3.887	-1.181
SGS-22	1.008	2.467	0.848	4.538	18.488	-0.058	3.300	4.971	-1.706
SGS-23	1.233	1.448	0.087	4.584	19.548	-0.202	2.582	5.236	-2.418
SGS-24	0.500	0.448	0.523	7.344	13.418	5.332	1.452	1.111	1.063
SGS-25	0.842	0.608	0.306	8.371	16.013	5.250	2.269	1.471	0.846

เมื่อพิจารณาการกระจายค่าความเครียดของเหล็กตามขวางกรณีรถบรรทุกน้ำหนักสามรถแสดงผลได้ดังรูปที่ 6.8-6, รูปที่ 6.8-8 และรูปที่ 6.8-10 เมื่อพิจารณาค่าการแอ่นตัวของคานสะพานกรณีรถบรรทุกน้ำหนักสามรถแสดงได้ดังรูปที่ 6.8-7, รูปที่ 6.8-9 และรูปที่ 6.8-11

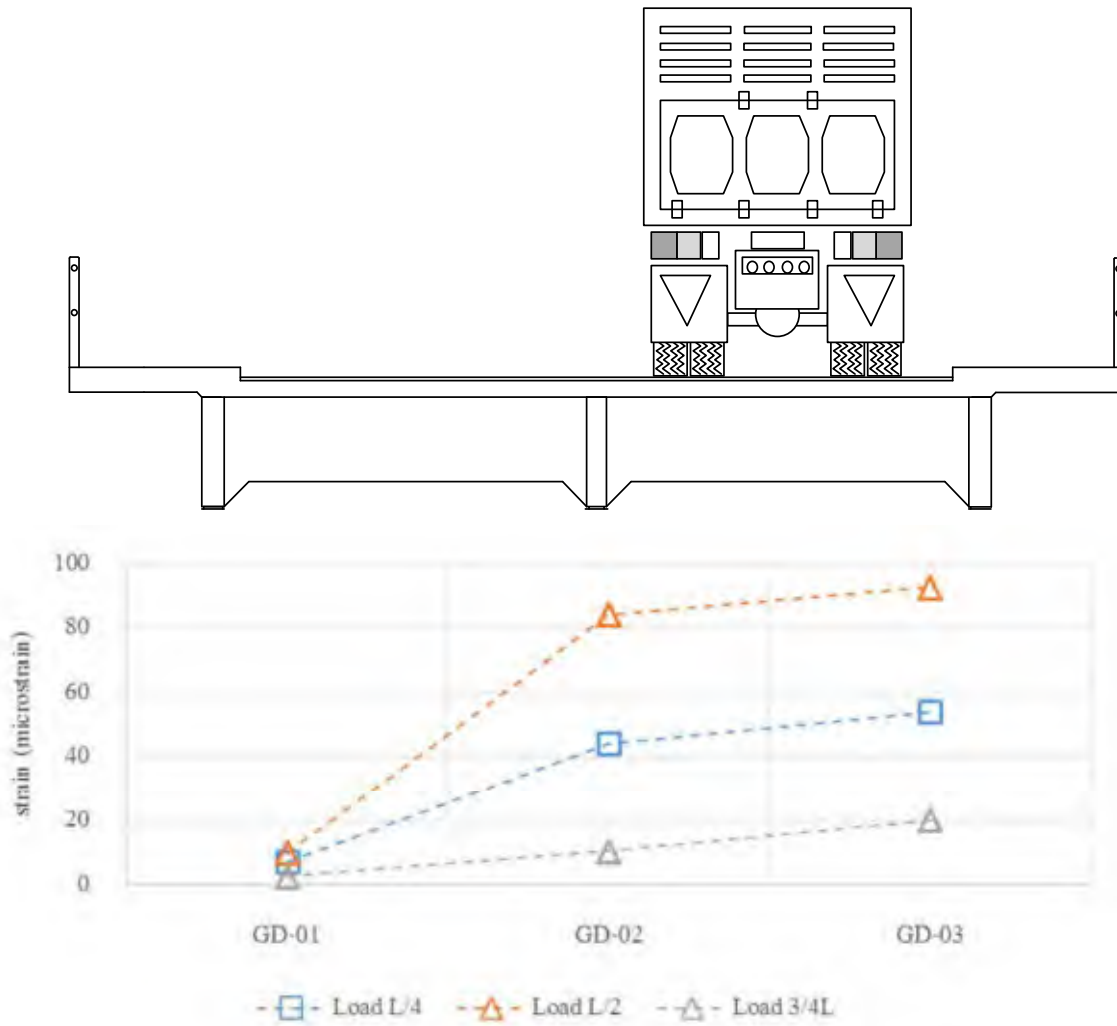




รูปที่ 6.8-6 การกระจายค่าความเครียดของเหล็กตามขวาง Static 2-1 สะพานช่วงที่ 2



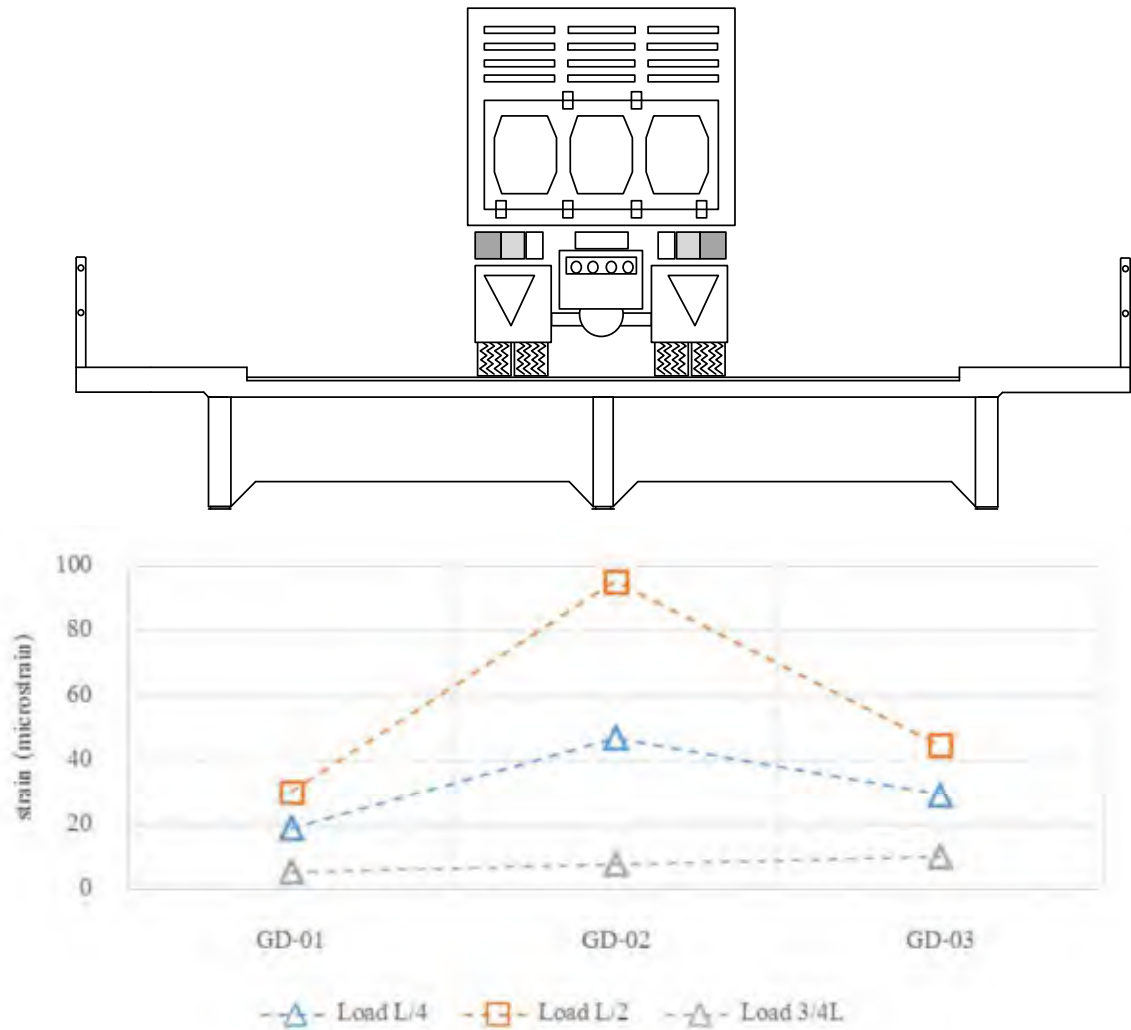
รูปที่ 6.8-7 การกระจายค่าการแอ่นตัวของคานตามยาว Static 2-1 สะพานช่วงที่ 4



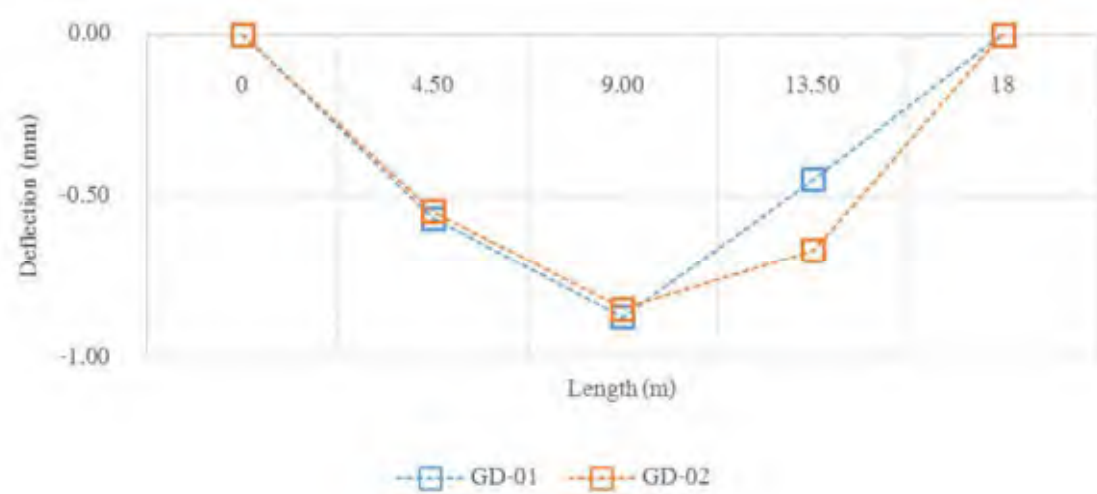
รูปที่ 6.8-8 การกระจายค่าความเครียดของเหล็กตามขวาง Static 2-2 สะพานช่วงที่ 4



รูปที่ 6.8-9 การกระจายค่าการแอ่นตัวของคานตามยาว Static 2-2 สะพานช่วงที่ 4



รูปที่ 6.8-10 การกระจายค่าความเครียดของเหล็กตามขวาง Static 2-3 สะพานช่วงที่ 4



รูปที่ 6.8-11 การกระจายค่าการแอ่นตัวของคานตามยาว Static 2-3 สะพานช่วงที่ 4

6.8.6. รูปแบบการทดสอบแบบพลวัต

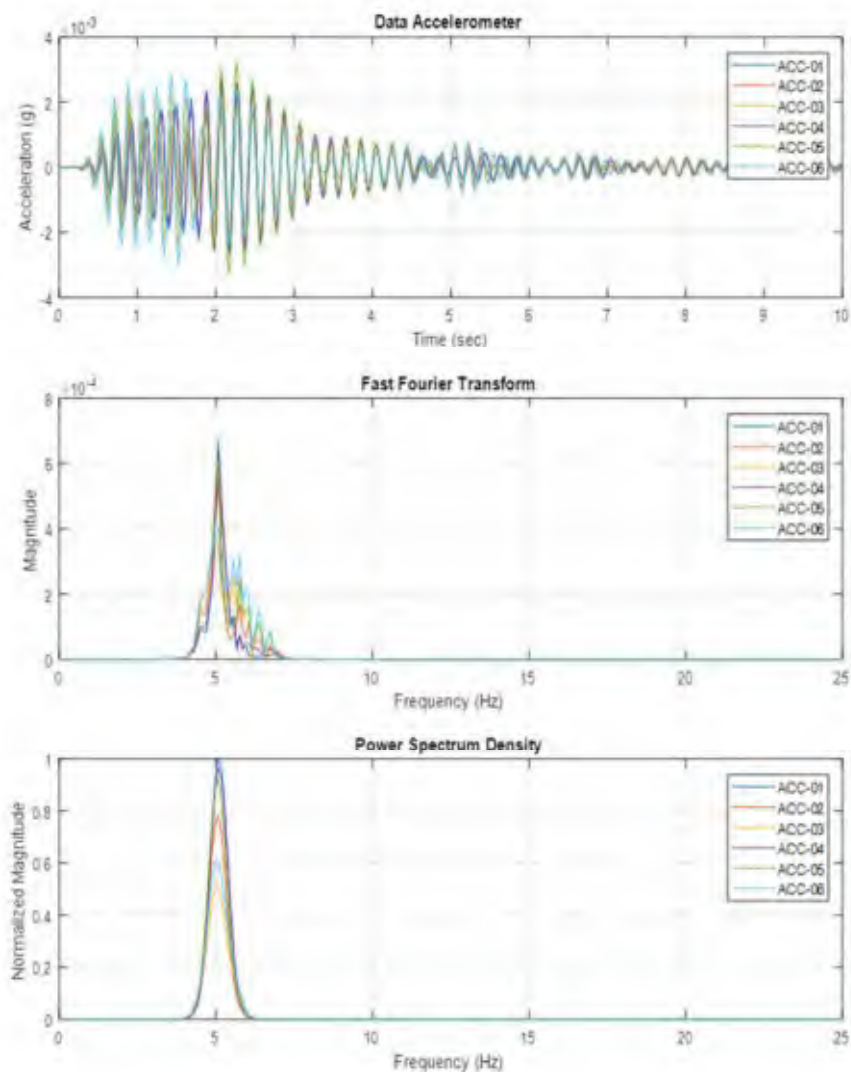
การทดสอบแบบพลวัต (Dynamic Test) เป็นการทดสอบโดยใช้รถบรรทุกน้ำหนัก หลายรูปแบบ โดยมีรายละเอียดดังนี้

- Dynamic 1 : ทดสอบด้วยรถบรรทุกน้ำหนัก วิ่งด้วยความเร็ว 20 กม./ชม. กึ่งกลางสะพาน
- Dynamic 2 : ทดสอบด้วยรถบรรทุกน้ำหนัก วิ่งด้วยความเร็ว 30 กม./ชม. กึ่งกลางสะพาน
- Dynamic 3 : ทดสอบด้วยรถบรรทุกน้ำหนัก วิ่งด้วยความเร็ว 50 กม./ชม. กึ่งกลางสะพาน

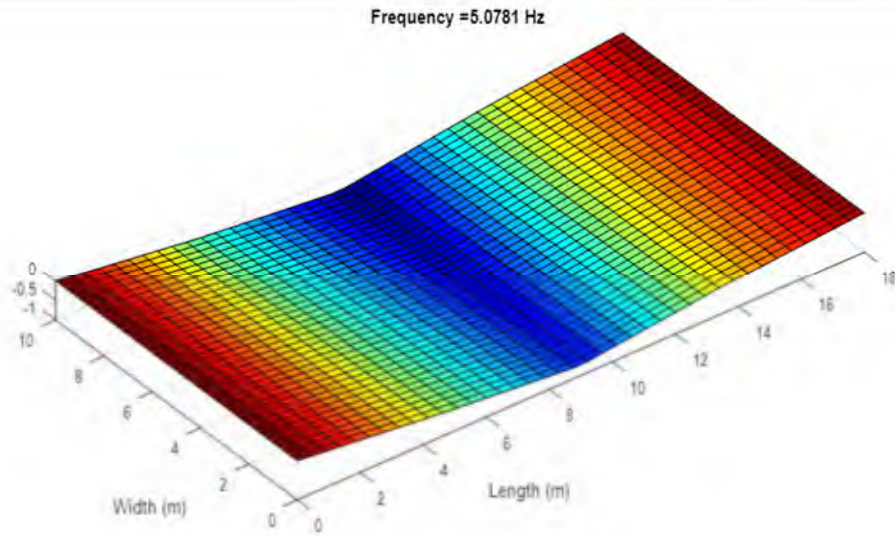
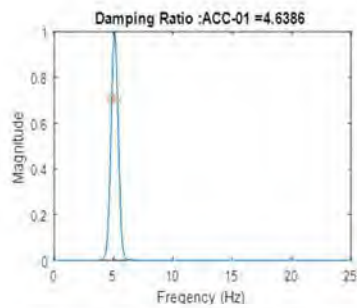
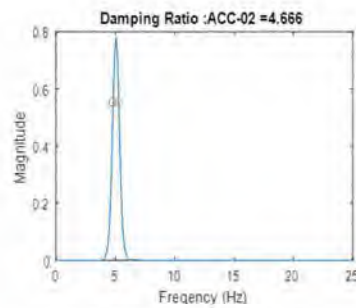
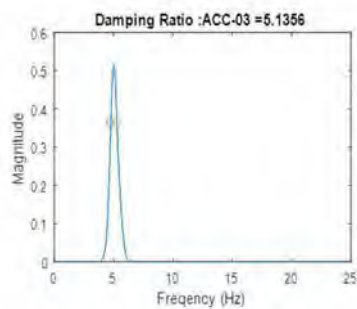
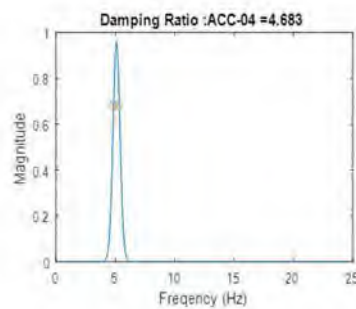
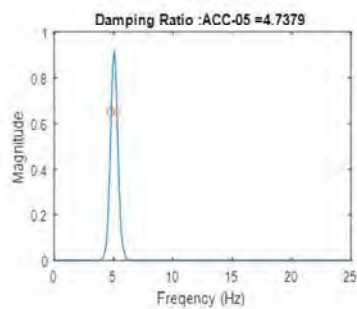
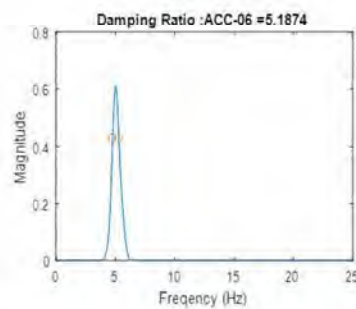


6.8.7. ผลการตรวจวัดพฤติกรรมแบบพลวัต

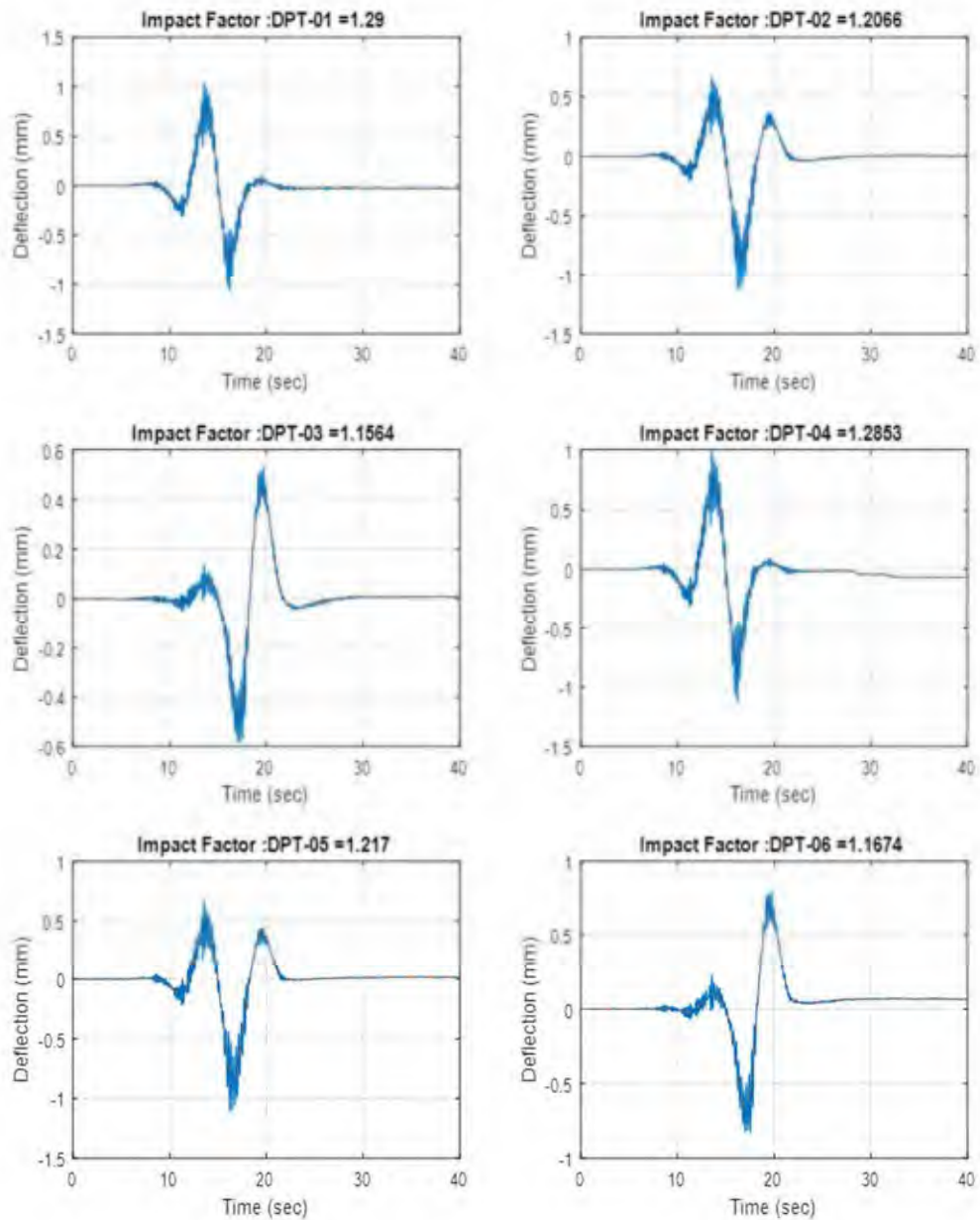
Dynamic Load Test 1 : 20 km/hr



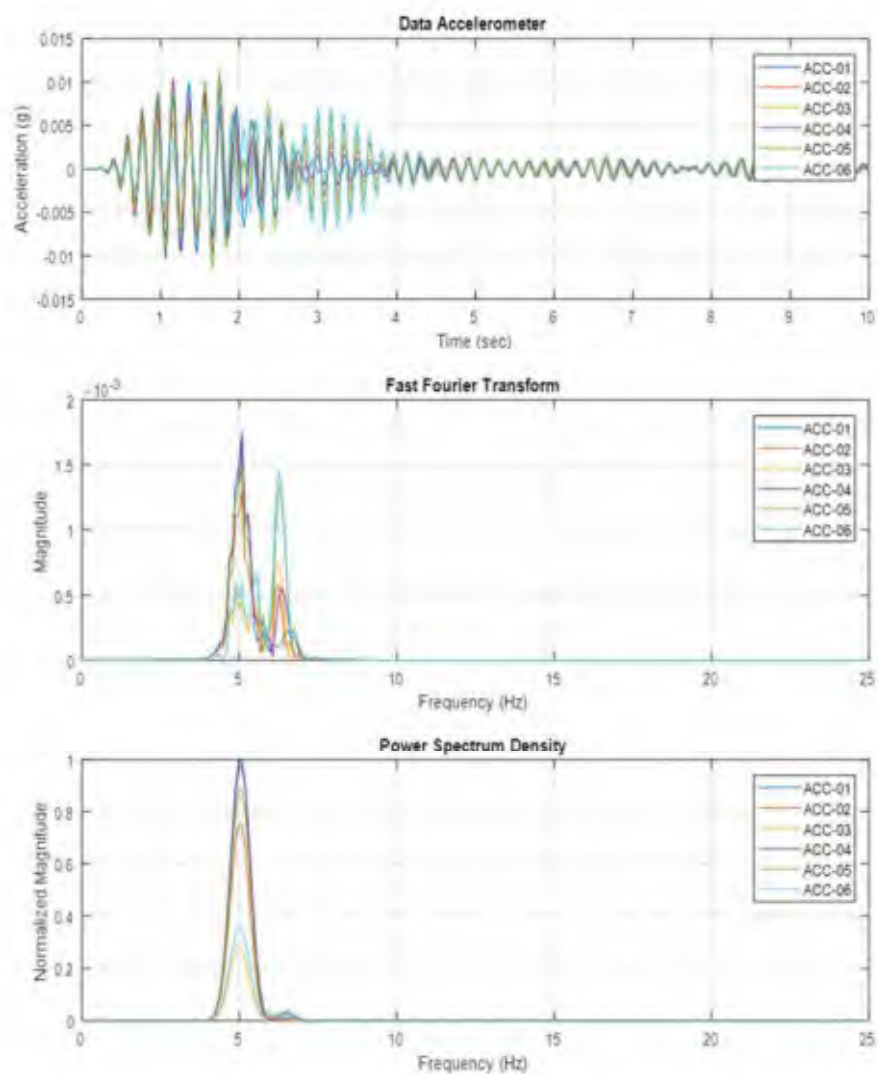
Dynamic Load Test 1 : 20 km/hr



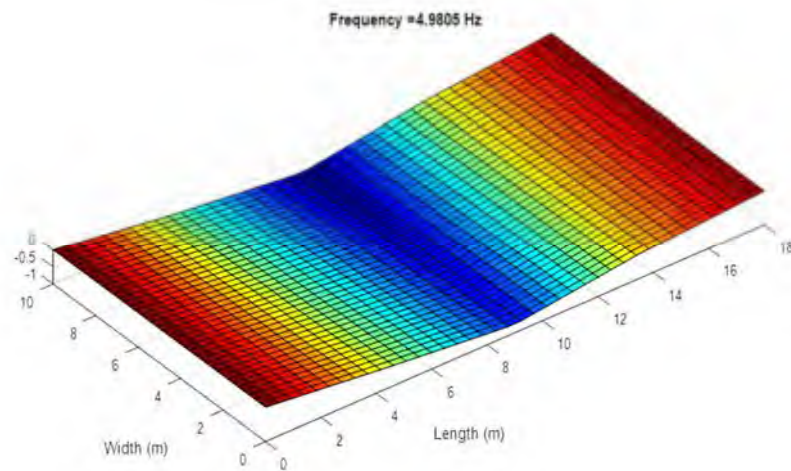
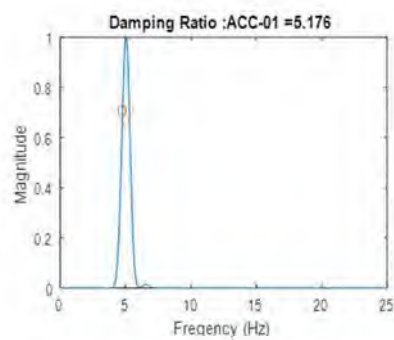
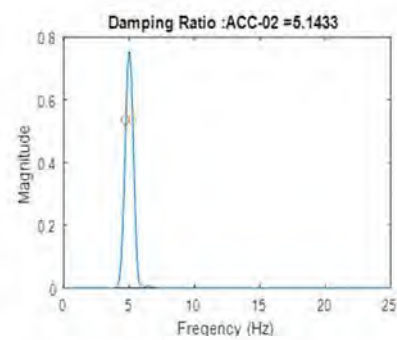
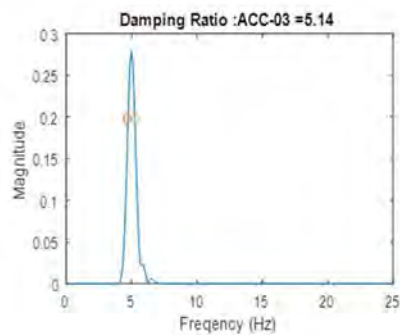
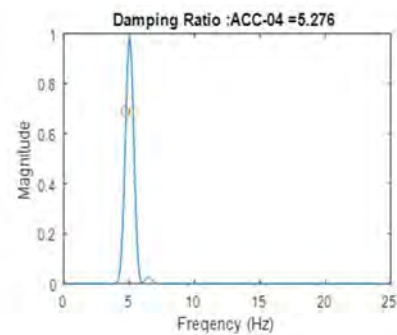
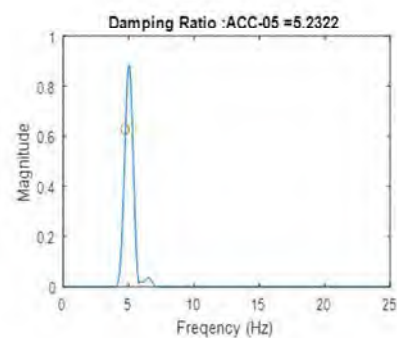
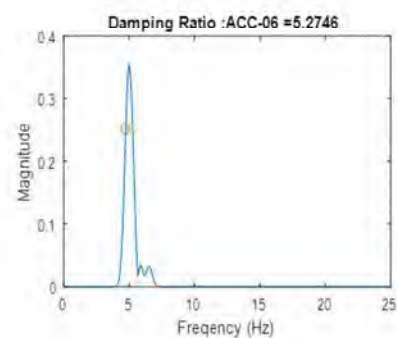
Dynamic Load Test 1 : 20 km/hr



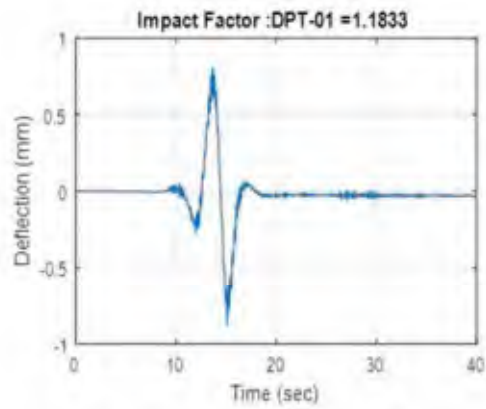
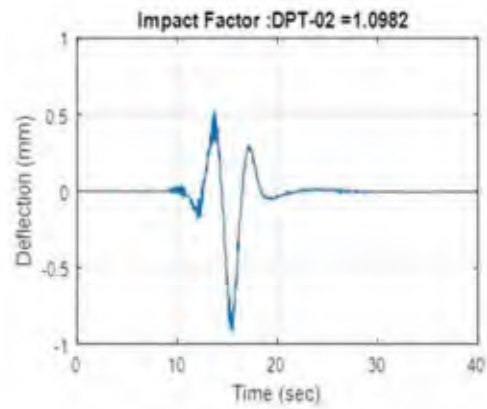
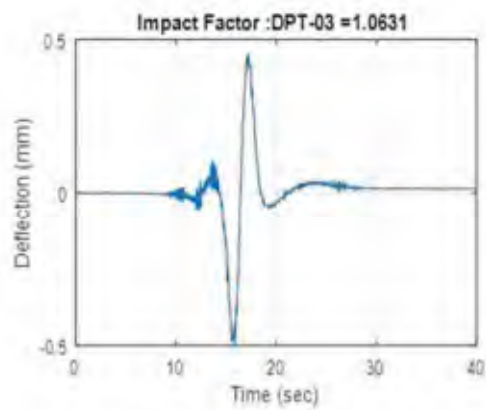
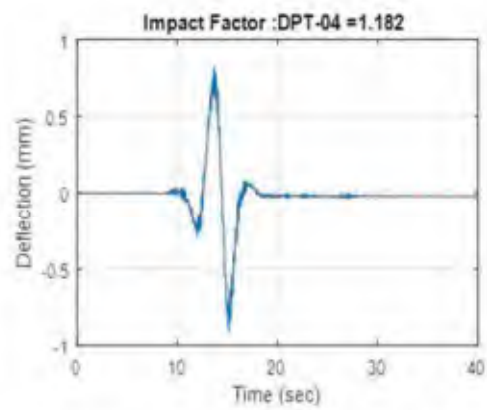
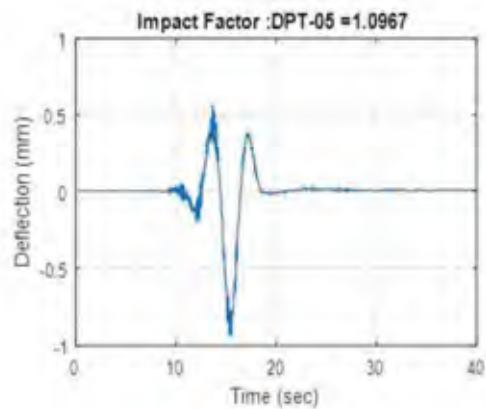
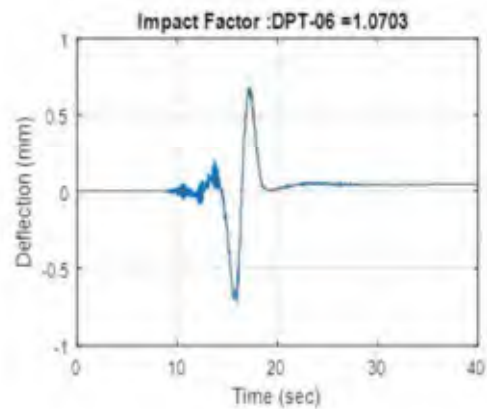
Dynamic Load Test 2 : 34 km/hr



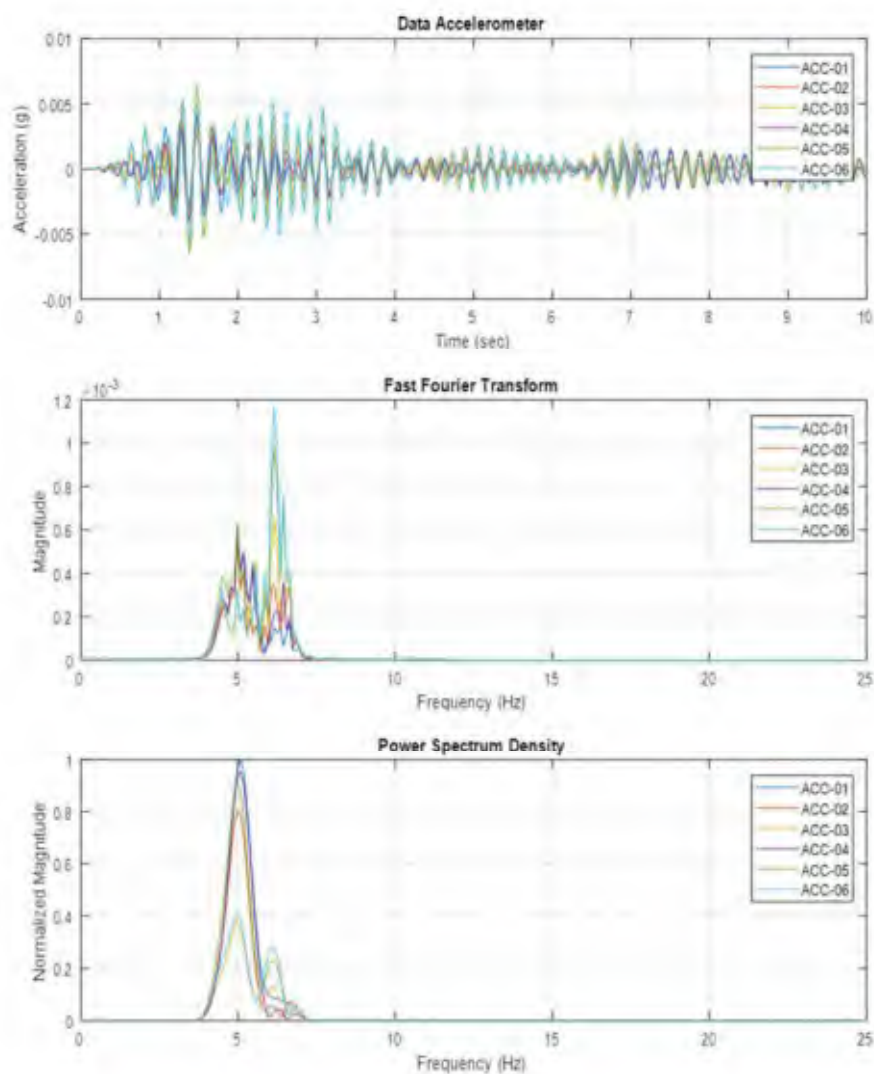
Dynamic Load Test 2 : 34 km/hr



Dynamic Load Test 2 : 34 km/hr

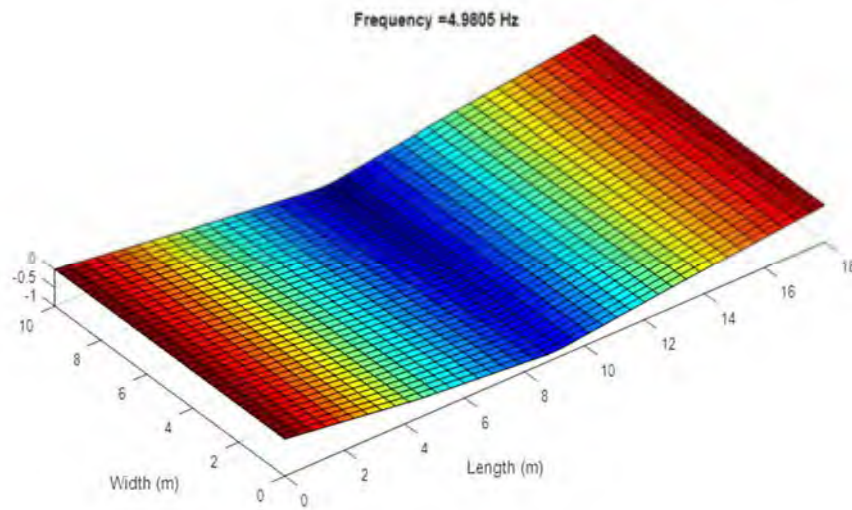
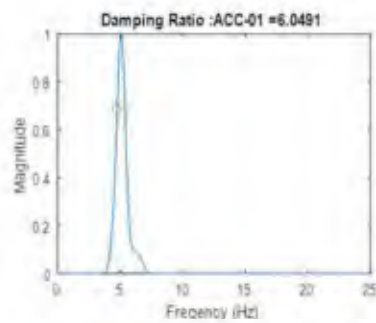
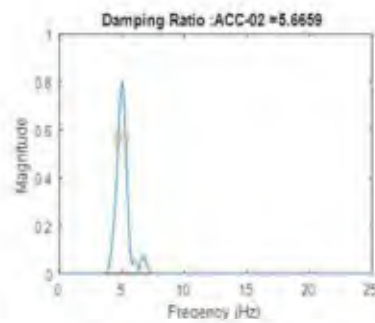
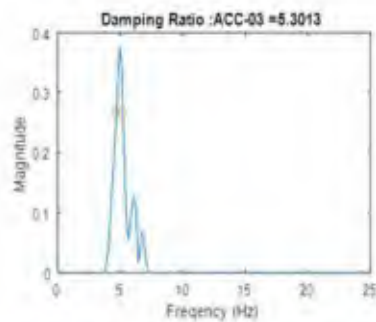
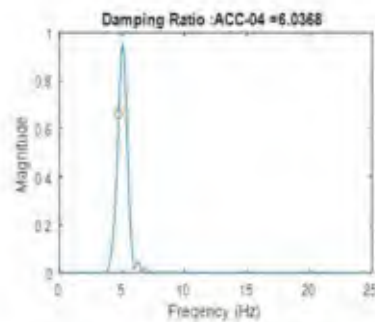
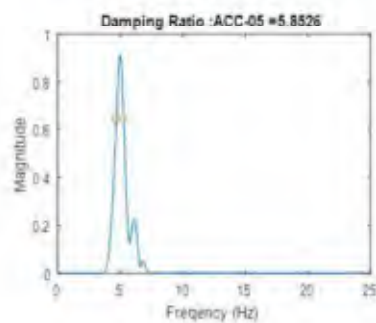
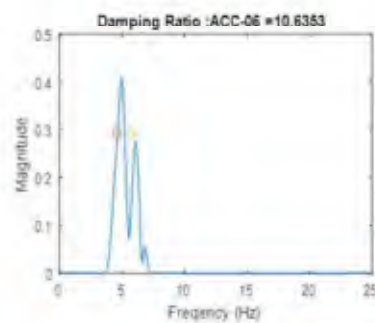


Dynamic Load Test 3 : 40 km/hr

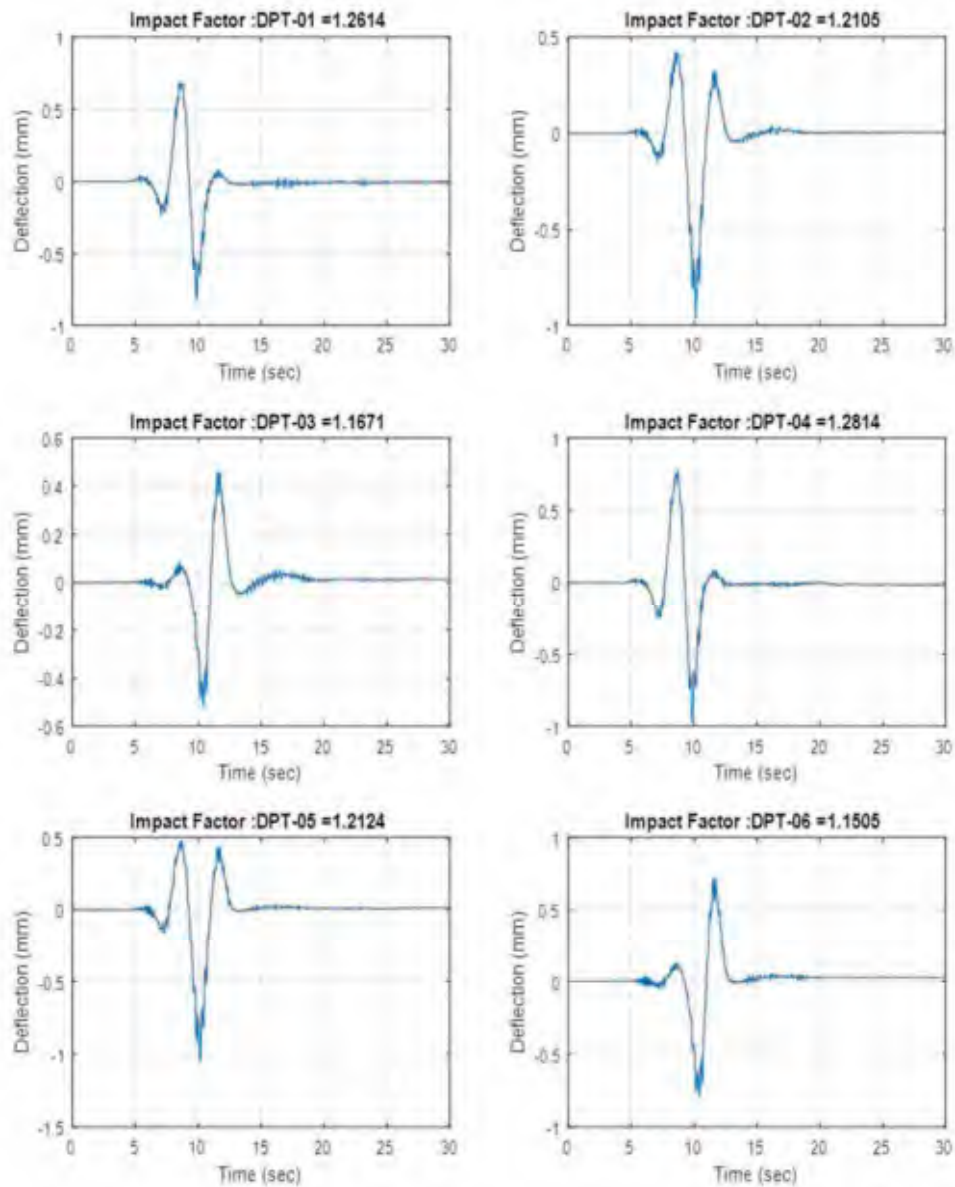


1

Dynamic Load Test 3 : 40 km/hr



Dynamic Load Test 3 : 40 km/hr



ตารางที่ 6.8-8 ผลการวิเคราะห์ Natural Frequency, Mode Shape, Damping Ratio และ Impact Factor

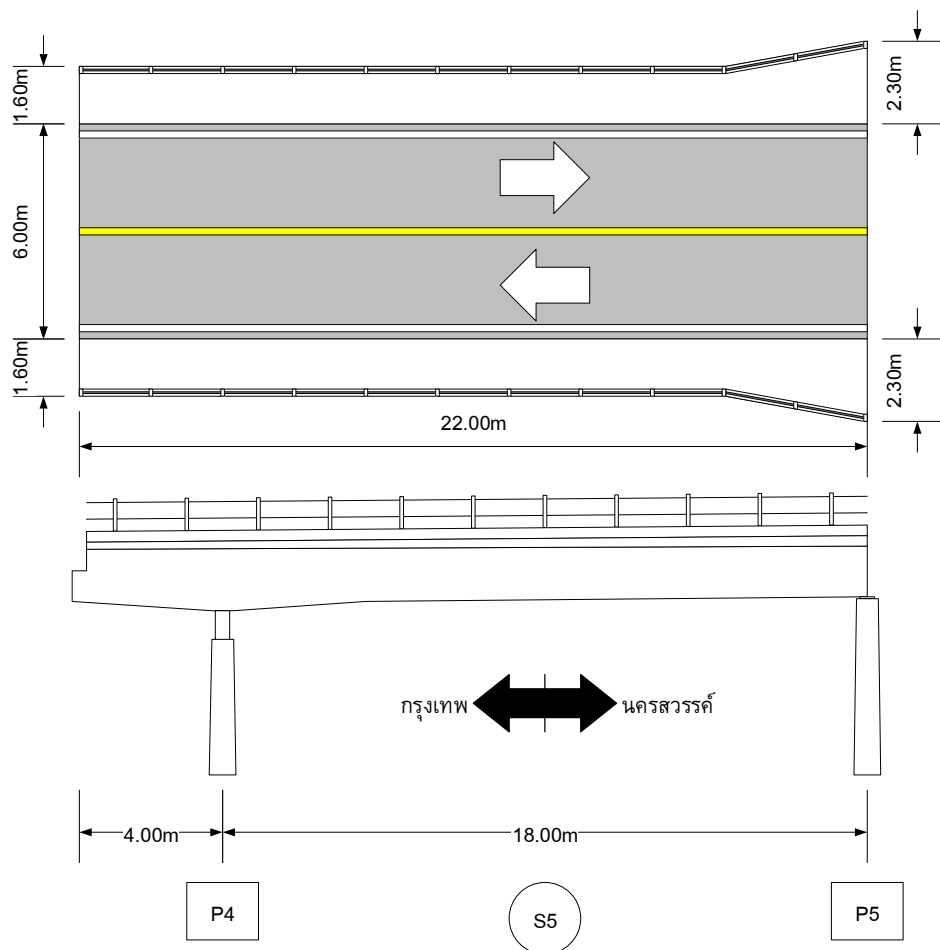
Dynamic Case	Speed (km/h)	Frequency (Hz)	Mode Shape (1st Mode)	Damping Ratio (%)	Impact Factor (IM)
Dynamic1	20	5.078	Bending Mode	4.639 - 5.187	1.156 - 1.290
Dynamic2	34	4.981	Bending Mode	5.140 - 5.276	1.063 - 1.183
Dynamic3	40	4.981	Bending Mode	5.301 - 10.635	1.151 - 1.281



6.9 ผลการตรวจวัดพฤติกรรมสะพานช่วงที่ 5 (Span 5)

โครงการนี้ได้ดำเนินการตรวจวัดพฤติกรรมโครงสร้างสะพานช่วงที่ 5 (Span 5) ความยาวช่วงระหว่างรอยต่อสะพานเท่ากับ 22 เมตร ความยาวช่วงระหว่างตอม่อเท่ากับ 18 เมตร โดยทำการทดสอบสะพานภายใต้สภาวะควบคุม ประกอบด้วย การทดสอบแบบสถิต และการทดสอบแบบพลวัต เมื่อวันที่ 3 มิถุนายน 2563 ซึ่งมีรายละเอียดการตรวจวัดพฤติกรรมโครงสร้างสะพาน ดังนี้

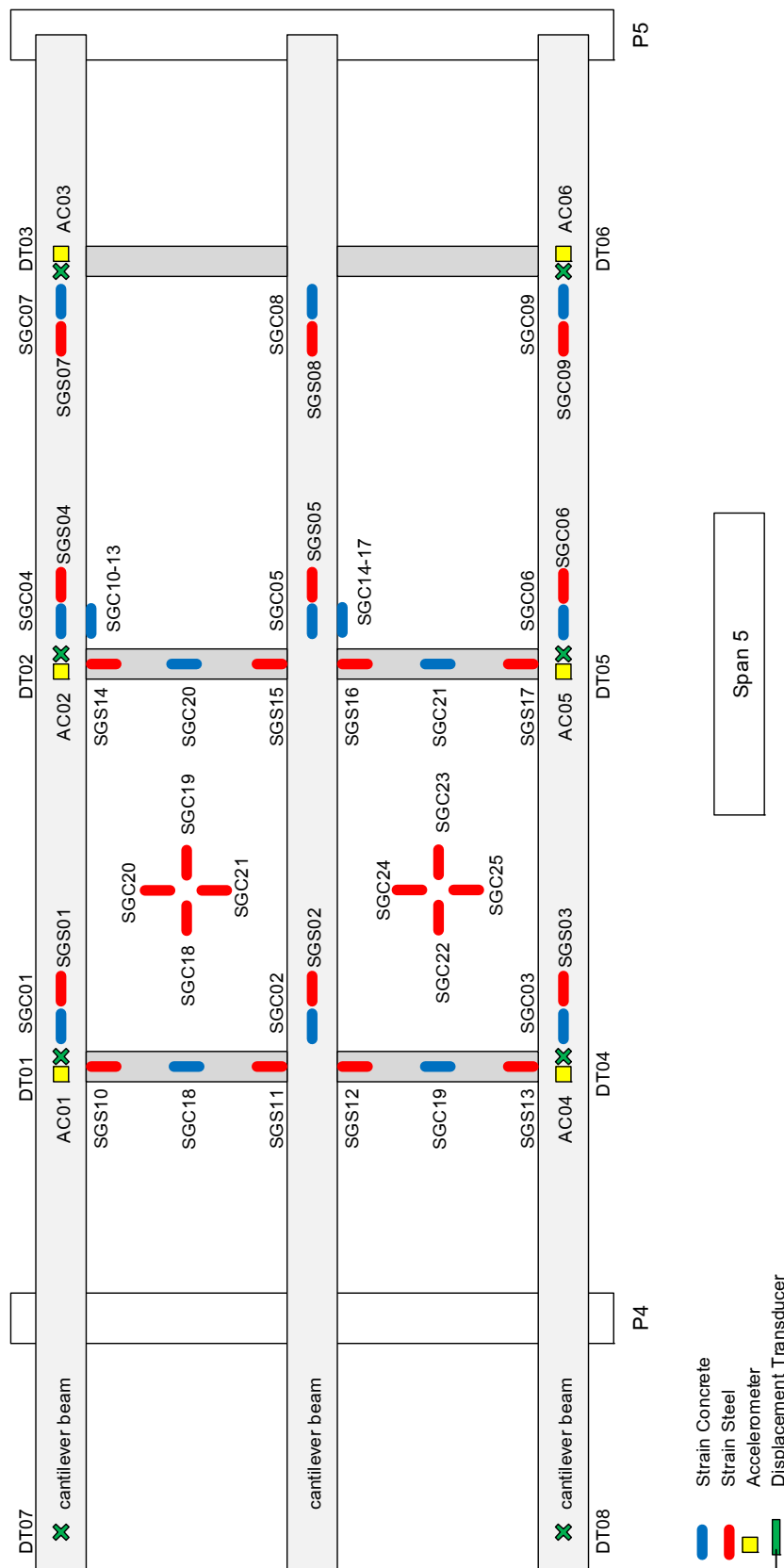
6.9.1. ช่วงสะพานทดสอบ



รูปที่ 6.9-1 ช่วงสะพานทดสอบ

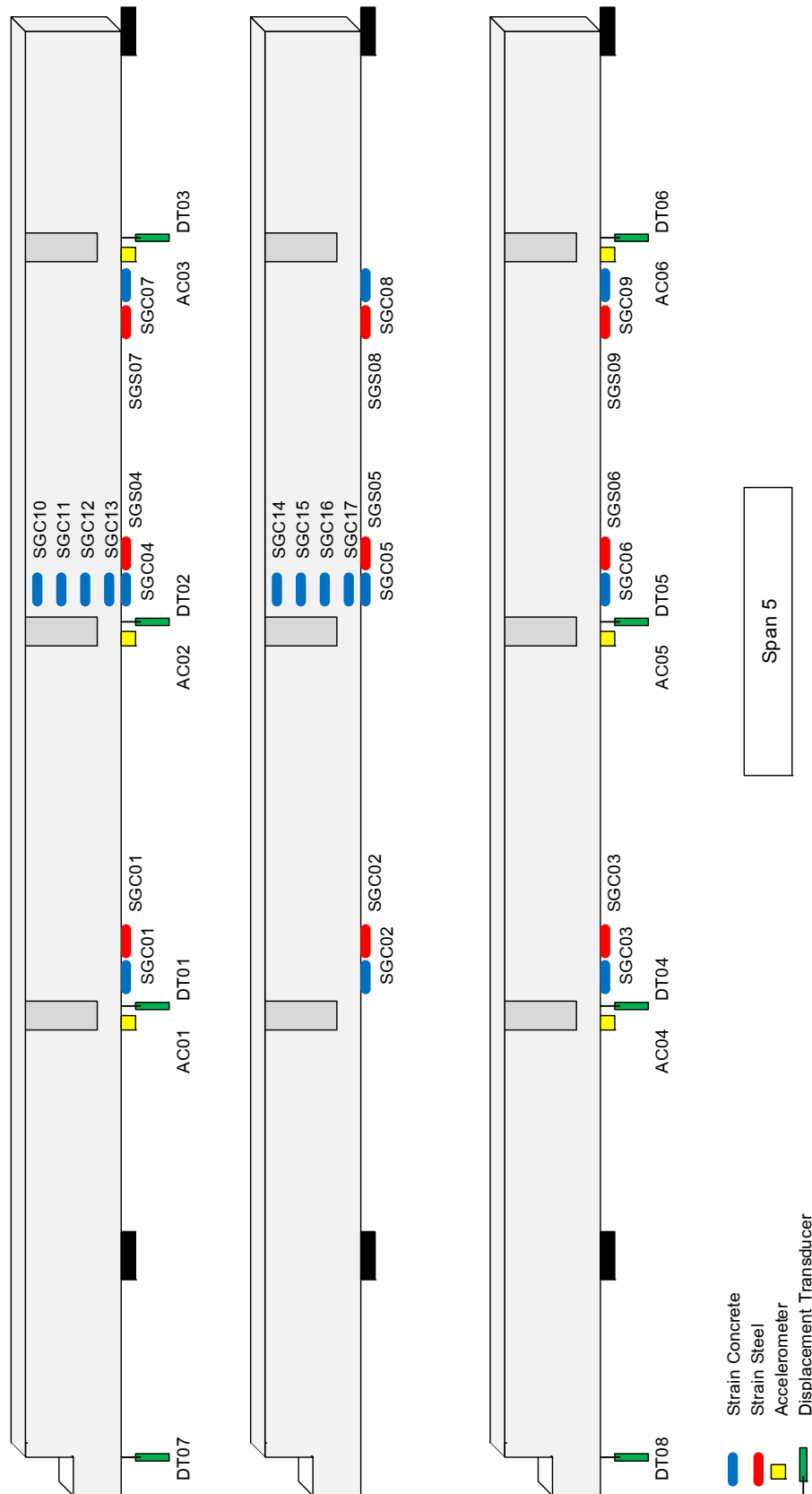
6.9.2. ตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัด

ในช่วงสะพานนี้ทำการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดความเครียดสำหรับคอนกรีต (Strain Gauge Concrete) จำนวน 21 ตำแหน่ง อุปกรณ์ตรวจวัดความเครียดสำหรับเหล็ก (Strain Gauge Steel) จำนวน 25 ตำแหน่ง อุปกรณ์ตรวจวัดการเคลื่อนที่ (Displacement Transducer) จำนวน 8 ตำแหน่ง และอุปกรณ์ตรวจวัดความเร่งจากการสั่นไหว (Accelerometer) จำนวน 6 ตำแหน่ง โดยมีรายละเอียดดังนี้



รูปที่ 6.9-2 ตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัด





รูปที่ 6.5-2 ตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัด (ต่อ)



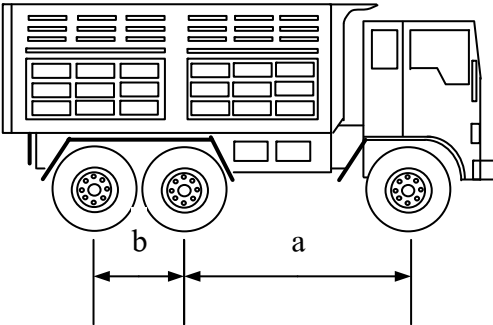
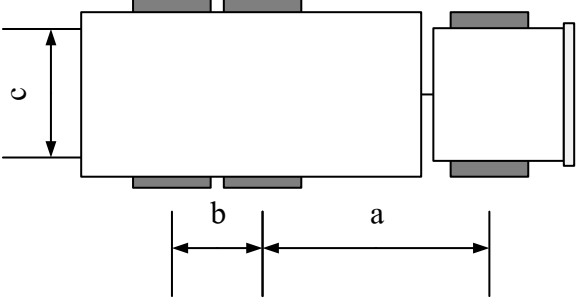
รูปที่ 6.9-3 ภาพการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดสะพานช่วงที่ 5 (Span 5)

6.9.3. น้ำหนักบรรทุกทดสอบ

ในช่วงสะพานนี้ได้ใช้รถบรรทุก 10 ล้อ จำนวน 2 คัน ประกอบด้วย รถบรรทุกเปล่าน้ำหนักรวมประมาณ 10 ตัน และรถบรรทุกน้ำหนักรวมประมาณ 18 ตัน ทดสอบสะพานภายใต้สภาวะควบคุม โดยมีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 6.9-1 น้ำหนักบรรทุกทดสอบ

คันที่	1	2
ประเภท	รถบรรทุกเปล่า (81-5301)	รถบรรทุกน้ำหนัก (81-5222)
น้ำหนักรถบรรทุก (ตัน)	10.570	18.280
ระยะเพลลาที่ 1 ถึง 2 (a, เมตร)	3.90	4.10
ระยะเพลลาที่ 2 ถึง 3 (b, เมตร)	1.30	1.30
ความกว้างฐานล้อ (c, เมตร)	1.90	1.90



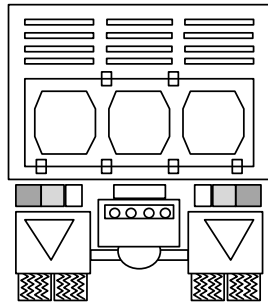
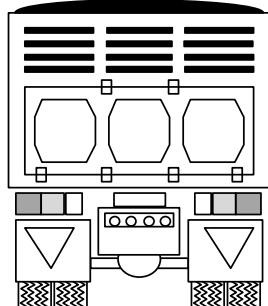
รูปที่ 6.9-4 รถบรรทุกทดสอบ

6.9.4. รูปแบบการทดสอบแบบสถิต

การทดสอบแบบสถิต (Static Test) ประกอบด้วย การทดสอบด้วยรถบรรทุกเปล่าและรถบรรทุกน้ำหนัก หลายรูปแบบโดยมีรายละเอียดดังนี้

- Static 1-1 : ทดสอบด้วยรถบรรทุกเปล่า จอดตามตำแหน่ง L/4, L/2, 3L/4 ของความยาวช่วงระหว่างตอม่อ และ Joint ในช่องจราจรทางซ้าย
- Static 1-2 : ทดสอบด้วยรถบรรทุกเปล่า จอดตามตำแหน่ง L/4, L/2, 3L/4 ของความยาวช่วงระหว่างตอม่อ และ Joint ในช่องจราจรทางขวา
- Static 1-3 : ทดสอบด้วยรถบรรทุกเปล่า จอดตามตำแหน่ง L/4, L/2, 3L/4 ของความยาวช่วงระหว่างตอม่อ และ Joint กึ่งกลางสะพาน
- Static 2-1 : ทดสอบด้วยรถบรรทุกน้ำหนัก จอดตามตำแหน่ง L/4, L/2, 3L/4 ของความยาวช่วงระหว่างตอม่อ และ Joint ในช่องจราจรทางซ้าย
- Static 2-2 : ทดสอบด้วยรถบรรทุกน้ำหนัก จอดตามตำแหน่ง L/4, L/2, 3L/4 ของความยาวช่วงระหว่างตอม่อ และ Joint ในช่องจราจรทางขวา
- Static 2-3 : ทดสอบด้วยรถบรรทุกน้ำหนัก จอดตามตำแหน่ง L/4, L/2, 3L/4 ของความยาวช่วงระหว่างตอม่อ และ Joint กึ่งกลางสะพาน

ตารางที่ 6.9-2 สัญลักษณ์รถบรรทุกทดสอบ

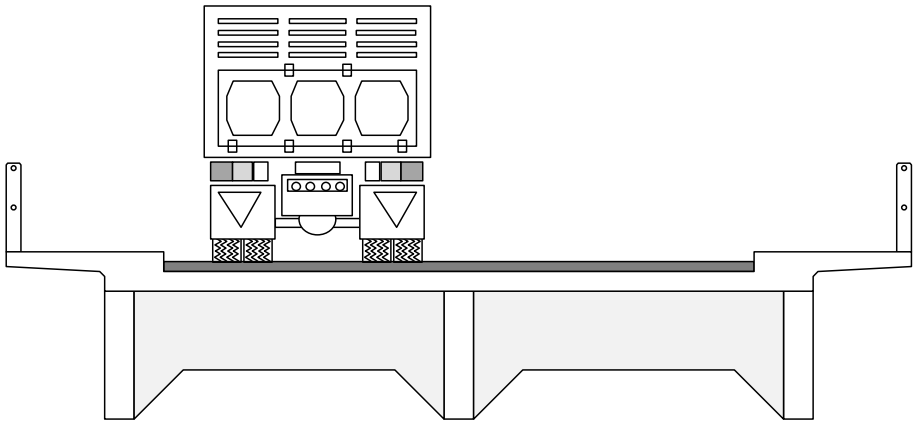
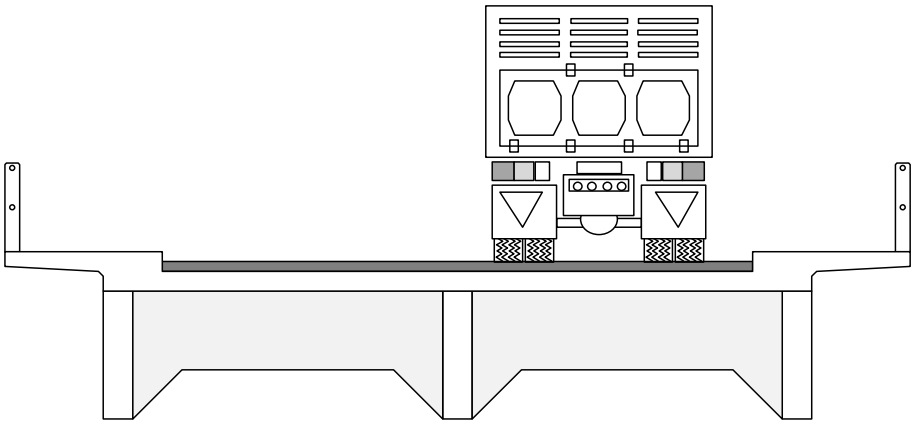
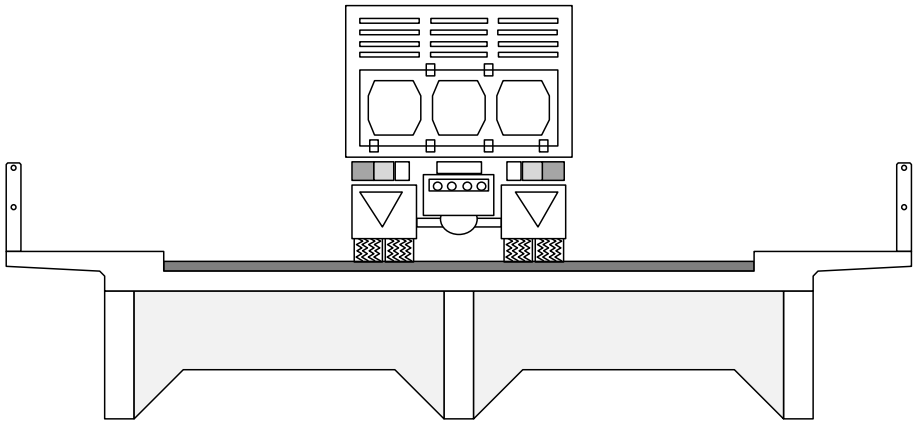
รถบรรทุก	สัญลักษณ์
รถบรรทุกเปล่า	
รถบรรทุกน้ำหนัก	



ตารางที่ 6.9-3 ระยะจอตลอดบรรทุกตามตำแหน่ง L/4, L/2, 3L/4 และ Joint

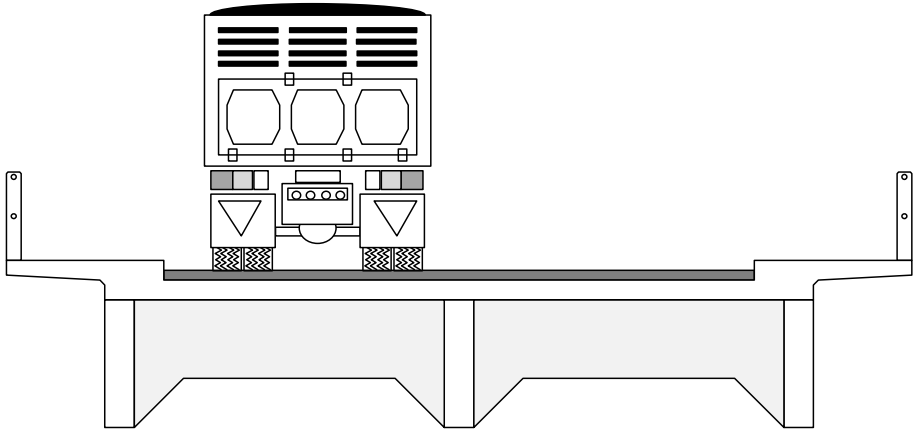
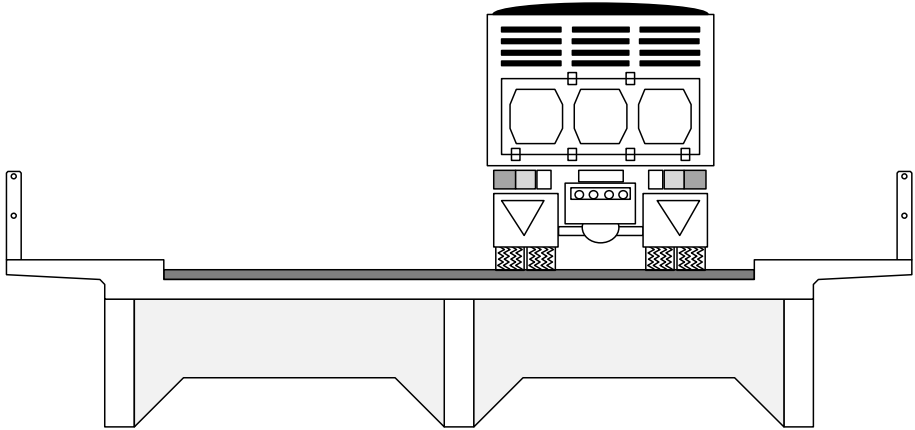
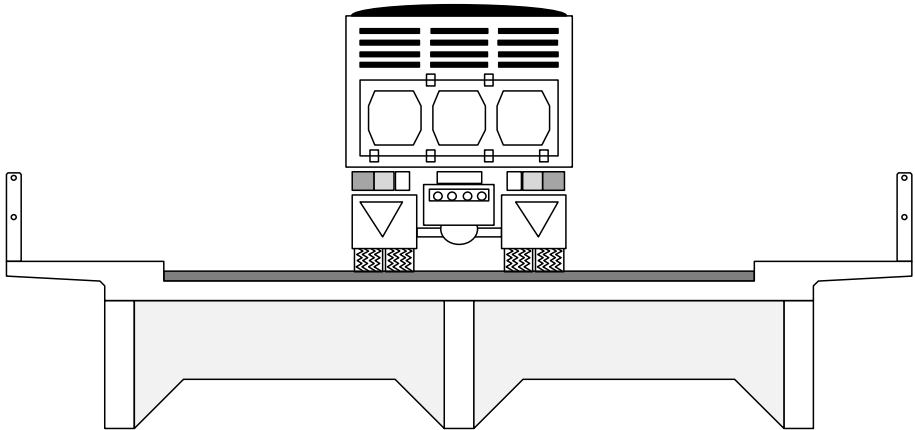
ระยะ	ตำแหน่งจอตลอดบรรทุก
L/4	
L/2	
3L/4	
Joint	

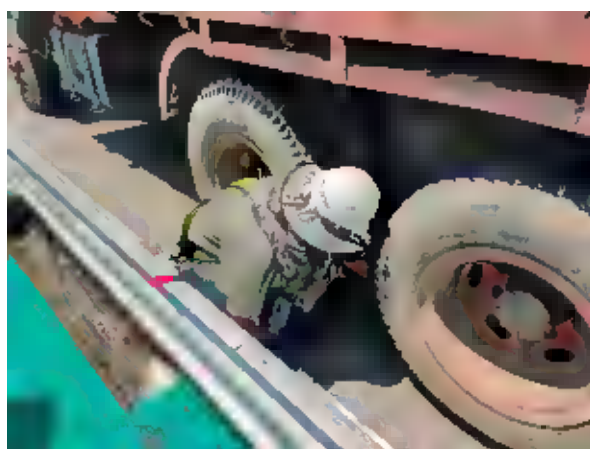
ตารางที่ 6.9-4 รูปแบบการทดสอบแบบสถิต ด้วยรถบรรทุกเปล่า

Case	Pattern
Static 1-1	
Static 1-2	
Static 1-3	



ตารางที่ 6.9-5 รูปแบบการทดสอบแบบสถิต ด้วยรถบรรทุกน้ำหนัก

Case	Pattern
Static 2-1	
Static 2-2	
Static 2-3	



รูปที่ 6.9-5 ภาพการทดสอบแบบสถิต



6.9.5. ผลการตรวจวัดพฤติกรรมสะพานแบบสถิต

ตารางที่ 6.9-6 ผลการตรวจวัดพฤติกรรมสะพานแบบสถิต ด้วยรถบรรทุกเปล่า

Time (s)	Static 1-1				Static 1-2				Static 1-3			
	L/4	L/2	3L/4	Joint	L/4	L/2	3L/4	Joint	L/4	L/2	3L/4	Joint
DT-01	-0.515	-0.563	-0.326	0.171	-0.092	-0.102	-0.060	0.086	-0.282	-0.329	-0.220	0.069
DT-02	-0.708	-0.848	-0.527	0.244	-0.141	-0.158	-0.107	0.116	-0.379	-0.470	-0.314	0.089
DT-03	-0.449	-0.605	-0.433	0.133	-0.102	-0.137	-0.091	0.091	-0.280	-0.375	-0.275	0.048
DT-04	-0.151	-0.150	-0.040	0.115	-0.543	-0.573	-0.311	0.251	-0.327	-0.335	-0.118	0.199
DT-05	-0.305	-0.339	-0.213	0.124	-0.873	-1.088	-0.735	0.250	-0.578	-0.681	-0.417	0.197
DT-06	-0.207	-0.235	-0.154	0.065	-0.529	-0.748	-0.575	0.160	-0.366	-0.470	-0.311	0.117
DT-07	0.254	0.263	0.145	-0.271	0.122	0.135	0.105	-0.043	0.115	0.138	0.072	-0.155
DT-08	0.145	0.145	0.074	-0.138	0.483	0.536	0.366	-0.370	0.278	0.306	0.158	-0.289
SGC-01	22.445	17.595	7.921	-10.675	7.396	8.046	4.840	-3.525	10.460	9.510	3.985	-6.953
SGC-02	46.531	25.981	7.635	-17.639	63.530	51.310	35.190	-5.458	47.590	29.090	7.456	-16.640
SGC-03	12.297	12.887	6.307	-8.481	54.288	42.578	21.708	-16.142	27.342	23.752	10.162	-14.678
SGC-04	43.441	54.171	28.771	-14.099	10.304	11.896	8.731	-4.781	19.483	24.903	15.263	-6.569
SGC-05	29.213	40.773	18.463	-9.577	32.334	47.434	28.344	-7.811	29.988	48.328	20.728	-7.837
SGC-06	18.914	21.184	13.894	-9.085	68.850	92.040	62.030	-15.610	39.168	48.138	28.818	-15.052
SGC-07	7.960	12.323	10.633	-2.740	3.573	4.996	3.996	-1.500	5.071	7.940	5.611	-1.392
SGC-08	3.158	6.121	6.152	-0.927	2.592	6.563	8.048	-0.973	2.779	6.527	7.321	-0.738
SGC-09	11.577	15.097	9.627	-5.258	32.645	58.875	54.395	-4.687	18.974	32.724	25.314	-6.896
SGC-10	2.871	4.438	4.000	0.446	2.379	3.010	4.350	1.020	0.152	-0.571	-1.541	0.198
SGC-11	-0.052	1.248	1.073	0.252	-0.500	-0.588	0.092	0.400	-0.886	-1.140	-0.821	0.065
SGC-12	7.423	6.173	2.373	3.119	8.538	6.427	7.679	5.869	6.665	7.258	1.619	5.908
SGC-13	0.385	1.396	1.039	-1.050	0.350	0.163	0.267	-0.006	0.021	0.185	-0.210	-0.106
SGC-14	6.085	7.444	3.489	-1.031	4.619	8.323	6.327	-1.060	4.228	8.407	4.384	-0.346
SGC-15	4.884	6.402	2.809	-0.298	3.656	4.923	4.016	-0.123	3.069	5.796	2.540	-0.219
SGC-16	2.528	3.421	1.409	0.231	1.090	1.246	1.263	-0.350	1.027	1.229	0.756	0.650
SGC-17	2.600	3.223	1.250	0.196	2.469	2.407	1.644	-0.283	1.911	1.950	0.619	0.040
SGC-18	10.064	12.754	6.300	-1.196	3.144	2.898	3.325	-0.275	9.456	10.586	5.517	0.088
SGC-19	8.844	8.386	7.651	-1.557	41.916	66.476	23.576	-0.865	38.413	54.693	20.223	-0.994
SGC-20	5.981	32.560	44.780	-1.215	2.041	3.716	0.346	-0.335	6.909	24.234	24.054	-0.102
SGC-21	0.362	0.908	-0.277	-0.246	0.137	3.575	4.092	-0.331	1.523	2.929	3.366	-0.223

ตารางที่ 6.5-6 ผลการตรวจวัดพฤติกรรมสะพานแบบสถิต ด้วยรถบรรทุกเปล่า (ต่อ)

Time (s)	Static 1-1				Static 1-2				Static 1-3			
	L/4	L/2	3L/4	Joint	L/4	L/2	3L/4	Joint	L/4	L/2	3L/4	Joint
SGS-01	26.988	22.368	10.148	-12.773	7.498	7.892	5.025	-4.731	13.250	12.600	6.019	-7.143
SGS-02	31.978	20.598	6.696	-12.272	30.505	21.325	9.362	-12.085	31.231	20.481	4.738	-12.149
SGS-03	9.302	9.279	4.310	-6.852	34.095	28.235	15.575	-14.755	19.043	15.153	6.263	-12.107
SGS-04	28.592	37.032	19.332	-11.428	8.988	11.501	6.517	-5.310	14.850	19.880	10.600	-6.219
SGS-05	22.439	31.189	13.669	-6.794	23.604	34.404	19.974	-5.614	22.954	36.034	15.424	-5.373
SGS-06	9.000	10.739	5.487	-5.494	33.254	44.654	27.854	-10.086	21.091	25.601	14.181	-7.564
SGS-07	13.575	23.585	19.225	-5.561	5.698	8.013	5.583	-2.231	9.296	14.735	10.325	-1.998
SGS-08	5.054	16.425	19.765	-2.529	5.515	17.422	20.972	-1.575	4.821	18.402	23.932	-1.673
SGS-09	9.650	11.600	7.354	-2.888	21.385	36.735	32.855	-3.933	13.962	21.832	15.642	-4.444
SGS-10	9.815	16.482	5.698	-0.633	-1.854	-1.615	-0.379	0.227	2.010	4.094	2.869	0.650
SGS-11	26.620	34.890	16.640	-3.779	14.489	15.509	12.139	-4.431	32.800	46.730	24.320	-2.742
SGS-12	19.942	22.652	13.652	-2.111	20.605	26.615	15.765	-3.158	30.928	45.018	23.308	-0.958
SGS-13	-1.215	-0.827	0.002	0.066	7.701	12.383	4.596	-1.376	3.863	5.392	2.890	0.967
SGS-14	1.528	11.290	13.720	-0.762	-1.094	-1.546	-2.939	-0.135	1.583	3.452	3.246	-0.235
SGS-15	10.521	26.504	25.574	-1.285	5.663	12.926	9.350	-2.510	14.701	33.341	32.691	-0.800
SGS-16	10.307	17.534	12.904	-0.265	6.513	22.792	26.132	-2.146	16.026	38.206	39.096	0.988
SGS-17	1.782	2.146	-0.100	-0.464	0.794	8.571	12.278	-0.319	0.442	3.664	3.364	-2.463
SGS-18	-1.396	2.110	-5.033	-0.336	-2.115	-2.296	-1.588	-0.742	-2.444	-0.671	-1.981	0.944
SGS-19	-0.404	2.321	-3.875	-0.015	-1.642	-1.096	-0.915	0.088	-1.989	-0.798	-1.650	0.556
SGS-20	4.106	6.677	4.200	-0.650	-0.256	-0.008	-0.527	0.006	0.604	-0.546	1.103	0.050
SGS-21	3.648	5.667	3.396	-0.510	-0.073	0.373	-0.223	0.121	0.208	-0.640	0.206	-0.363
SGS-22	0.446	0.615	1.056	1.108	-0.525	4.727	-1.286	0.594	-0.473	0.775	-1.165	1.075
SGS-23	0.081	-0.113	0.675	0.877	-0.911	4.342	-1.692	0.519	-0.929	0.056	-1.542	1.140
SGS-24	1.992	2.177	1.273	0.202	3.229	5.683	7.667	-0.346	3.338	7.561	4.006	0.802
SGS-25	1.633	1.973	1.102	0.763	2.556	4.775	6.225	-0.110	3.025	5.866	3.460	0.610



ตารางที่ 6.9-7 ผลการตรวจวัดพฤติกรรมสะพานแบบสถิต ด้วยรถบรรทุกน้ำหนัก

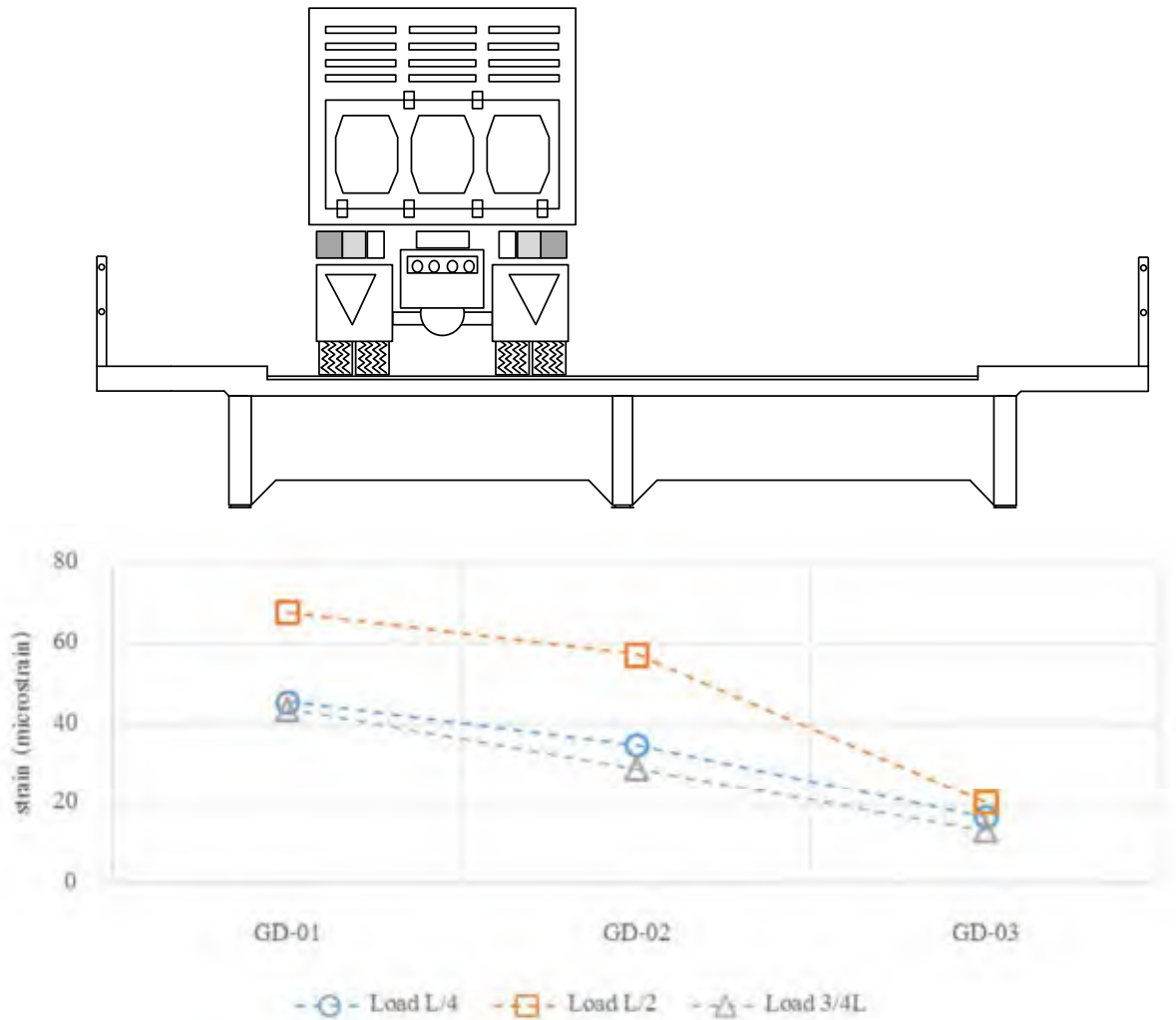
Time (s)	Static 2-1				Static 2-2				Static 2-3			
	L/4	L/2	3L/4	Joint	L/4	L/2	3L/4	Joint	L/4	L/2	3L/4	Joint
DT-01	-0.855	-0.940	-0.568	0.334	-0.258	-0.305	-0.196	0.081	-0.382	-0.438	-0.238	0.185
DT-02	-1.130	-1.451	-0.951	0.444	-0.332	-0.393	-0.242	0.134	-0.615	-0.723	-0.441	0.220
DT-03	-0.694	-1.012	-0.785	0.247	-0.303	-0.414	-0.298	0.067	-0.442	-0.601	-0.432	0.116
DT-04	-0.265	-0.297	-0.131	0.196	-0.960	-1.046	-0.547	0.443	-0.575	-0.632	-0.313	0.338
DT-05	-0.475	-0.575	-0.366	0.241	-1.444	-1.839	-1.151	0.490	-0.915	-1.141	-0.709	0.406
DT-06	-0.253	-0.328	-0.202	0.181	-0.902	-1.267	-0.935	0.303	-0.572	-0.782	-0.543	0.256
DT-07	0.408	0.470	0.284	-0.474	0.113	0.149	0.067	-0.156	0.252	0.309	0.188	-0.293
DT-08	0.264	0.312	0.193	-0.230	0.750	0.857	0.498	-0.746	0.488	0.570	0.343	-0.509
SGC-01	35.381	28.611	14.841	-21.249	9.941	11.771	5.483	-7.888	18.897	19.137	9.490	-12.383
SGC-02	81.166	53.096	18.706	-29.964	84.151	61.201	16.721	-30.499	87.719	53.559	13.559	-31.761
SGC-03	22.816	25.726	15.086	-12.844	107.608	85.368	29.518	-31.352	55.361	51.071	20.871	-25.409
SGC-04	73.083	106.403	60.513	-22.588	16.504	21.074	12.814	-9.187	37.301	47.931	31.231	-12.189
SGC-05	47.349	77.299	38.549	-16.221	50.848	88.198	38.518	-16.542	50.985	91.395	40.695	-16.525
SGC-06	30.783	38.143	26.193	-15.898	106.953	149.163	88.713	-34.278	63.477	85.337	55.497	-28.953
SGC-07	10.643	19.023	18.083	-4.919	4.704	7.362	4.710	-2.113	7.850	12.821	10.601	-3.173
SGC-08	3.329	8.885	9.425	-2.259	3.127	8.464	12.411	-2.207	2.146	8.957	12.352	-2.023
SGC-09	19.538	28.988	19.968	-8.540	49.038	91.718	84.818	-15.372	31.451	56.261	47.651	-14.339
SGC-10	3.019	6.144	5.836	0.752	0.306	0.619	0.727	0.306	1.607	3.148	6.567	1.442
SGC-11	0.204	1.533	2.396	1.000	-0.848	-0.477	-0.585	-0.175	-0.359	-0.235	0.629	0.823
SGC-12	-3.425	-1.575	-5.140	6.268	7.405	-4.275	-5.406	3.915	-2.740	-9.892	-5.775	2.369
SGC-13	1.178	2.430	2.192	-0.444	-0.523	0.402	-0.283	-0.485	0.186	0.156	0.448	-0.560
SGC-14	9.715	14.160	6.925	-1.854	6.248	12.969	7.729	-2.679	8.648	15.615	8.677	-2.092
SGC-15	6.033	9.200	3.050	-1.936	2.692	4.921	1.519	-1.977	5.969	8.663	3.361	-1.187
SGC-16	3.256	5.302	1.865	-0.604	-0.775	-0.679	-1.815	-1.875	3.077	3.790	1.152	-0.279
SGC-17	3.498	5.235	2.329	-0.708	0.998	1.561	-1.365	-2.010	3.004	3.642	0.085	-1.556
SGC-18	10.839	15.229	9.156	-1.313	4.604	5.392	4.508	-1.615	10.656	13.336	8.327	-1.500
SGC-19	15.815	14.985	14.985	-1.691	66.530	131.330	31.460	-3.250	59.538	98.208	38.428	-3.473
SGC-20	12.083	56.503	100.303	-0.336	4.552	9.558	2.025	-0.900	13.303	43.523	54.493	-0.979
SGC-21	1.461	2.373	0.996	-0.644	0.938	3.894	5.653	-0.238	1.606	2.350	2.067	-0.344

ตารางที่ 6.5-7 ผลการตรวจวัดพฤติกรรมสะพานแบบสถิต ด้วยรถบรรทุกน้ำหนัก (ต่อ)

Time (s)	Static 2-1				Static 2-2				Static 2-3			
	L/4	L/2	3L/4	Joint	L/4	L/2	3L/4	Joint	L/4	L/2	3L/4	Joint
SGS-01	49.079	41.529	21.979	-22.981	12.134	14.134	7.102	-9.475	24.860	24.470	13.020	-14.680
SGS-02	53.118	39.568	15.318	-22.712	52.604	39.134	11.244	-23.796	55.870	37.860	9.892	-24.690
SGS-03	17.236	18.386	11.406	-11.014	55.863	46.893	20.723	-28.998	33.653	31.053	15.063	-21.738
SGS-04	45.690	67.910	43.870	-17.260	15.654	21.344	11.994	-8.373	28.074	39.694	24.854	-8.931
SGS-05	34.948	57.298	28.998	-11.653	36.802	62.322	27.732	-12.078	37.062	66.452	30.702	-11.428
SGS-06	16.690	20.530	13.310	-9.030	52.838	73.968	42.448	-18.432	33.489	44.499	27.309	-15.001
SGS-07	21.577	41.857	40.507	-8.083	9.077	14.087	9.046	-4.021	15.959	26.479	21.279	-3.687
SGS-08	8.469	27.765	39.185	-4.242	8.723	28.085	38.905	-3.986	7.140	28.696	45.266	-3.237
SGS-09	14.389	20.479	13.619	-6.117	32.685	57.495	50.145	-10.435	22.677	37.157	29.157	-9.002
SGS-10	16.913	35.413	13.873	-0.512	-3.081	-2.804	0.192	0.150	4.002	8.950	6.892	0.025
SGS-11	44.780	65.150	37.490	-4.875	29.762	39.112	24.432	-6.664	57.348	88.728	49.418	-5.763
SGS-12	33.363	40.833	27.163	-4.181	36.368	58.708	26.188	-5.355	53.720	81.890	45.340	-4.875
SGS-13	-1.137	-2.000	0.669	-0.096	11.368	21.238	5.794	-1.406	5.215	8.990	5.280	-1.032
SGS-14	3.925	18.886	32.296	-0.498	0.240	-0.602	-2.741	0.325	2.686	7.148	6.238	-1.123
SGS-15	18.769	44.979	47.679	-1.008	13.529	29.849	21.089	-1.554	25.990	61.660	64.200	-1.444
SGS-16	16.699	31.549	21.849	-1.048	13.905	44.325	52.585	-0.929	23.402	62.352	66.602	-2.590
SGS-17	3.050	3.606	0.215	-0.485	1.644	12.944	21.714	-0.338	2.765	7.727	9.031	-1.079
SGS-18	0.354	4.336	-6.358	1.517	-2.102	-2.040	-1.702	0.092	-2.450	2.437	-3.063	0.606
SGS-19	0.175	3.344	-5.269	1.267	-2.162	-2.518	-2.283	0.240	-2.742	3.521	-3.302	0.221
SGS-20	6.323	14.875	11.135	-0.552	-1.290	-1.077	-1.273	-0.119	0.079	-2.577	2.930	-0.504
SGS-21	5.250	12.459	9.256	-0.706	-1.169	-1.069	-1.754	-0.602	-0.325	-2.383	2.223	-0.854
SGS-22	-0.696	-0.706	0.077	0.052	0.304	3.089	-3.113	0.850	-1.902	1.200	-3.077	0.302
SGS-23	-0.881	-0.956	-0.133	0.123	-0.117	2.207	-3.726	0.538	-2.292	0.019	-3.951	-0.050
SGS-24	1.494	2.200	0.373	-1.123	4.640	9.300	7.544	-0.750	5.296	13.518	6.314	-0.888
SGS-25	1.298	1.744	0.333	-0.708	3.979	7.754	6.183	-0.738	3.744	9.615	5.373	-0.498

เมื่อพิจารณาการกระจายค่าความเครียดของเหล็กตามขวางกรณีรถบรรทุกน้ำหนักสามรถแสดงผลได้ดังรูปที่ 6.9-6, รูปที่ 6.5-8 และรูปที่ 6.9-10 เมื่อพิจารณาค่าการแอ่นตัวของคานสะพานกรณีรถบรรทุกน้ำหนักสามรถแสดงได้ดังรูปที่ 6.9-7 รูปที่ 6.9-9 และรูปที่ 6.9-11 เมื่อพิจารณาค่าการแอ่นตัวของคานกรณีบรรทุกน้ำหนักที่รอยต่อสะพานช่วงยื่น แสดงได้ดังรูปที่ 6.9-12

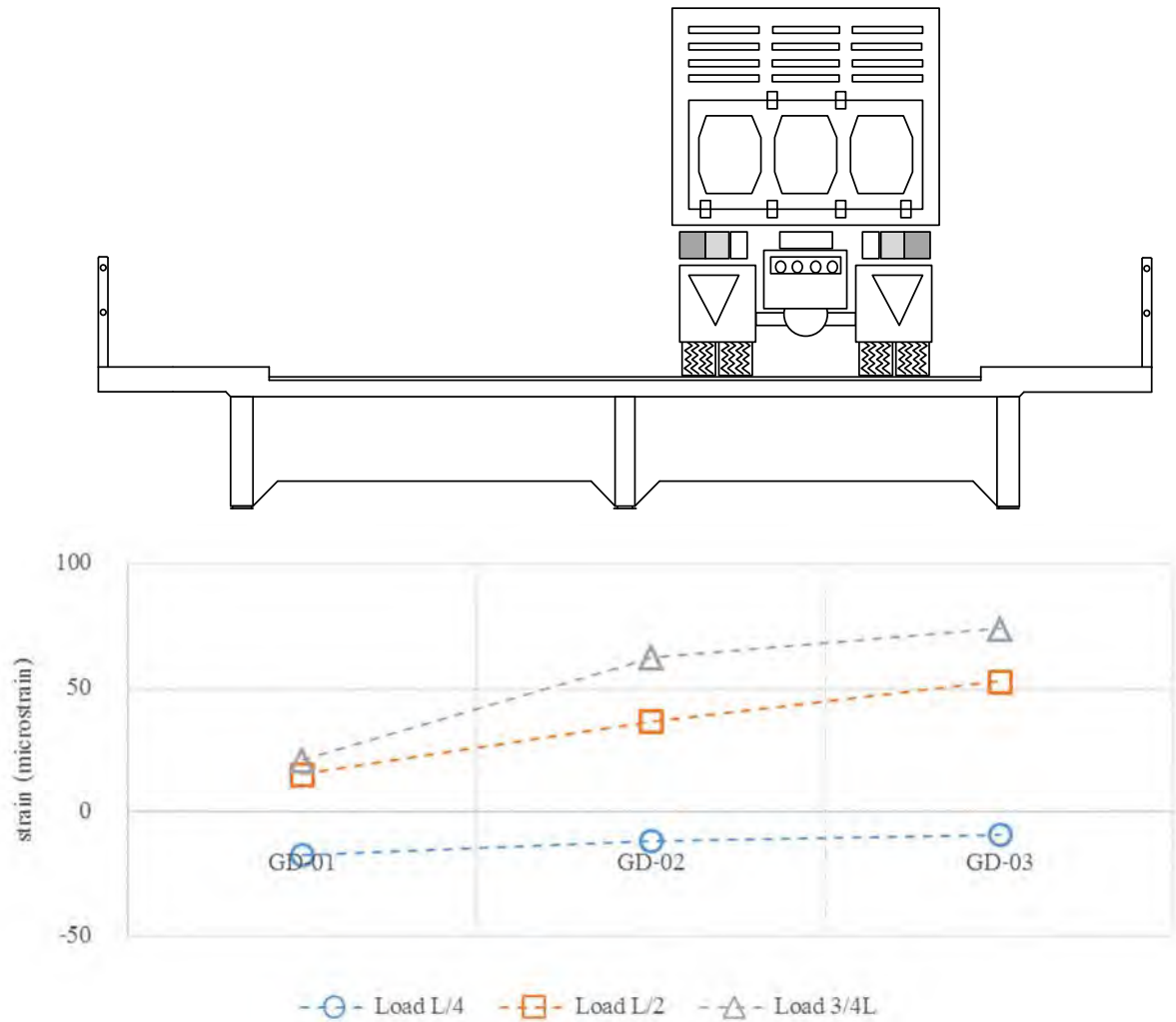




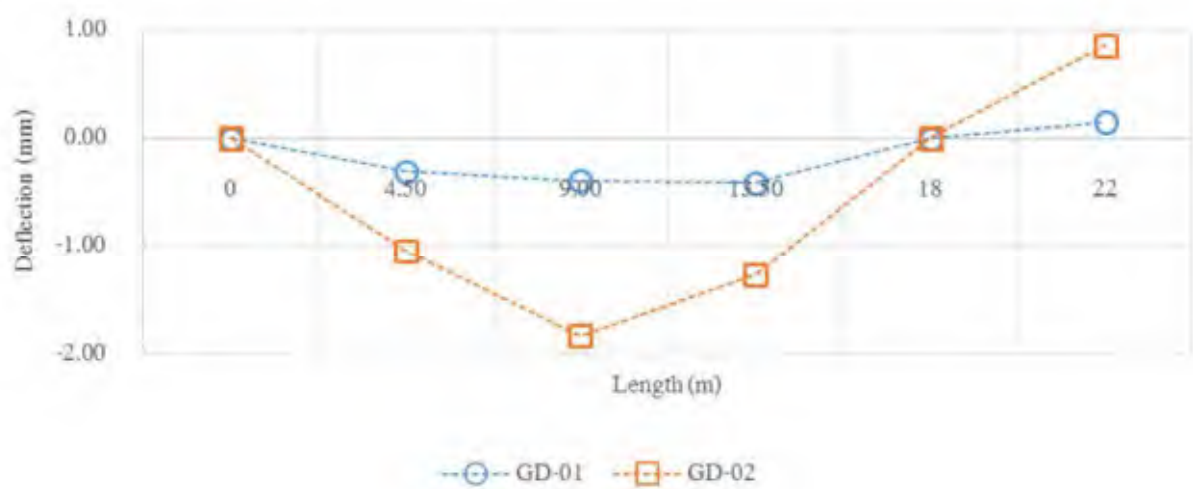
รูปที่ 6.9-6 การกระจายค่าความเครียดของเหล็กตามขวาง Static 2-1 สะพานช่วงที่ 5



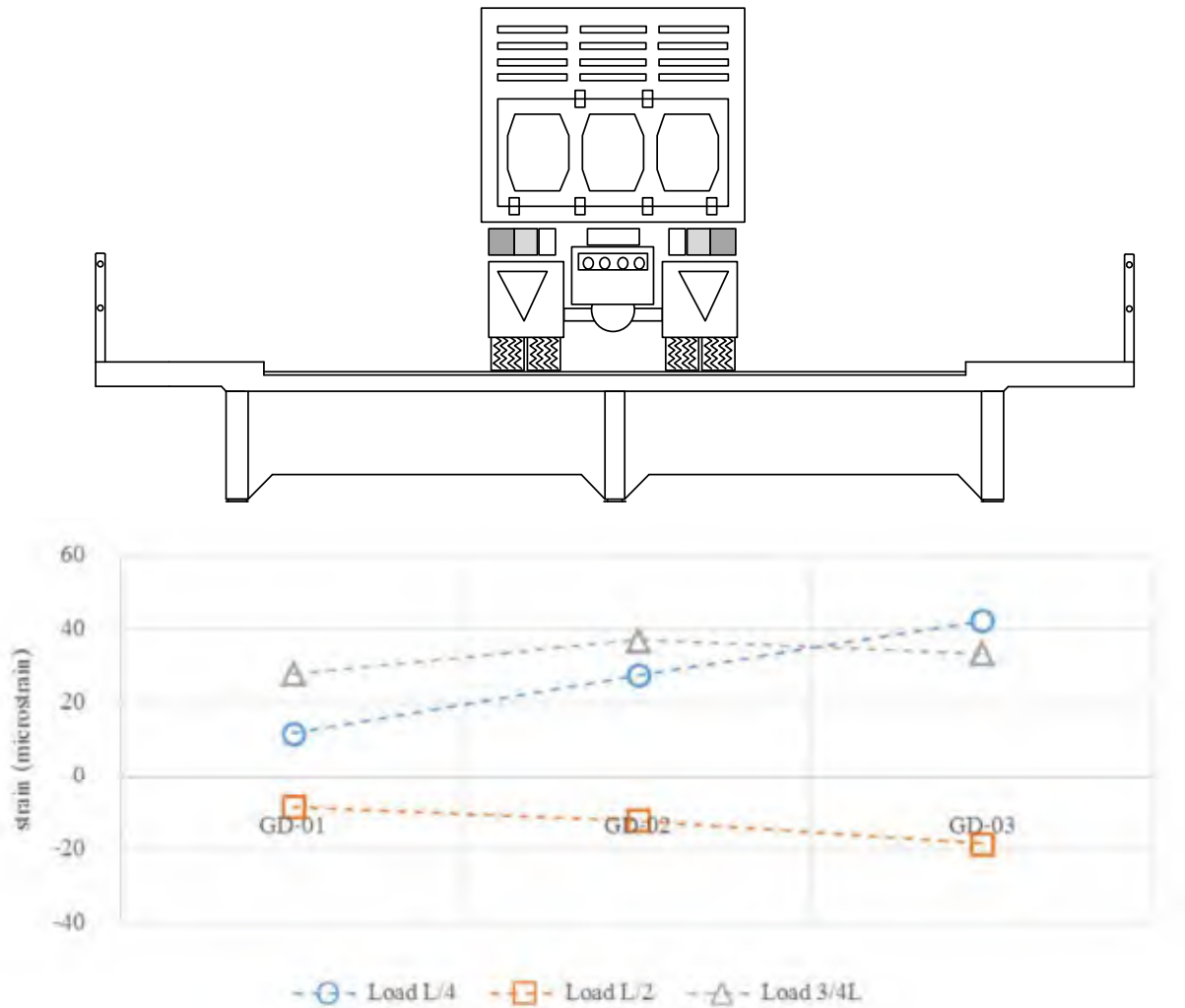
รูปที่ 6.9-7 การกระจายค่าการแอ่นตัวของคานตามยาว Static 2-1 สะพานช่วงที่ 5



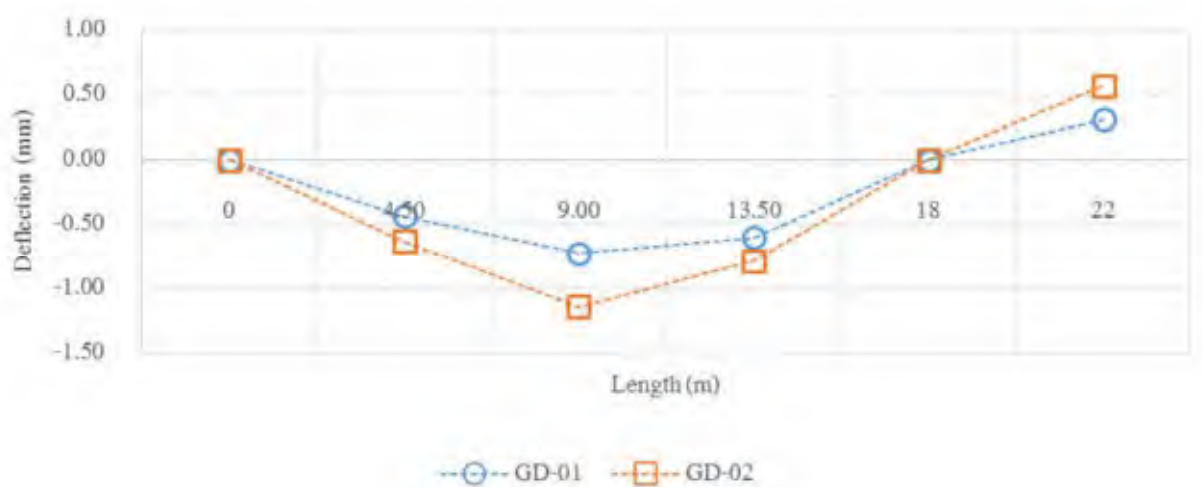
รูปที่ 6.9-8 การกระจายค่าความเครียดของเหล็กตามขวาง Static 2-2 สะพานช่วงที่ 5



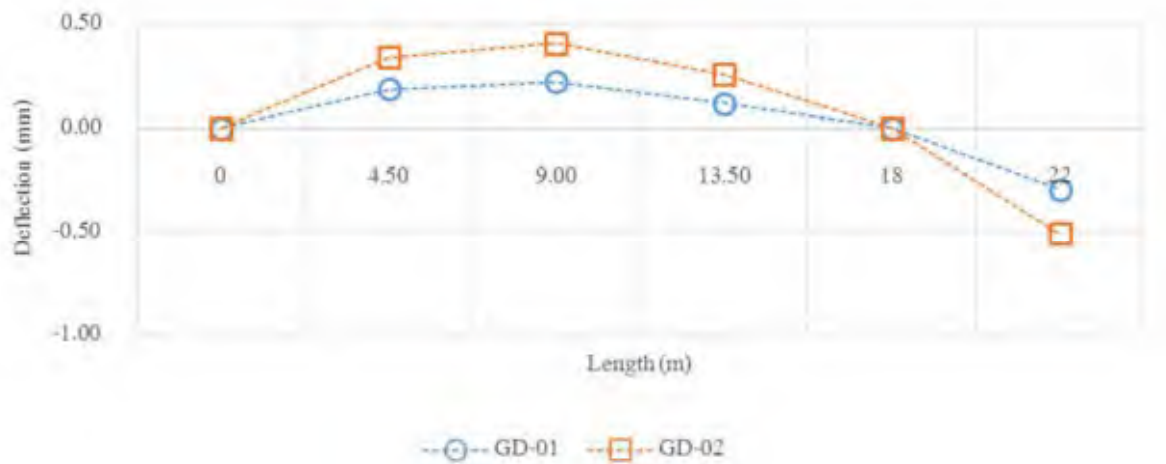
รูปที่ 6.9-9 การกระจายค่าการแอ่นตัวของคานตามยาว Static 2-2 สะพานช่วงที่ 5



รูปที่ 6.9-10 การกระจายค่าความเครียดของเหล็กตามขวาง Static 2-3 สะพานช่วงที่ 5



รูปที่ 6.9-11 การกระจายค่าการแอ่นตัวของคานตามยาว Static 2-3 สะพานช่วงที่ 5



รูปที่ 6.9-12 การกระจายค่าการแอ่นตัวของคานตามยาว กรณีหยุดรถบรรทุกน้ำหนักที่ร้อยละ
สะพานช่วงยื่น สะพานช่วงที่ 5



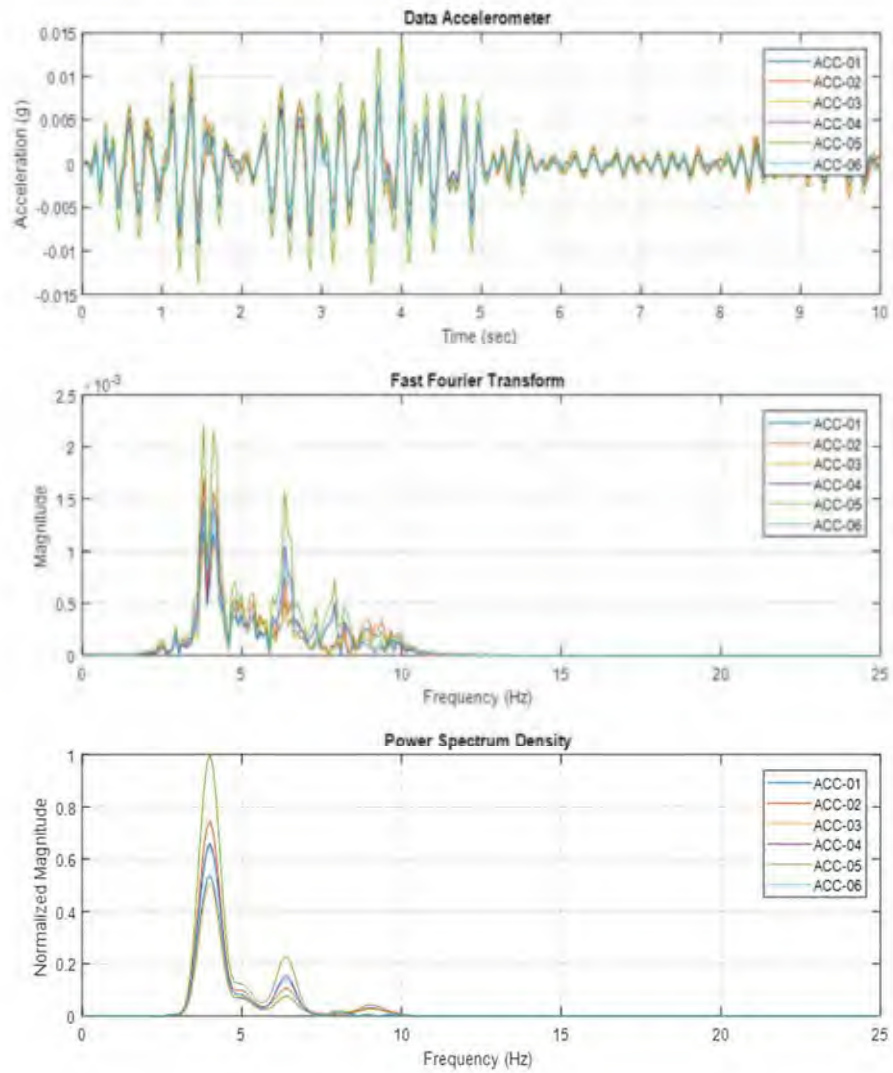
6.9.6. รูปแบบการทดสอบแบบพลวัต

การทดสอบแบบพลวัต (Dynamic Test) เป็นการทดสอบโดยใช้รถบรรทุกน้ำหนัก หลายรูปแบบ โดยมีรายละเอียดดังนี้

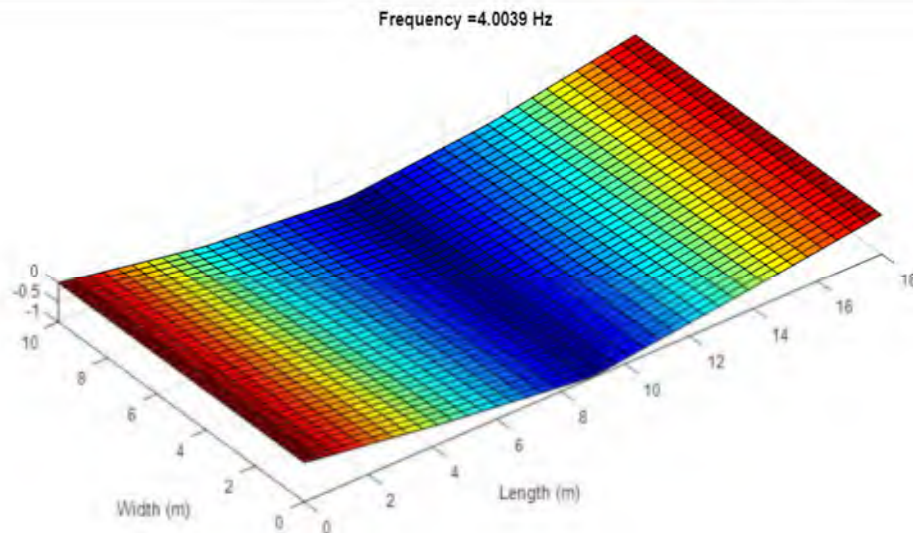
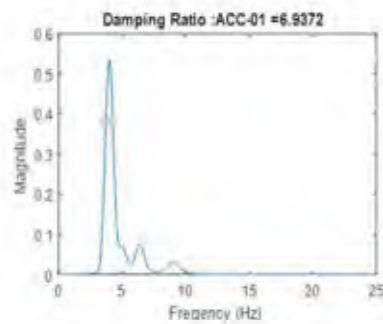
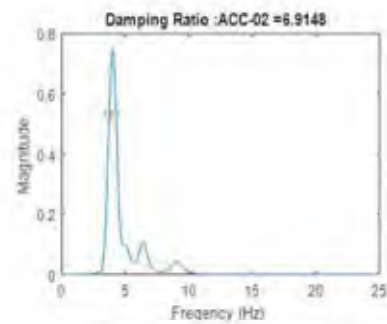
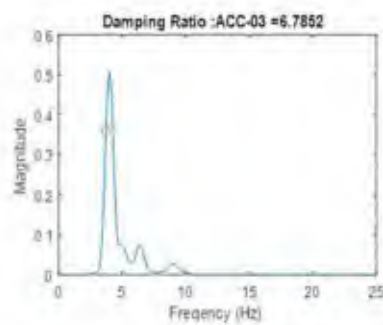
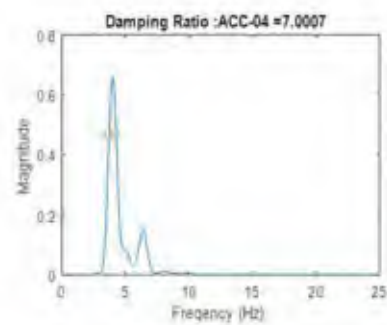
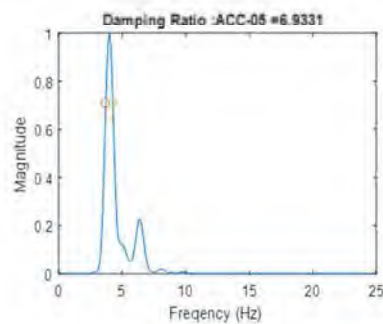
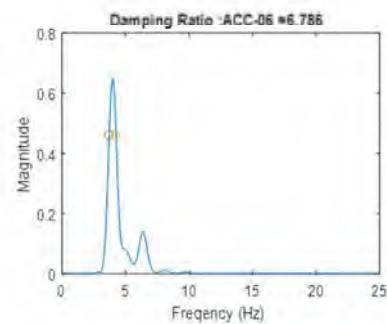
- Dynamic 1 : ทดสอบด้วยรถบรรทุกน้ำหนัก วิ่งด้วยความเร็ว 20 กม./ชม. กึ่งกลางสะพาน
- Dynamic 2 : ทดสอบด้วยรถบรรทุกน้ำหนัก วิ่งด้วยความเร็ว 30 กม./ชม. กึ่งกลางสะพาน
- Dynamic 3 : ทดสอบด้วยรถบรรทุกน้ำหนัก วิ่งด้วยความเร็ว 50 กม./ชม. กึ่งกลางสะพาน

6.9.7. ผลการตรวจวัดพฤติกรรมแบบพลวัต

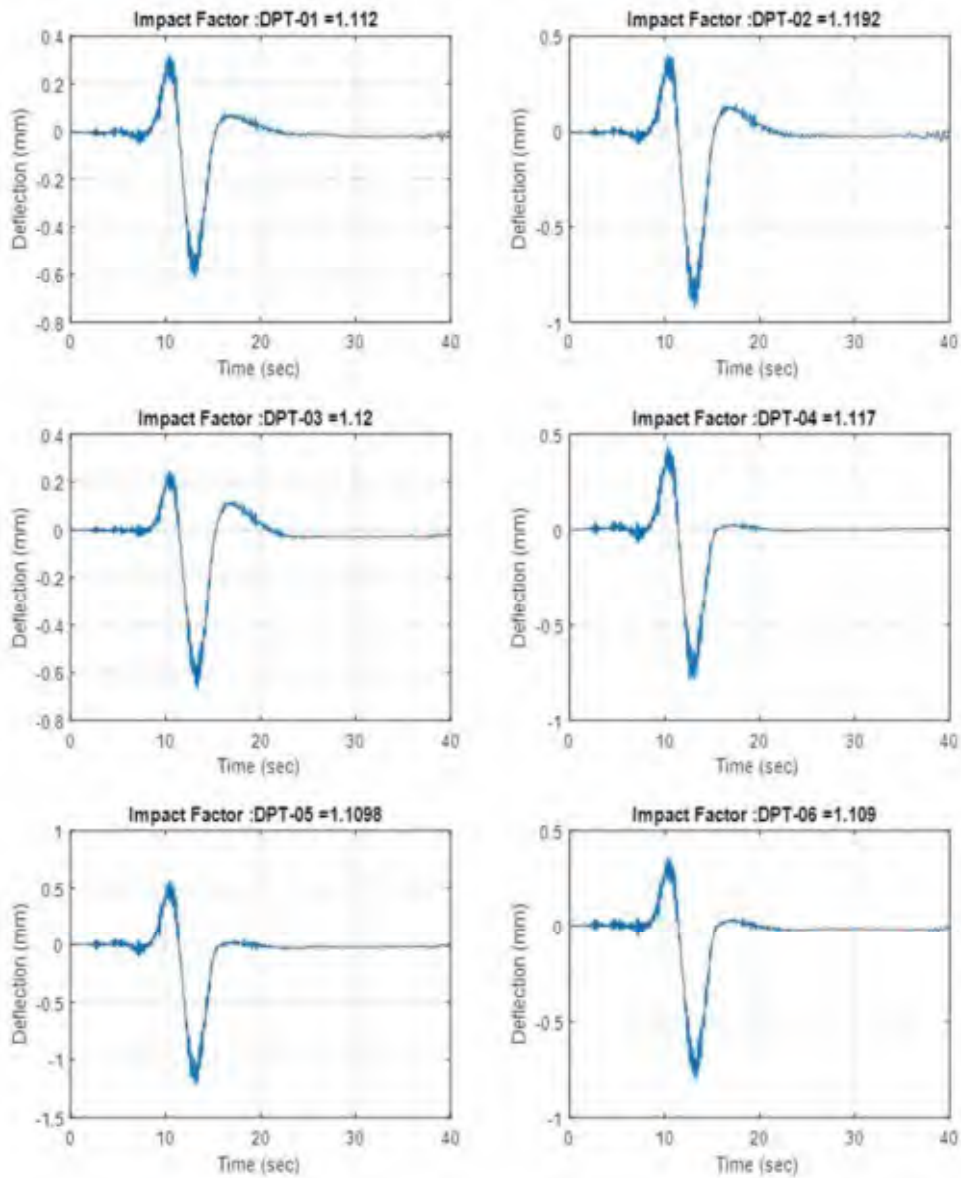
Dynamic Load Test 1 : 20 km/hr



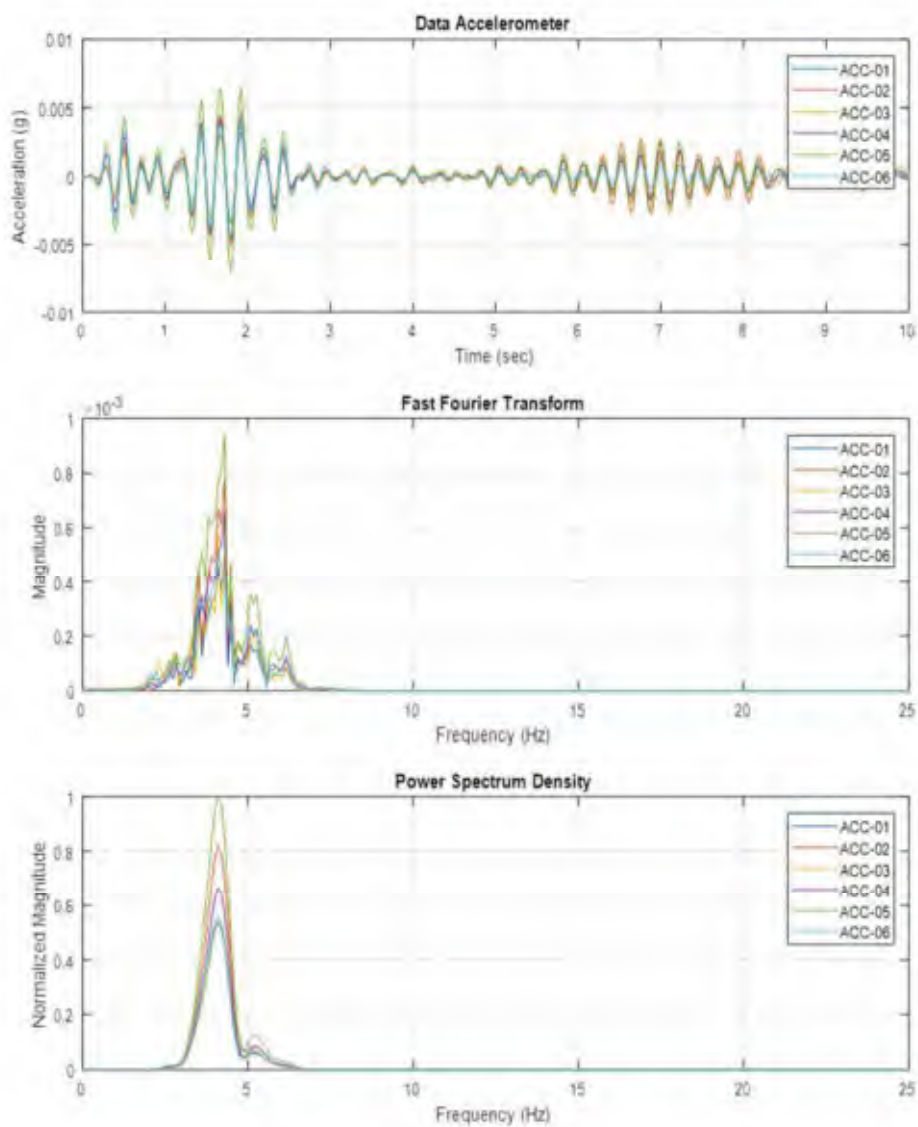
Dynamic Load Test 1 : 20 km/hr



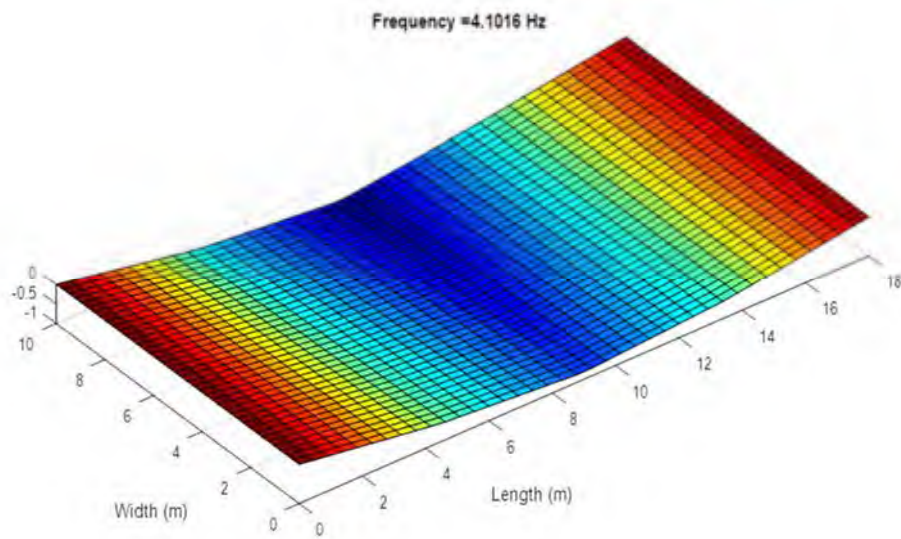
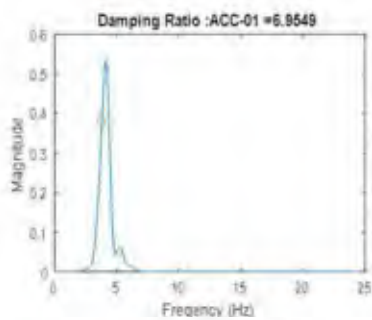
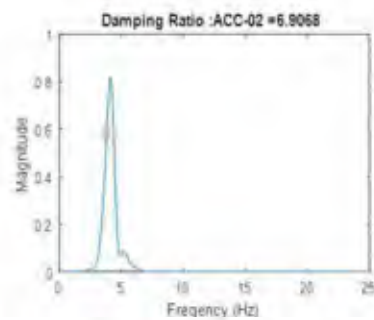
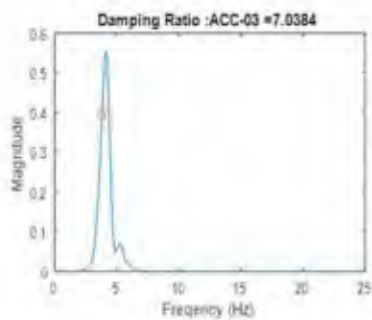
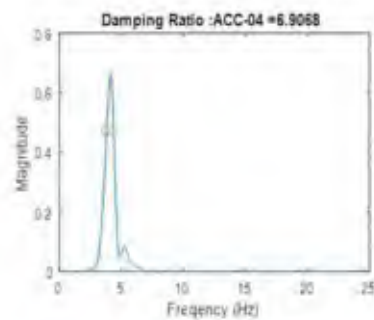
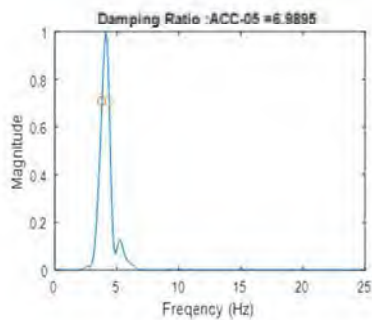
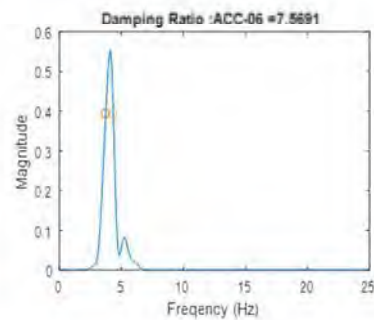
Dynamic Load Test 1 : 20 km/hr



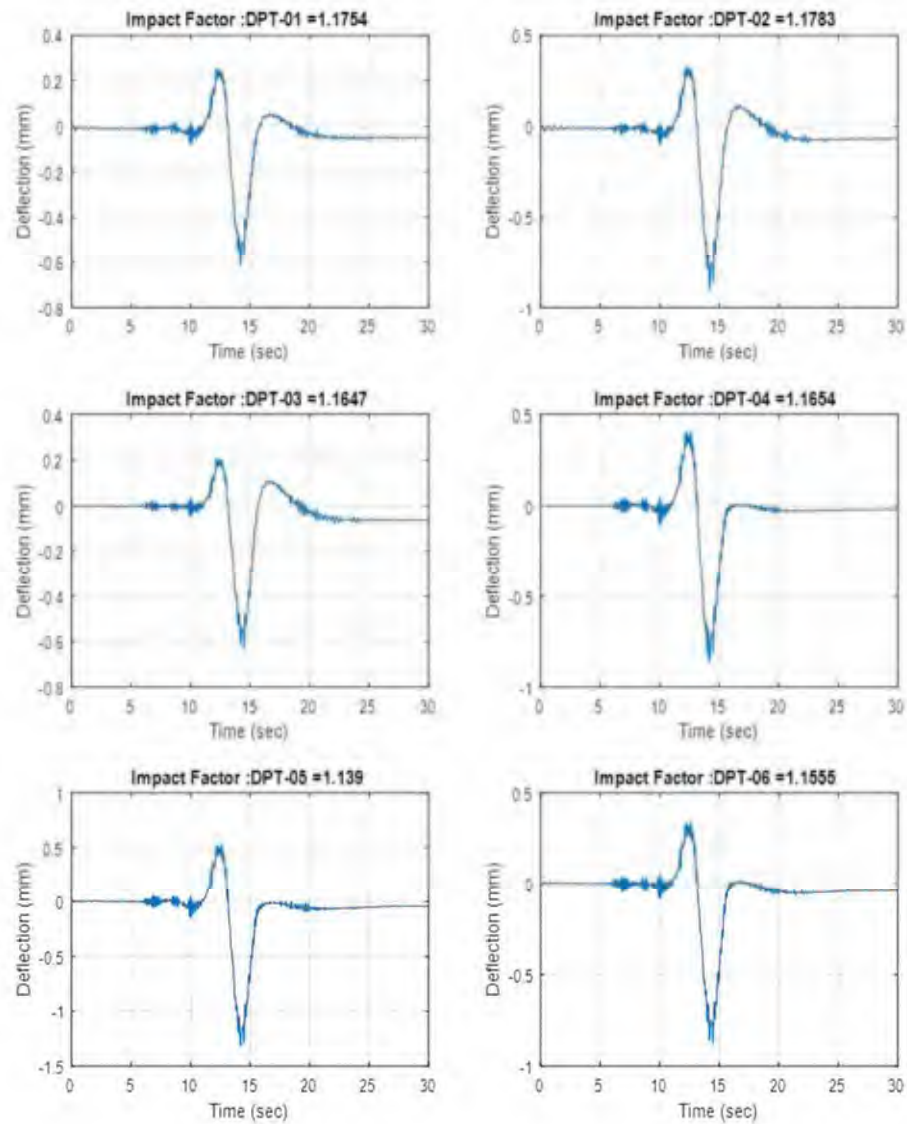
Dynamic Load Test 2 : 30 km/hr



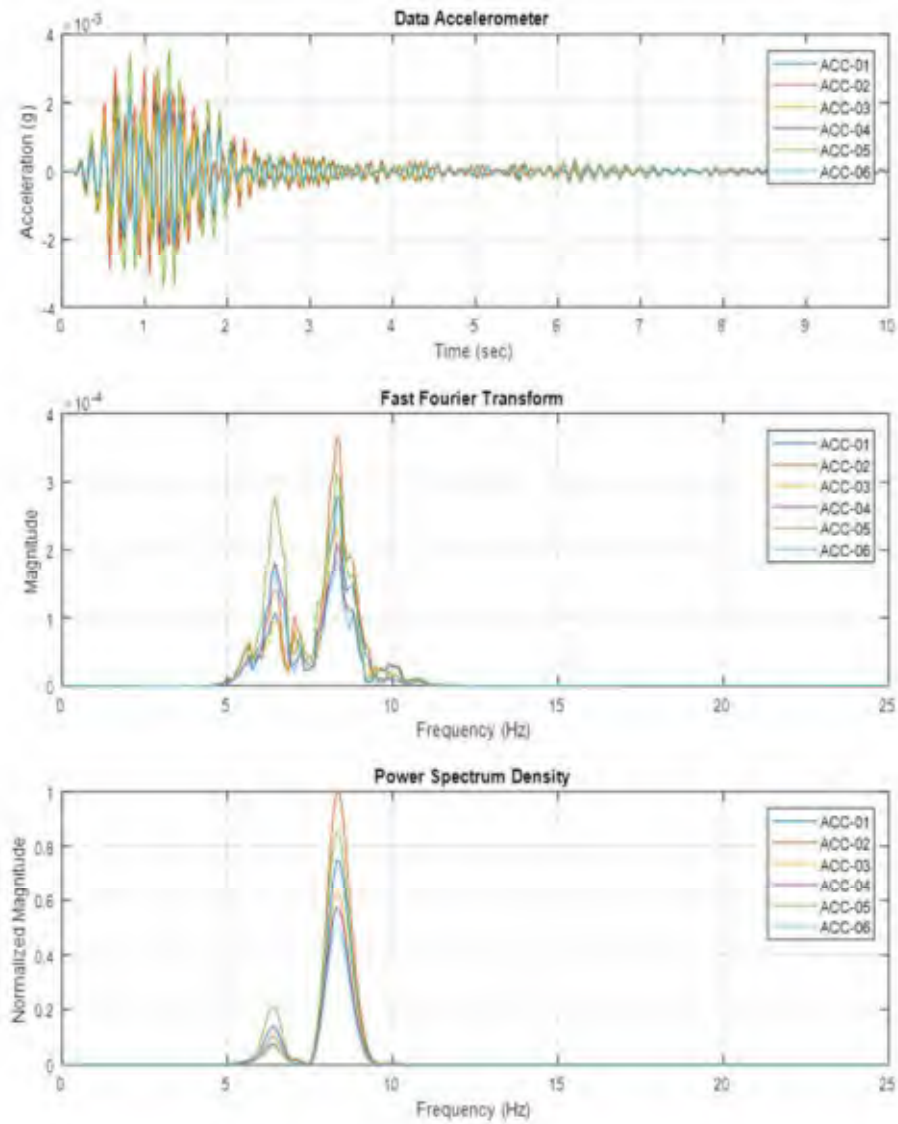
Dynamic Load Test 2 : 30 km/hr



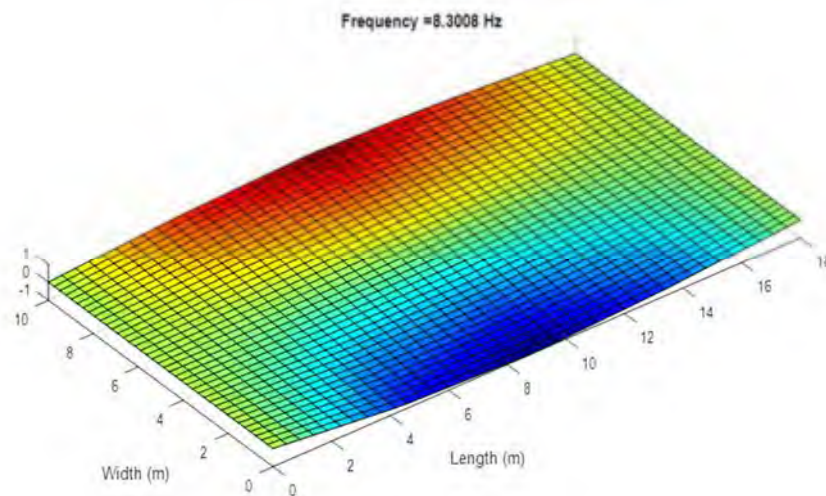
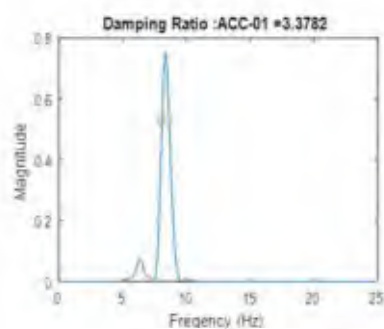
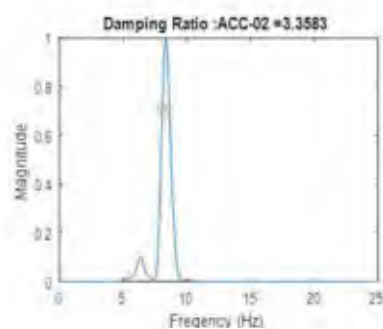
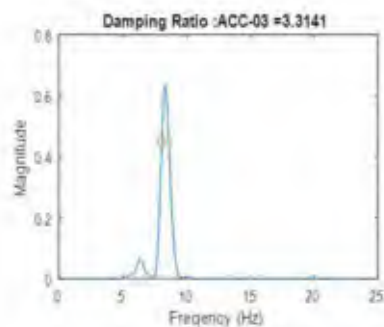
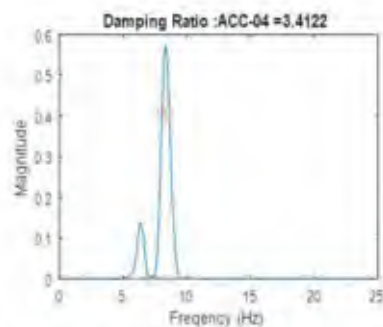
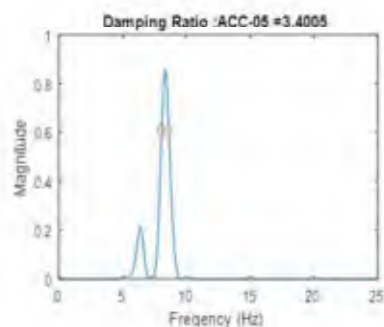
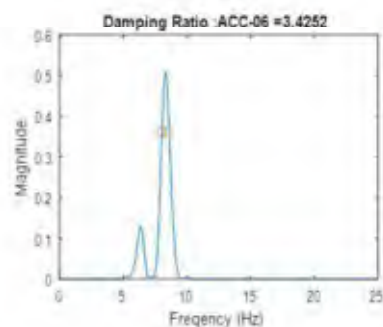
Dynamic Load Test 2 : 30 km/hr



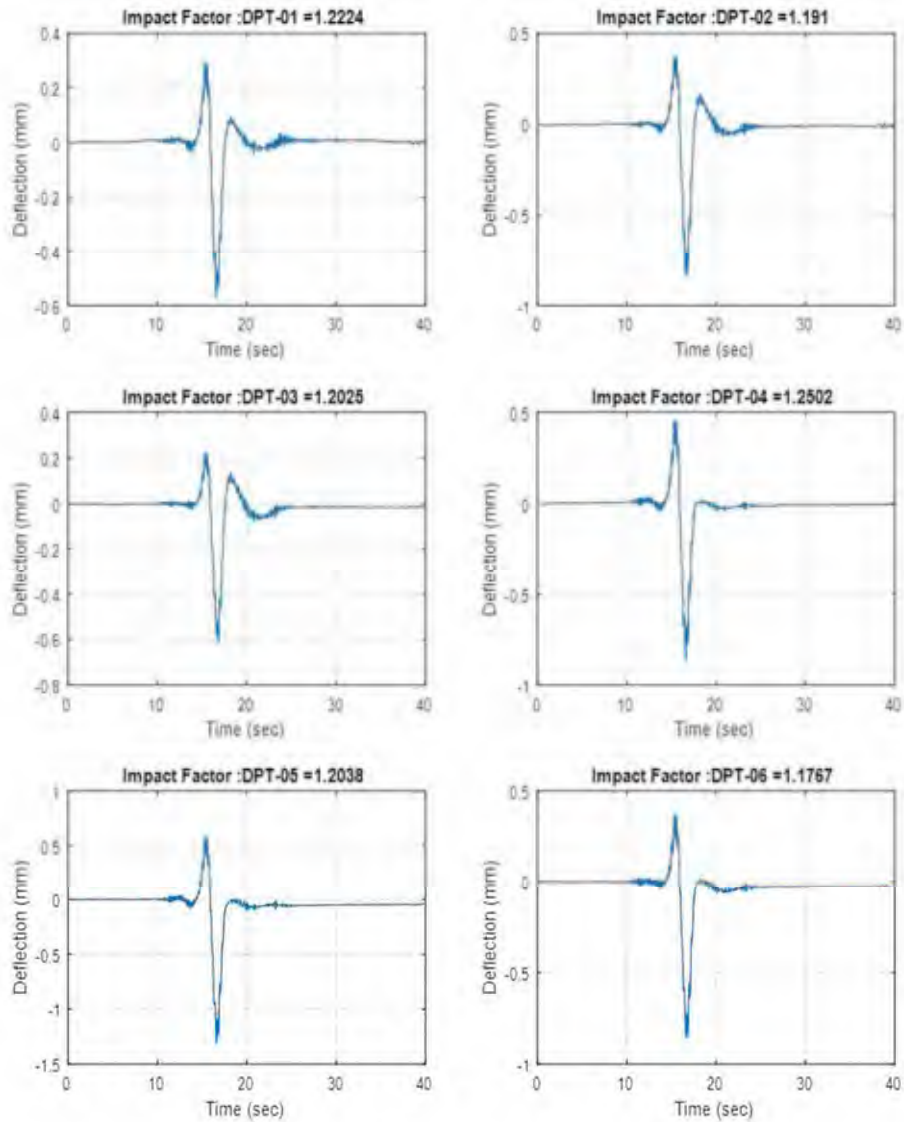
Dynamic Load Test 3 : 40 km/hr



Dynamic Load Test 3 : 40 km/hr



Dynamic Load Test 3 : 40 km/hr



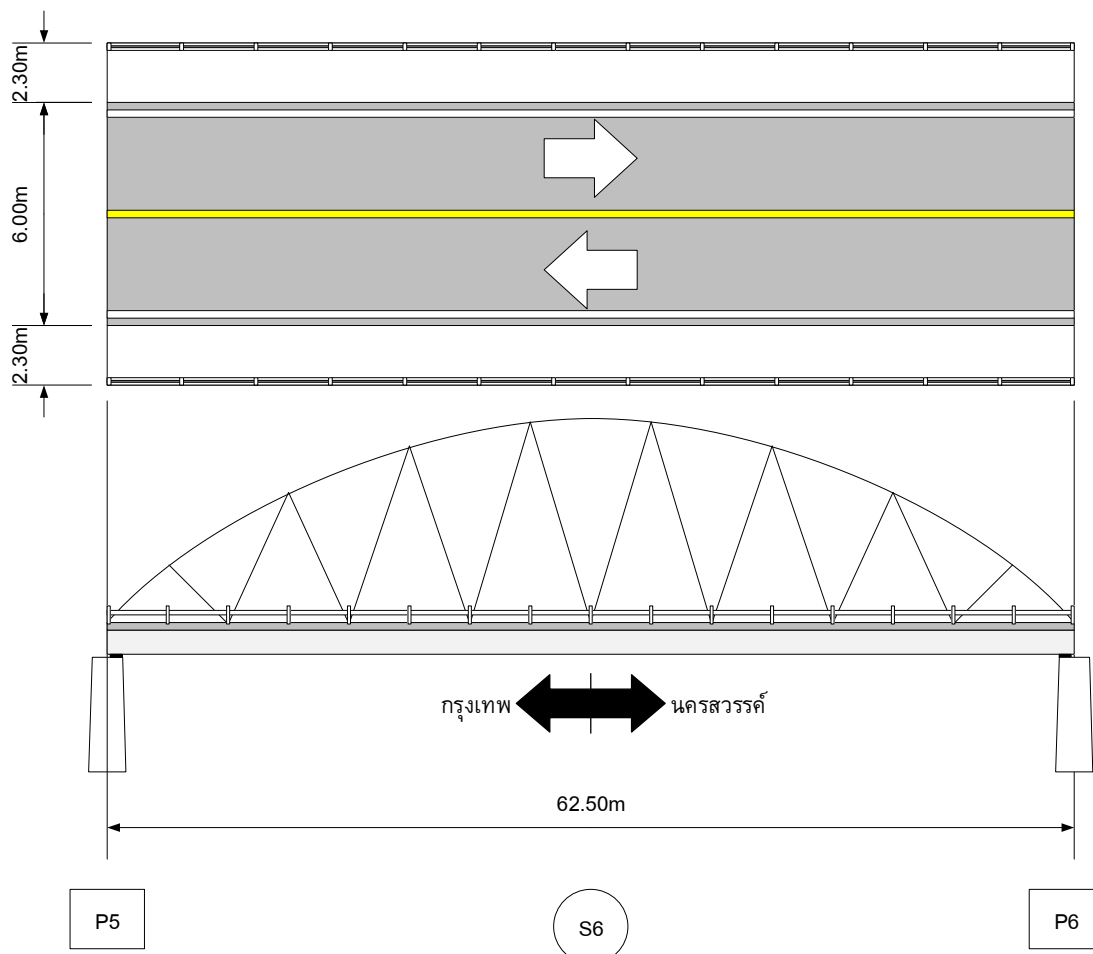
ตารางที่ 6.9-8 ผลการวิเคราะห์ Natural Frequency, Mode Shape, Damping Ratio และ Impact Factor

Dynamic Case	Speed (km/h)	Frequency (Hz)	Mode Shape (1st Mode)	Damping Ratio (%)	Impact Factor (IM)
Dynamic1	20	4.004	Bending Mode	6.785 - 7.001	1.109 - 1.119
Dynamic2	30	4.102	Bending Mode	6.907 - 7.569	1.139 - 1.178
Dynamic3	40	8.301	Torsion Mode	3.314 - 3.425	1.191 - 1.250

6.10 ผลการตรวจวัดพฤติกรรมสะพานช่วงที่ 6 (Span 6)

โครงการนี้ได้ดำเนินการตรวจวัดพฤติกรรมโครงสร้างสะพานช่วงที่ 6 (Span 6) ความยาวช่วงสะพานเท่ากับ 62.5 เมตร โดยทำการทดสอบสะพานภายใต้สภาวะควบคุม ประกอบด้วย การทดสอบแบบสถิต และการทดสอบแบบพลวัต เมื่อวันที่ 15 มิถุนายน 2563 ซึ่งมีรายละเอียดการตรวจวัดพฤติกรรมโครงสร้างสะพาน ดังนี้

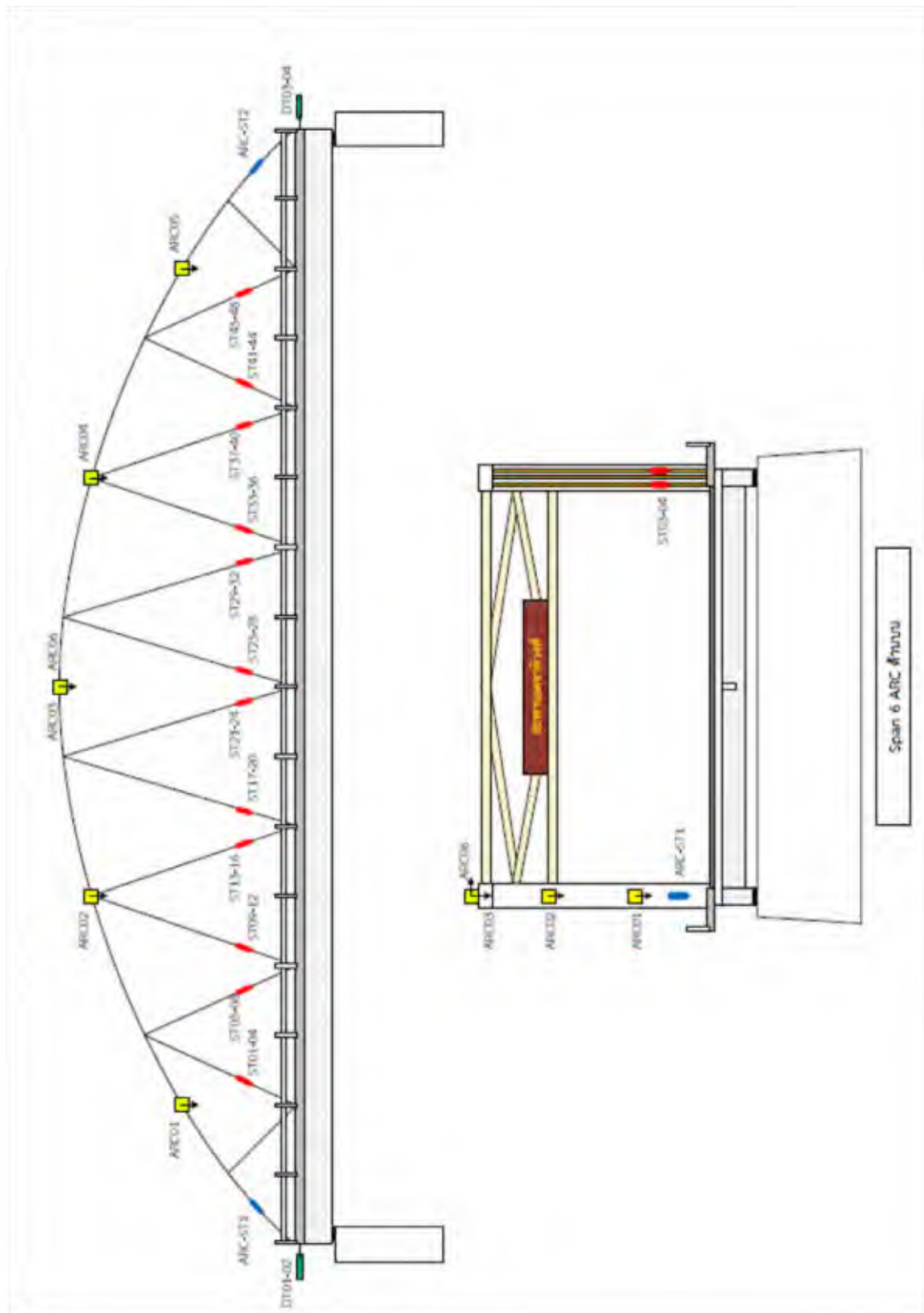
6.10.1. ช่วงสะพานทดสอบ



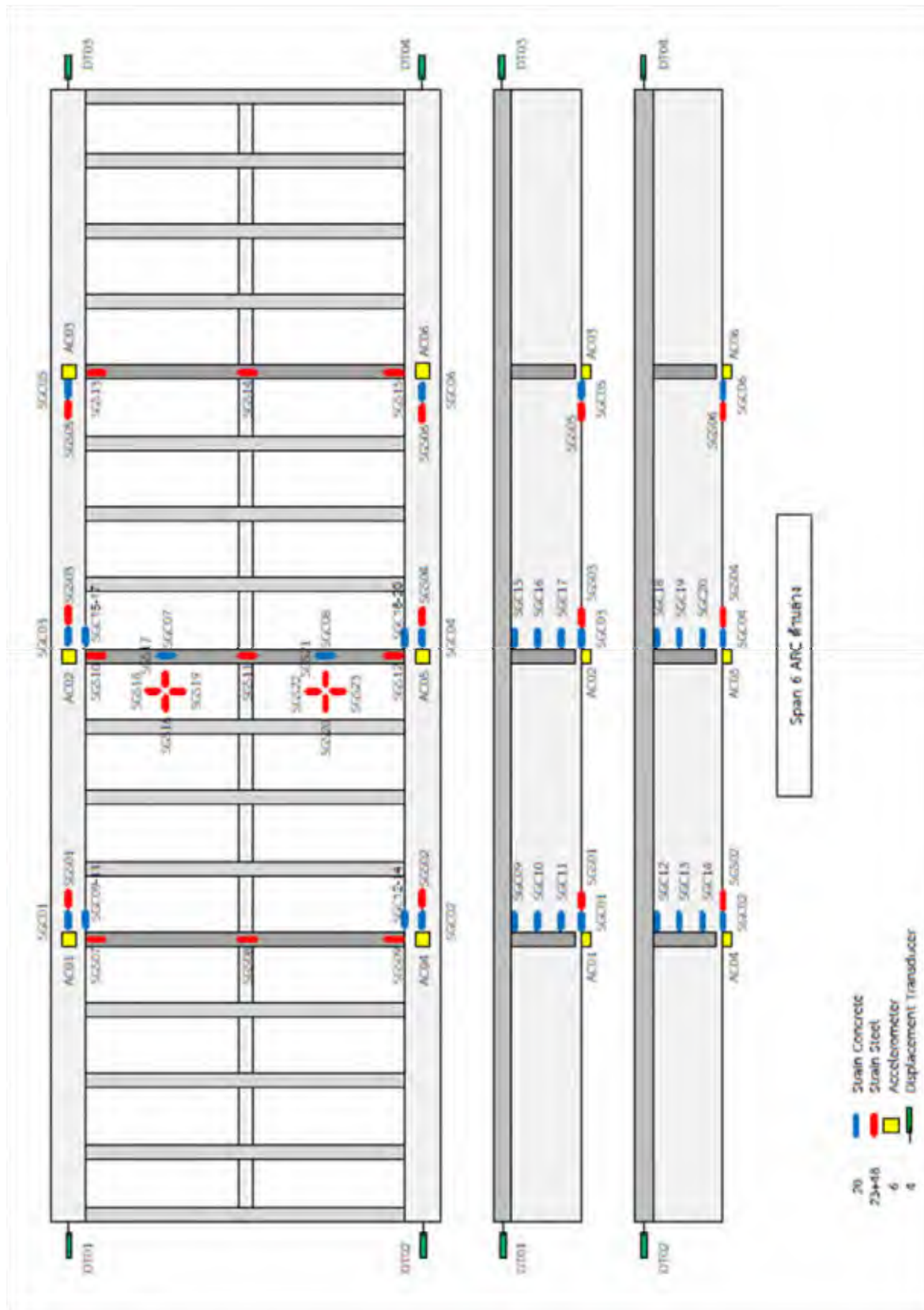
รูปที่ 6.10-1 ช่วงสะพานทดสอบ

6.10.2. ตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัด

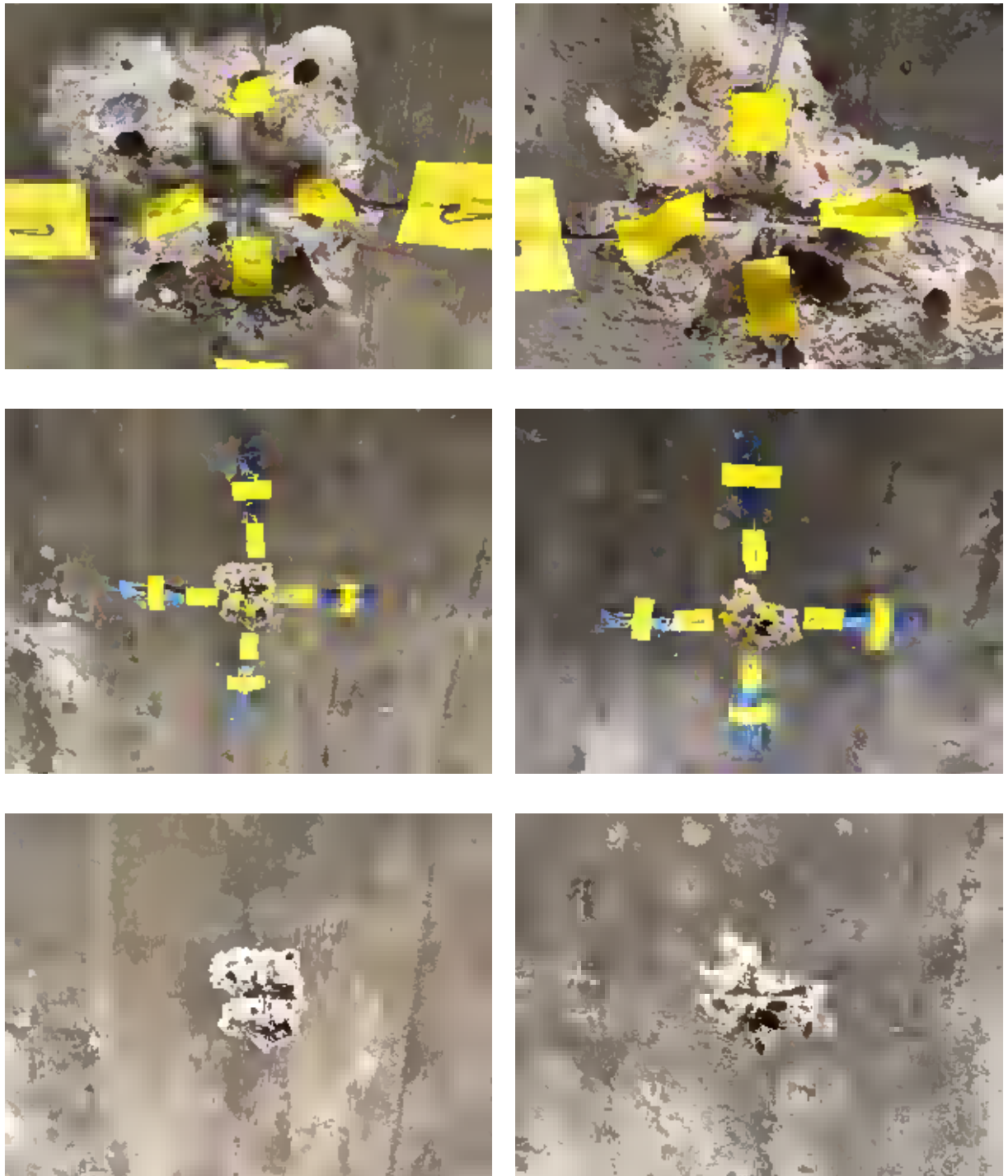
ในช่วงสะพานนี้ทำการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดความเครียดสำหรับคอนกรีต (Strain Gauge Concrete) จำนวน 20 ตำแหน่ง อุปกรณ์ตรวจวัดความเครียดสำหรับเหล็ก (Strain Gauge Steel) จำนวน 23 ตำแหน่ง อุปกรณ์ตรวจวัดการเคลื่อนที่ (Displacement Transducer) จำนวน 4 ตำแหน่ง และอุปกรณ์ตรวจวัดความเร่งจากการสั่นไหว (Accelerometer) จำนวน 12 ตำแหน่ง โดยมีรายละเอียดดังนี้



รูปที่ 6.10-2 ตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดด้านบน



รูปที่ 6.5-2 ตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดด้านล่าง (ต่อ)



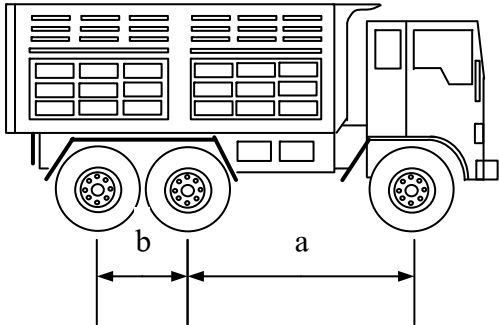
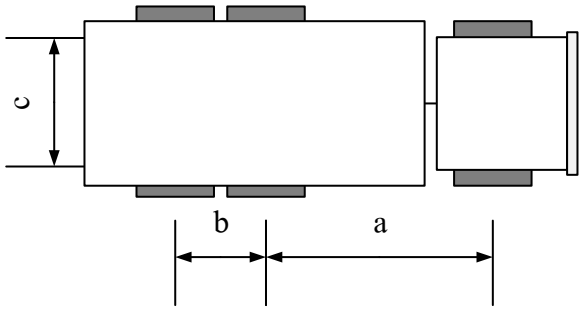
รูปที่ 6.10-3 ภาพการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดสะพานช่วงที่ 6 (Span 6)

6.10.3. น้ำหนักบรรทุกทดสอบ

ในช่วงสะพานนี้ได้ใช้รถบรรทุก 10 ล้อ จำนวน 2 คัน ประกอบด้วย รถบรรทุกเปล่าน้ำหนักรวมประมาณ 10 ตัน และรถบรรทุกน้ำหนักรวมประมาณ 18 ตัน ทดสอบสะพานภายใต้สภาวะควบคุม โดยมีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 6.10-1 น้ำหนักบรรทุกทดสอบ

คันที่	1	2
ประเภท	รถบรรทุกเปล่า (81-5301)	รถบรรทุกน้ำหนัก (81-5222)
น้ำหนักรถบรรทุก (ตัน)	10.570	18.280
ระยะเพลลาที่ 1 ถึง 2 (a, เมตร)	3.90	4.10
ระยะเพลลาที่ 2 ถึง 3 (b, เมตร)	1.30	1.30
ความกว้างฐานล้อ (c, เมตร)	1.90	1.90



รูปที่ 6.10-4 รถบรรทุกทดสอบ

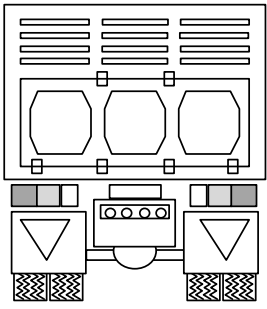
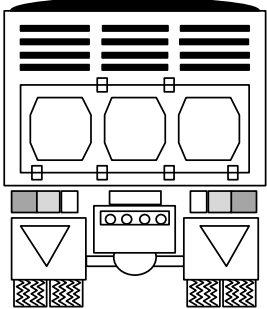


6.10.4. รูปแบบการทดสอบแบบสถิต

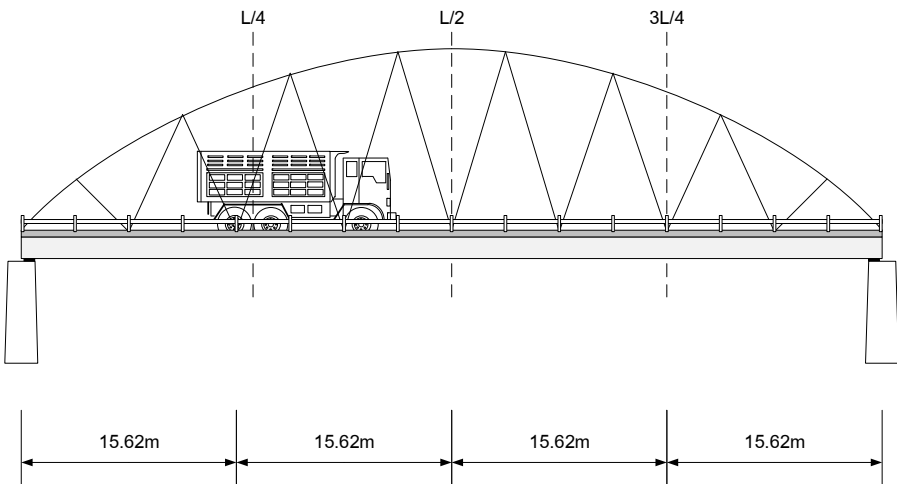
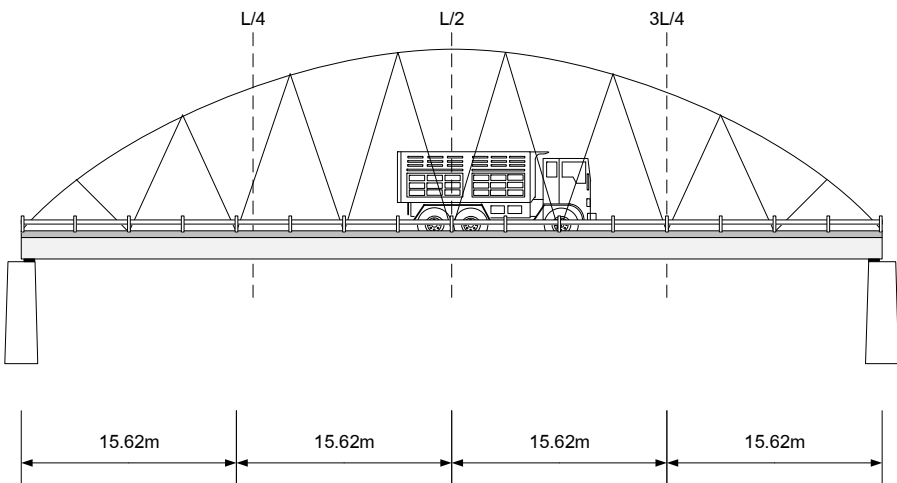
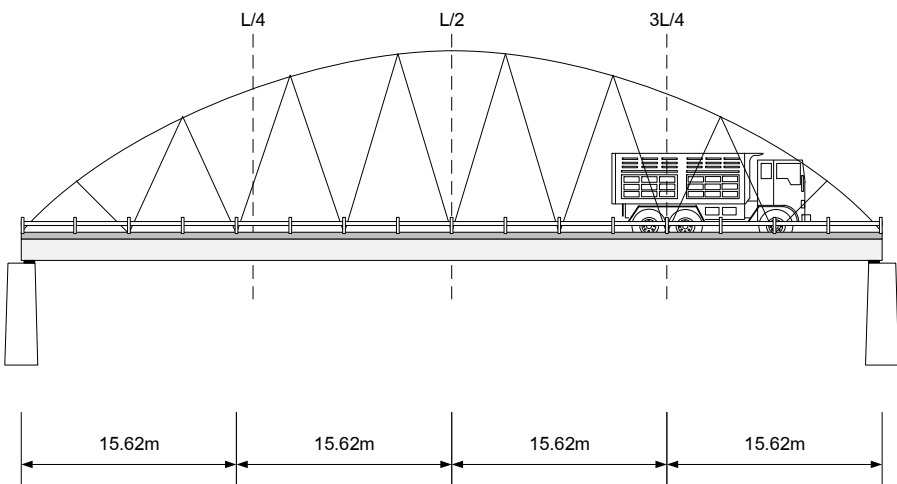
การทดสอบแบบสถิต (Static Test) ประกอบด้วย การทดสอบด้วยรถบรรทุกเปล่าและรถบรรทุกน้ำหนัก หลายรูปแบบโดยมีรายละเอียดดังนี้

- Static 1-1 : ทดสอบด้วยรถบรรทุกเปล่า จอดตามตำแหน่ง L/4, L/2, 3L/4 ของความยาวช่วงระหว่างตอม่อ ในช่องจราจรทางซ้าย
- Static 1-2 : ทดสอบด้วยรถบรรทุกเปล่า จอดตามตำแหน่ง L/4, L/2, 3L/4 ของความยาวช่วงระหว่างตอม่อ ในช่องจราจรทางขวา
- Static 1-3 : ทดสอบด้วยรถบรรทุกเปล่า จอดตามตำแหน่ง L/4, L/2, 3L/4 ของความยาวช่วงระหว่างตอม่อ กึ่งกลางสะพาน
- Static 2-1 : ทดสอบด้วยรถบรรทุกน้ำหนัก จอดตามตำแหน่ง L/4, L/2, 3L/4 ของความยาวช่วงระหว่างตอม่อ ในช่องจราจรทางซ้าย
- Static 2-2 : ทดสอบด้วยรถบรรทุกน้ำหนัก จอดตามตำแหน่ง L/4, L/2, 3L/4 ของความยาวช่วงระหว่างตอม่อ ในช่องจราจรทางขวา
- Static 2-3 : ทดสอบด้วยรถบรรทุกน้ำหนัก จอดตามตำแหน่ง L/4, L/2, 3L/4 ของความยาวช่วงระหว่างตอม่อ กึ่งกลางสะพาน

ตารางที่ 6.10-2 สัญลักษณ์รถบรรทุกทดสอบ

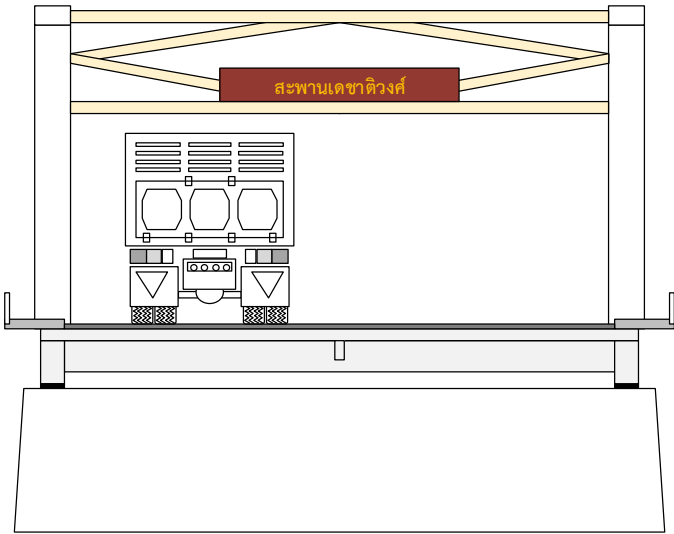
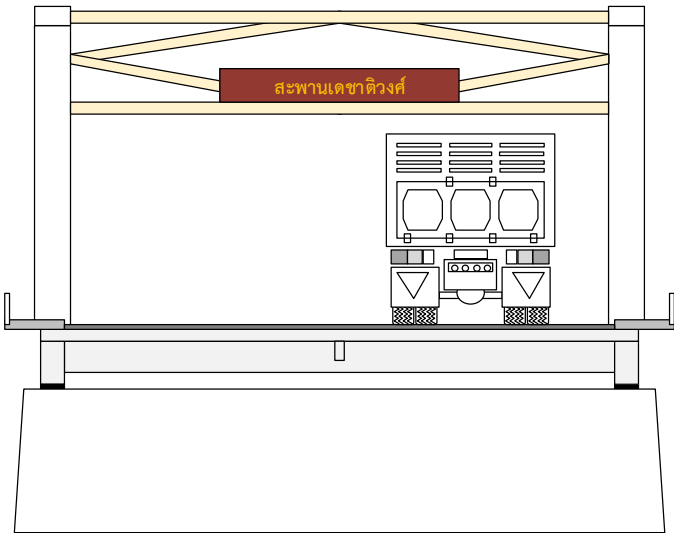
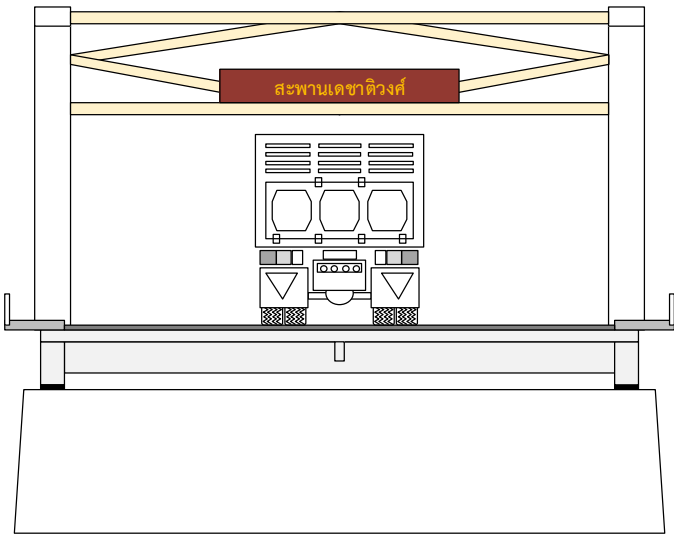
รถบรรทุก	สัญลักษณ์
รถบรรทุกเปล่า	
รถบรรทุกน้ำหนัก	

ตารางที่ 6.10-3 ระยะจอตรบรรทุกตามตำแหน่ง $L/4$, $L/2$ และ $3L/4$

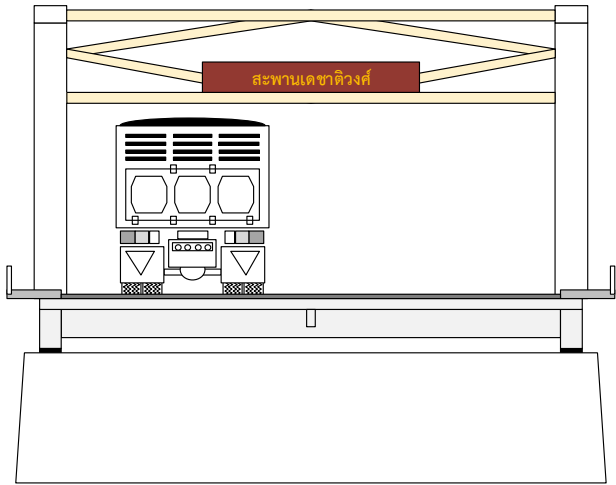
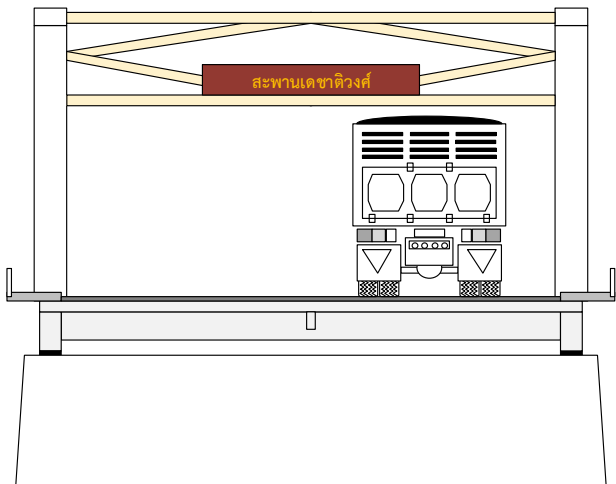
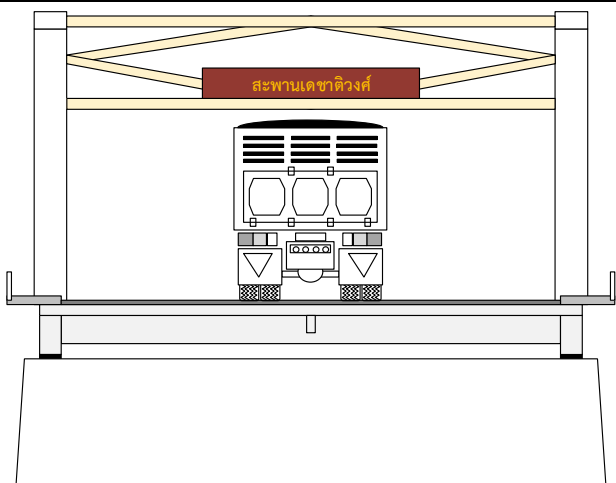
ระยะ	ตำแหน่งจอตรบรรทุก
$L/4$	
$L/2$	
$3L/4$	



ตารางที่ 6.10-4 รูปแบบการทดสอบแบบสถิต ด้วยรถบรรทุกเปล่า

Case	Pattern
Static 1-1	
Static 1-2	
Static 1-3	

ตารางที่ 6.10-5 รูปแบบการทดสอบแบบสถิต ด้วยรถบรรทุกน้ำหนัก

Case	Pattern
Static 2-1	
Static 2-2	
Static 2-3	



รูปที่ 6.10-5 ภาพการทดสอบแบบสถิต

6.10.5. ผลการตรวจวัดพฤติกรรมสะพานแบบสถิต

ตารางที่ 6.10-6 ผลการตรวจวัดพฤติกรรมสะพานแบบสถิต ด้วยรถบรรทุกเปล่า

Time (s)	Static 1-1			Static 1-2			Static 1-3		
	L/4	L/2	3L/4	L/4	L/2	3L/4	L/4	L/2	3L/4
DT-01	0.110	0.017	-0.007	0.052	-0.006	-0.032	0.055	-0.010	-0.038
DT-02	-0.147	-0.114	0.033	-0.130	-0.085	0.032	-0.173	-0.130	0.000
DT-03	0.104	0.030	-0.015	0.062	-0.032	-0.064	0.071	-0.009	-0.051
DT-04	-0.117	-0.066	0.039	-0.129	-0.091	0.057	-0.175	-0.127	-0.003
SGC-01	22.887	-5.371	-2.906	5.977	-1.973	-3.419	12.285	-3.733	-3.954
SGC-02	11.982	-1.866	-1.875	25.918	-5.190	-4.151	17.914	-4.344	-4.277
SGC-03	-7.231	27.754	-6.864	-4.706	8.398	-2.879	-5.250	17.193	-4.938
SGC-04	-1.795	5.069	-2.006	-5.130	12.023	-4.577	-2.342	9.896	-2.458
SGC-05	-7.289	-7.566	33.239	-5.950	-4.346	14.034	-6.792	-5.354	23.190
SGC-06	-2.040	-0.910	6.608	-5.298	-4.494	11.570	-3.471	-1.781	10.209
SGC-07	-0.879	16.184	0.275	-0.815	8.071	-0.892	0.094	16.669	0.283
SGC-08	-0.815	30.393	0.579	-0.906	30.045	-1.568	0.836	42.042	1.219
SGC-09	-0.208	1.436	0.294	-0.781	-0.148	-0.725	-0.167	1.136	-0.248
SGC-10	-1.650	1.000	3.270	-0.348	-4.504	-10.040	-5.754	2.939	3.558
SGC-11	-0.260	3.210	-0.379	-1.464	-0.567	-1.025	-0.527	2.108	-0.258
SGC-12	-0.335	1.648	-0.506	-0.950	3.408	-1.267	-0.392	3.571	0.023
SGC-13	-0.535	2.098	-0.340	-1.936	3.331	-1.794	-0.733	3.596	-0.192
SGC-14	-0.840	1.973	-0.900	-3.079	3.694	-2.402	-0.931	4.065	-0.921
SGC-15	-6.040	-1.477	37.168	-3.906	2.794	9.733	-4.886	1.704	20.289
SGC-16	0.138	1.123	-0.604	-0.733	-0.710	-1.087	0.223	0.704	0.450
SGC-17	-0.332	0.494	0.294	-0.894	-0.329	-0.667	-0.383	0.425	1.004
SGC-18	8.810	11.780	18.160	6.108	9.861	13.771	6.089	9.123	16.811
SGC-19	-0.231	-0.013	3.628	-3.109	-1.823	0.892	0.602	-0.142	1.663
SGC-20	-0.400	0.315	1.439	-2.323	-2.162	1.223	-0.996	-0.144	3.046



ตารางที่ 6.5-6 ผลการตรวจวัดพฤติกรรมสะพานแบบสถิต ด้วยรถบรรทุกเปล่า (ต่อ)

Time (s)	Static 1-1			Static 1-2			Static 1-3		
	L/4	L/2	3L/4	L/4	L/2	3L/4	L/4	L/2	3L/4
SGS-01	35.528	-6.473	-5.073	16.853	-4.465	-3.875	25.970	-5.631	-5.094
SGS-02	8.490	-0.821	-1.331	14.208	-4.077	-3.546	11.058	-2.932	-2.469
SGS-03	-4.621	24.078	-7.277	-2.883	8.667	-4.181	-3.052	15.795	-5.054
SGS-04	10.380	23.210	102.270	-28.115	-3.895	-17.675	8.665	6.750	7.767
SGS-05	-4.532	-4.710	14.220	-5.442	-4.700	1.729	0.027	-1.856	8.269
SGS-06	-2.440	-0.511	12.569	-7.383	-3.023	23.218	-5.534	-2.859	16.698
SGS-07	30.377	1.011	-0.368	7.642	-0.391	-1.129	20.993	0.883	-0.500
SGS-08	61.220	3.671	2.030	58.867	0.415	-0.666	73.068	1.144	-0.427
SGS-09	5.502	2.179	0.652	19.957	-0.250	-1.336	12.164	0.802	0.488
SGS-10	26.010	51.940	35.660	4.089	11.096	9.146	3.787	17.056	6.089
SGS-11	-1.131	46.182	0.008	-0.029	50.442	-1.571	0.654	62.068	0.669
SGS-12	10.930	21.290	45.067	-3.489	20.955	2.113	2.004	13.407	3.246
SGS-13	-0.734	-0.621	30.344	-1.219	-0.865	5.683	0.194	0.865	19.516
SGS-14	-23.001	-24.771	21.039	-3.975	-2.348	34.506	3.969	-0.569	50.184
SGS-15	-17.941	-19.321	16.410	-3.101	-1.831	26.915	3.096	-0.444	39.143
SGS-16	0.558	4.140	0.756	-1.561	-1.182	-1.296	0.044	2.762	0.488
SGS-17	1.269	0.473	1.007	-0.569	0.977	-0.711	0.813	1.870	1.270
SGS-18	1.844	0.721	1.783	-0.375	0.981	-0.385	1.365	2.108	1.844
SGS-19	0.506	4.227	0.692	-1.435	-1.162	-1.270	0.317	3.044	0.383
SGS-20	2.105	3.115	1.719	0.021	-1.450	0.877	1.421	0.958	1.527
SGS-21	1.848	3.067	1.915	0.017	-1.581	0.513	1.510	0.771	1.641
SGS-22	0.164	0.318	0.223	-1.977	0.858	-0.948	-0.044	2.287	0.175
SGS-23	0.417	0.229	0.550	-1.767	0.477	-0.823	-0.004	2.471	0.206
SGA-01	2.666	1.152	0.962	-2.435	-3.054	-0.694	-0.113	-0.940	1.048
SGA-02	-0.744	-0.408	-1.753	1.302	-0.779	1.333	0.913	-0.910	-3.456

ตารางที่ 6.10-7 ผลการตรวจวัดพฤติกรรมสะพานแบบสถิต ด้วยรถบรรทุกน้ำหนัก

Time (s)	Static 2-1			Static 2-2			Static 2-3		
	L/4	L/2	3L/4	L/4	L/2	3L/4	L/4	L/2	3L/4
DT-01	0.118	-0.047	-0.087	0.086	-0.019	-0.067	0.114	-0.018	-0.065
DT-02	-0.174	-0.111	0.143	-0.107	-0.019	0.177	-0.061	0.014	0.233
DT-03	0.136	0.006	-0.074	0.102	-0.069	-0.115	0.137	-0.019	-0.085
DT-04	-0.138	-0.044	0.141	-0.087	-0.015	0.233	-0.053	0.024	0.237
SGC-01	30.125	-13.145	-9.064	8.309	-1.368	-4.843	18.606	-6.354	-4.823
SGC-02	22.519	-5.287	-5.319	47.875	-10.715	-9.357	34.883	-6.901	-6.378
SGC-03	-10.714	43.506	-12.804	-5.627	14.925	-5.092	-8.327	27.372	-7.200
SGC-04	-2.311	8.612	-3.254	-6.775	20.729	-6.884	-4.538	15.038	-4.138
SGC-05	-12.635	-15.815	57.975	-6.812	-6.716	27.989	-10.530	-10.420	40.410
SGC-06	-3.592	-2.388	10.079	-5.481	-4.454	21.238	-6.062	-5.550	14.522
SGC-07	0.056	25.453	-0.335	0.585	14.301	-0.496	0.144	26.894	0.800
SGC-08	0.106	55.531	0.356	-0.465	54.529	-1.615	0.633	72.096	1.387
SGC-09	0.479	2.658	-0.494	0.071	0.373	-0.633	-0.017	1.990	0.642
SGC-10	0.200	0.331	-6.192	-3.340	-6.934	1.117	5.779	2.652	10.934
SGC-11	-0.550	4.148	-1.413	-0.133	0.692	-0.183	-0.104	2.607	0.683
SGC-12	0.313	3.904	-0.144	-0.242	6.563	-0.102	0.129	5.536	0.463
SGC-13	-0.008	3.594	-0.169	-1.554	7.191	-1.184	-1.160	5.392	-0.548
SGC-14	-0.504	3.025	-0.948	-2.521	6.642	-2.698	-1.952	4.904	-1.063
SGC-15	-11.065	-6.755	58.415	-4.862	4.736	20.198	-7.077	1.273	32.832
SGC-16	0.127	0.071	-1.162	1.139	-0.138	0.039	0.723	0.723	0.313
SGC-17	-0.104	-0.385	-0.037	1.300	-0.194	1.054	0.525	0.504	1.258
SGC-18	7.719	10.378	16.078	4.358	6.581	7.166	2.307	1.975	4.829
SGC-19	0.304	-0.060	3.082	-0.440	1.085	2.343	-0.521	-0.650	2.298
SGC-20	-0.554	-0.685	1.909	-1.325	-1.252	3.698	-1.367	-0.781	3.121



ตารางที่ 6.5-7 ผลการตรวจวัดพฤติกรรมสะพานแบบสถิต ด้วยรถบรรทุกน้ำหนัก (ต่อ)

Time (s)	Static 2-1			Static 2-2			Static 2-3		
	L/4	L/2	3L/4	L/4	L/2	3L/4	L/4	L/2	3L/4
SGS-01	56.172	-15.778	-12.438	28.701	-6.869	-6.539	44.865	-11.485	-8.317
SGS-02	13.202	-3.762	-3.200	25.226	-5.460	-5.587	18.098	-4.655	-3.588
SGS-03	-7.416	43.475	-11.955	-2.548	16.030	-7.442	-6.209	28.323	-8.030
SGS-04	31.955	61.975	68.235	42.130	97.070	94.390	55.997	83.787	83.057
SGS-05	-6.389	-5.542	23.321	0.273	2.841	10.833	-4.185	-4.987	15.153
SGS-06	-3.875	-1.766	18.949	-14.551	-10.201	30.369	-7.432	-6.288	25.008
SGS-07	51.606	-1.335	-0.994	13.305	1.483	-0.373	35.972	-0.225	-0.098
SGS-08	106.224	0.644	0.598	101.550	2.160	-0.015	129.757	1.127	1.013
SGS-09	9.879	0.465	1.156	39.199	1.088	-0.058	22.995	0.044	-0.265
SGS-10	2.177	41.261	4.860	3.935	11.981	2.802	-7.781	16.997	-2.156
SGS-11	0.483	84.260	1.466	1.498	94.416	-0.640	0.340	109.943	1.679
SGS-12	1.087	14.344	12.734	-4.627	35.396	-6.894	-2.898	23.580	-1.538
SGS-13	-1.110	-1.604	57.597	2.267	1.550	16.564	-0.505	2.040	35.528
SGS-14	0.771	2.587	76.322	-1.527	0.777	70.174	-2.207	1.092	89.553
SGS-15	22.031	72.301	122.891	28.234	23.284	83.654	-19.304	22.636	42.746
SGS-16	0.277	5.931	-0.004	0.400	0.810	-0.185	-0.108	4.831	1.662
SGS-17	1.675	-2.063	0.894	1.827	4.161	1.090	1.138	4.367	3.353
SGS-18	2.877	-2.219	1.344	2.310	5.154	2.048	1.381	4.441	3.346
SGS-19	0.265	5.844	-0.058	0.535	0.700	0.046	-0.002	5.046	2.129
SGS-20	2.428	4.011	2.063	2.804	0.365	2.850	1.561	0.619	2.638
SGS-21	2.110	3.379	2.263	2.625	-0.027	2.231	2.048	0.565	2.200
SGS-22	0.569	0.525	0.104	0.396	4.746	0.265	-0.602	3.450	0.160
SGS-23	0.948	1.327	1.290	0.131	4.352	0.133	-1.071	4.053	-0.204
SGA-01	-2.141	-0.914	0.558	-1.871	1.196	1.556	-4.404	-5.229	-6.146
SGA-02	-4.408	-3.708	-1.525	-2.236	-3.348	-6.944	-2.052	-5.137	-8.577

ตารางที่ 6.10-8 ผลการตรวจวัดพฤติกรรมสาย Cable ของสะพานแบบสลิต ด้วยรถบรรทุกเปล่า

Time (s)	Static 1-1			Static 1-2			Static 1-3		
	L/4	L/2	3L/4	L/4	L/2	3L/4	L/4	L/2	3L/4
SGL-01	7.735	-9.539	-3.242	6.842	-2.920	-0.383	8.359	-6.658	-5.589
SGL-02	6.870	-6.469	-1.521	4.160	-4.254	-1.099	9.226	-3.175	-2.631
SGL-03	19.591	25.431	9.574	4.418	10.886	9.642	14.941	19.821	7.117
SGL-04	19.997	22.537	6.067	8.979	9.600	7.545	16.854	18.244	4.305
SGL-05	51.343	-14.647	-12.767	28.070	-7.334	-3.285	40.123	-7.334	-10.367
SGL-06	57.139	-11.721	-9.157	28.571	-8.066	-3.445	44.195	-7.078	-9.191
SGL-07	-14.471	38.339	16.399	-8.216	16.309	13.009	-11.091	27.179	11.429
SGL-08	-16.797	39.013	16.923	-9.365	17.874	13.124	-12.630	27.740	10.437
SGL-09	55.156	0.759	-16.274	30.916	-2.715	-11.434	45.100	0.090	-16.940
SGL-10	50.335	-0.409	-15.445	28.391	-2.887	-11.249	41.856	0.041	-14.944
SGL-11	-24.627	46.204	35.714	-13.046	17.594	20.544	-20.128	29.142	23.892
SGL-12	-22.255	42.305	33.135	-11.344	15.256	16.906	-17.210	24.850	21.570
SGL-13	36.602	36.112	-23.968	24.801	14.831	-12.599	30.752	22.842	-19.018
SGL-14	34.231	32.581	-20.959	21.919	15.119	-13.831	26.609	21.959	-17.921
SGL-15	-5.916	10.085	28.515	-0.893	2.685	15.571	-4.638	5.014	19.305
SGL-16	-6.413	8.979	29.196	-0.796	4.316	17.382	-4.919	4.942	19.380
SGL-17	28.396	49.546	-25.744	21.557	22.747	-13.103	24.347	34.537	-20.773
SGL-18	25.770	47.380	-26.321	19.938	22.348	-13.282	22.744	32.304	-21.926
SGL-19	-8.938	-6.601	60.989	-3.233	-3.843	31.094	-6.099	-3.568	43.135
SGL-20	-8.401	-6.705	63.482	-3.206	-3.983	34.499	-5.970	-4.048	46.873
SGL-21	14.745	28.365	7.281	12.386	13.766	0.405	13.918	24.758	4.942
SGL-22	15.504	41.144	21.004	11.953	14.843	4.600	14.188	24.498	8.175
SGL-23	-3.292	-5.916	33.587	1.047	-3.325	18.121	-1.861	-0.898	22.929
SGL-24	-3.524	-9.567	24.967	1.090	-4.722	19.089	-2.394	-2.145	23.145



ตารางที่ 4.10-8 ผลการตรวจวัดพฤติกรรมสาย Cable ของสะพานแบบสถิติ ด้วยรถบรรทุกเปล่า (ต่อ)

Time (s)	Static 1-1			Static 1-2			Static 1-3		
	L/4	L/2	3L/4	L/4	L/2	3L/4	L/4	L/2	3L/4
SGR-01	6.379	-7.590	-4.940	8.466	-9.705	-1.730	8.624	-5.896	-3.624
SGR-02	3.567	-4.158	-2.883	5.575	-1.940	3.223	3.430	-5.951	-4.079
SGR-03	9.511	10.841	5.335	25.881	22.911	8.048	15.408	18.598	5.075
SGR-04	5.850	10.686	5.748	22.164	26.944	15.274	12.113	17.913	6.355
SGR-05	25.627	-5.459	-5.136	46.514	-9.179	-3.034	31.139	-13.071	-13.971
SGR-06	25.720	-7.291	-7.140	52.562	-11.408	-5.161	35.588	-12.832	-12.922
SGR-07	-6.800	18.119	10.899	-4.056	39.487	25.387	-10.323	24.017	8.774
SGR-08	-7.907	16.640	10.382	-6.066	38.914	24.514	-10.194	23.266	7.579
SGR-09	29.559	-0.500	-12.851	57.963	1.273	-12.338	44.560	3.488	-12.320
SGR-10	29.387	0.477	-10.983	59.566	1.436	-12.914	44.769	2.654	-14.041
SGR-11	-10.722	17.198	17.578	-14.926	35.854	34.234	-12.760	26.180	22.590
SGR-12	-11.045	17.515	21.005	-18.389	38.171	36.841	-16.518	27.302	23.272
SGR-13	22.586	17.516	-14.704	40.979	40.319	-19.321	33.528	30.428	-21.762
SGR-14	20.435	14.375	-12.875	38.183	35.763	-17.547	29.609	24.699	-19.521
SGR-15	-8.742	2.889	26.936	-13.754	6.404	55.266	-10.392	7.254	35.458
SGR-16	-7.817	2.749	25.123	-14.699	5.111	48.471	-11.082	5.796	34.828
SGR-17	15.705	18.785	-13.615	26.211	39.881	-19.009	24.846	34.216	-16.724
SGR-18	14.220	16.190	-12.620	22.889	34.869	-17.472	21.219	30.199	-16.002
SGR-19	-4.085	-1.056	32.609	-7.180	-9.147	61.215	-4.964	-1.342	43.383
SGR-20	-3.959	0.176	31.720	-7.344	-10.468	57.192	-5.228	-2.376	41.900
SGR-21	10.465	16.005	5.552	14.082	24.052	16.012	14.118	24.588	9.621
SGR-22	11.286	17.356	3.224	15.432	26.612	15.162	15.655	27.355	7.119
SGR-23	0.197	1.124	16.901	-0.972	-6.375	27.345	0.151	-0.906	20.275
SGR-24	-1.208	0.436	15.234	-0.113	-7.589	28.672	0.778	-1.252	21.492

ตารางที่ 6.10-9 ผลการตรวจวัดพฤติกรรมสาย Cable ของสะพานแบบสถิติ ด้วยรถบรรทุกน้ำหนัก

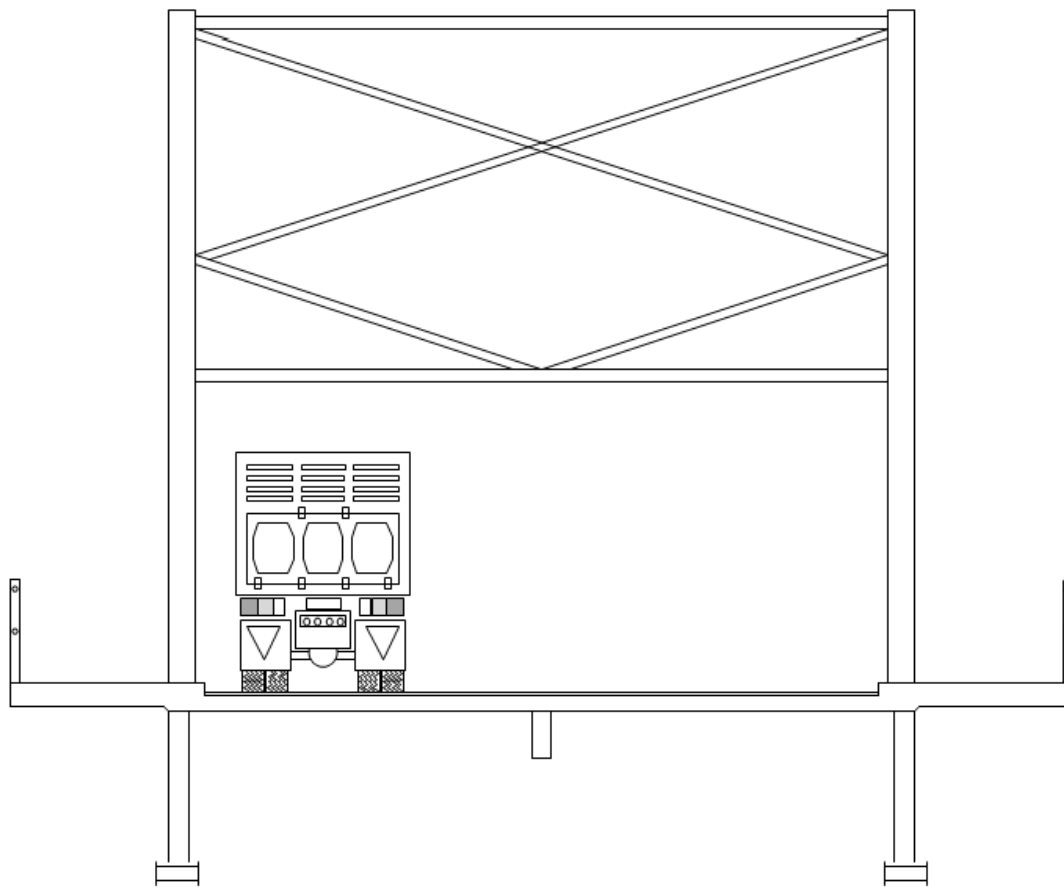
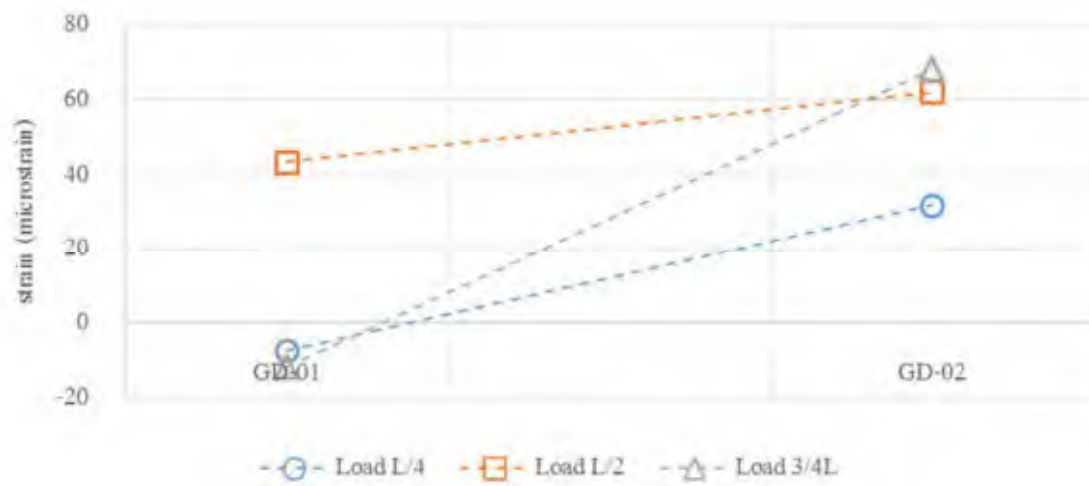
Time (s)	Static 2-1			Static 2-2			Static 2-3		
	L/4	L/2	3L/4	L/4	L/2	3L/4	L/4	L/2	3L/4
SGL-01	18.221	-12.029	-2.302	12.671	-4.089	-1.641	19.620	-6.801	-2.870
SGL-02	18.001	-6.017	0.712	10.529	-5.815	-2.050	16.077	-9.654	-7.859
SGL-03	30.872	46.652	20.852	5.780	21.167	11.917	20.191	32.061	12.523
SGL-04	33.417	43.687	17.787	12.528	24.268	12.218	25.702	33.582	14.042
SGL-05	83.417	-23.403	-14.763	39.815	-10.299	-12.075	66.976	-11.254	-8.164
SGL-06	92.101	-19.569	-12.409	46.517	-11.433	-11.513	72.321	-16.549	-15.239
SGL-07	-28.333	63.817	34.587	-20.346	30.544	16.404	-20.635	51.785	29.155
SGL-08	-28.596	69.384	37.144	-17.317	37.313	21.993	-22.597	54.933	32.593
SGL-09	84.216	-0.837	-26.304	40.418	-7.172	-27.992	73.034	5.925	-20.326
SGL-10	77.496	-3.137	-26.164	41.981	-4.910	-25.199	68.210	6.612	-17.510
SGL-11	-45.301	68.069	63.139	-31.020	26.700	27.880	-30.917	56.683	50.323
SGL-12	-41.869	61.432	57.522	-29.620	26.550	24.030	-28.524	53.876	47.136
SGL-13	53.723	55.203	-36.838	28.331	18.871	-31.589	47.436	44.416	-28.684
SGL-14	48.166	48.506	-34.954	28.258	21.038	-28.252	41.613	42.693	-25.797
SGL-15	-13.436	3.861	55.874	-11.601	-1.648	18.109	-8.624	9.548	38.901
SGL-16	-14.775	5.756	58.195	-13.612	0.887	20.908	-9.073	11.787	41.147
SGL-17	41.835	76.715	-38.006	23.590	32.940	-31.530	34.567	57.417	-36.633
SGL-18	39.994	73.924	-35.266	21.896	31.106	-31.944	32.412	55.562	-35.038
SGL-19	-15.903	-18.893	107.577	-15.299	-11.709	45.861	-13.313	-13.653	76.377
SGL-20	-15.279	-18.219	114.871	-15.617	-11.877	50.763	-12.471	-11.511	83.139
SGL-21	21.909	49.919	25.669	11.943	20.583	-4.046	19.134	37.014	10.842
SGL-22	21.381	48.001	29.281	12.176	20.646	1.996	17.331	33.691	13.011
SGL-23	-8.309	-13.350	52.480	-10.735	-11.886	18.924	-7.030	-11.805	38.975
SGL-24	-7.512	-13.630	50.480	-10.410	-11.034	21.800	-5.622	-12.197	39.903



ตารางที่ 4.10-9 ผลการตรวจวัดพฤติกรรมสาย Cable ของสะพานแบบสถิติ ด้วยรถบรรทุกน้ำหนัก (ต่อ)

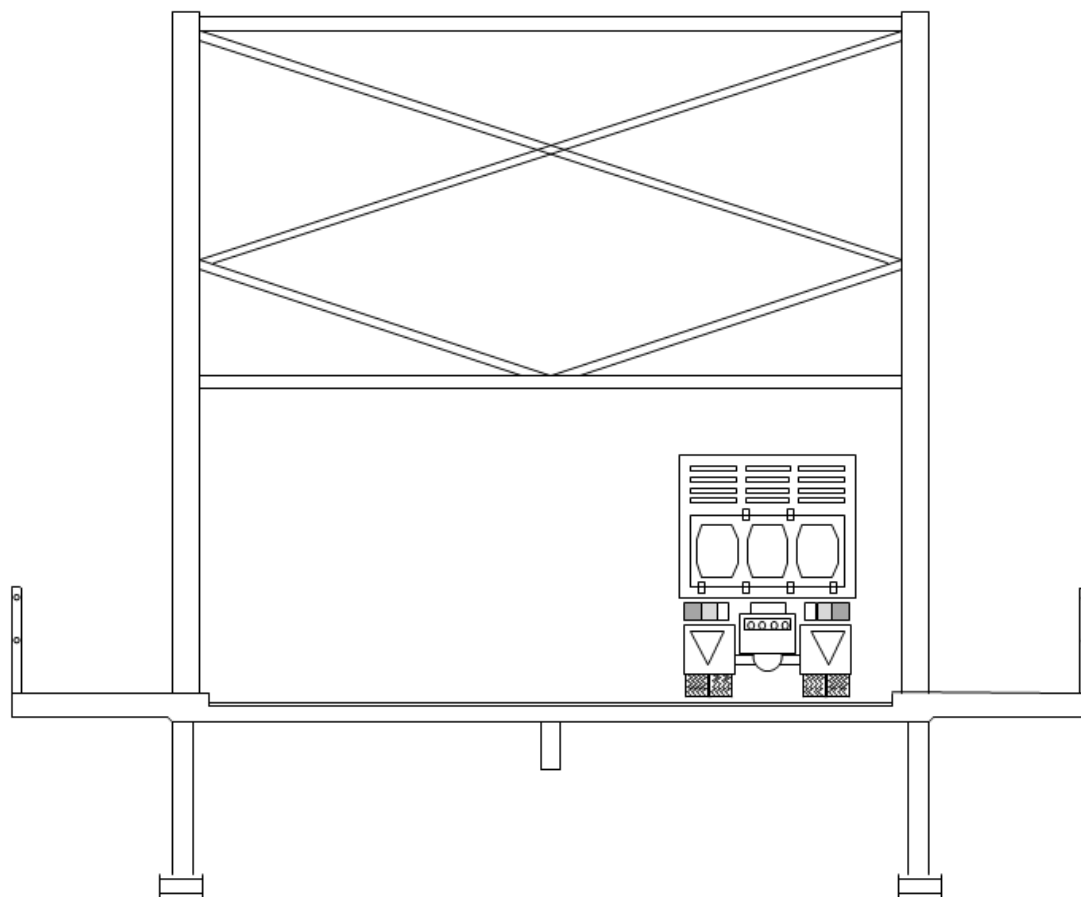
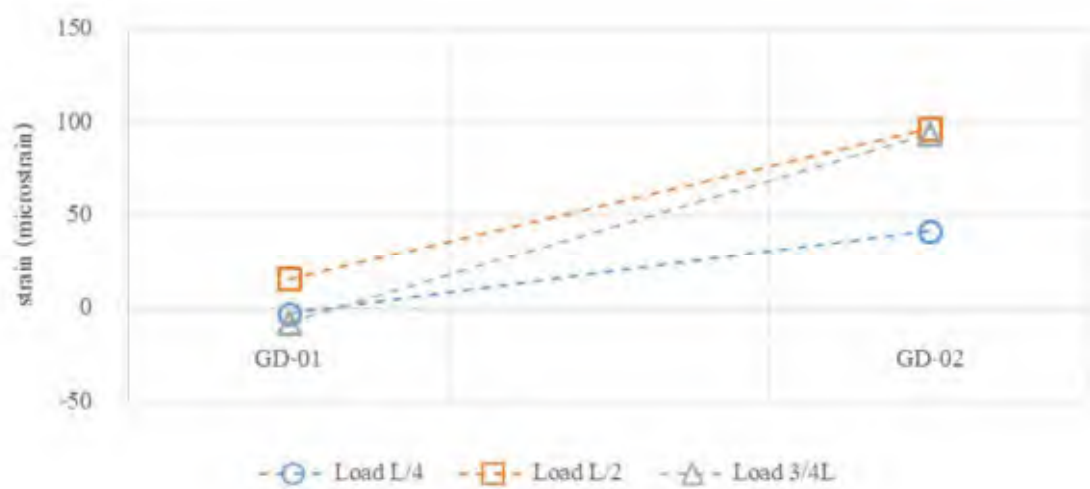
Time (s)	Static 2-1			Static 2-2			Static 2-3		
	L/4	L/2	3L/4	L/4	L/2	3L/4	L/4	L/2	3L/4
SGR-01	11.721	-1.543	-1.113	8.327	-15.823	-9.778	15.119	-4.694	2.186
SGR-02	7.633	0.340	-0.837	4.380	-10.158	-4.576	9.150	-4.721	-2.397
SGR-03	12.088	25.298	13.158	42.880	49.620	16.990	24.817	37.387	21.517
SGR-04	8.754	26.080	13.010	34.699	43.049	15.459	20.649	34.969	17.289
SGR-05	41.938	-6.224	-8.192	82.779	-14.241	-9.603	59.624	-9.616	-5.633
SGR-06	44.865	-6.095	-8.920	90.907	-21.173	-14.813	63.058	-15.702	-12.132
SGR-07	-13.353	37.967	23.947	-12.708	77.247	40.357	-16.890	53.800	37.850
SGR-08	-12.580	37.870	23.680	-15.184	71.256	38.756	-16.270	51.480	32.250
SGR-09	49.678	5.638	-20.292	88.626	-2.439	-36.054	68.031	2.042	-20.299
SGR-10	49.320	4.810	-20.190	91.227	-2.021	-35.403	68.264	0.766	-21.706
SGR-11	-21.531	30.369	29.629	-33.384	59.306	43.086	-22.463	46.137	46.037
SGR-12	-25.729	28.801	31.661	-39.121	64.849	48.979	-26.597	48.003	49.563
SGR-13	34.987	35.917	-25.953	63.201	67.161	-48.819	50.221	48.191	-33.389
SGR-14	31.340	28.640	-21.790	58.205	59.745	-44.065	45.760	40.190	-30.480
SGR-15	-18.065	10.539	51.215	-27.085	13.405	75.025	-20.550	6.613	71.600
SGR-16	-16.995	7.634	47.785	-28.517	8.724	71.823	-20.341	5.494	67.429
SGR-17	22.743	37.573	-18.017	42.386	66.206	-40.924	32.856	49.256	-25.804
SGR-18	20.622	31.682	-17.528	36.943	59.223	-36.477	28.335	41.425	-24.345
SGR-19	-12.776	-3.081	57.744	-18.530	-17.530	90.410	-13.326	-15.306	79.204
SGR-20	-12.107	-3.820	52.483	-18.782	-16.242	87.958	-13.664	-12.834	75.516
SGR-21	13.077	26.967	14.357	24.115	45.425	23.875	19.467	33.367	21.267
SGR-22	14.168	28.618	8.893	23.863	45.943	19.953	19.891	34.061	15.299
SGR-23	-5.803	-2.319	28.746	-6.038	-11.204	38.497	-4.371	-6.957	35.953
SGR-24	-7.007	-3.978	27.232	-8.988	-13.419	40.781	-5.870	-9.274	32.376

เมื่อพิจารณาการกระจายค่าความเครียดของเหล็กตามขวางกรณีรถบรรทุกน้ำหนักสามรถแสดงผลได้ดังรูปที่ 6.9-6, รูปที่ 6.10-7 และรูปที่ 6.10-8 เมื่อพิจารณาค่าการแอ่นตัวของคานสะพานกรณีรถบรรทุกน้ำหนักสามรถแสดงได้ดังรูปที่ 6.10-9 และรูปที่ 6.10-10 เมื่อพิจารณาการกระจายค่าความเครียดของ Rod Set ช่วงสะพานที่ 6 แสดงได้ดังรูปที่ 6.10-11 ถึง รูปที่ 6.10-13

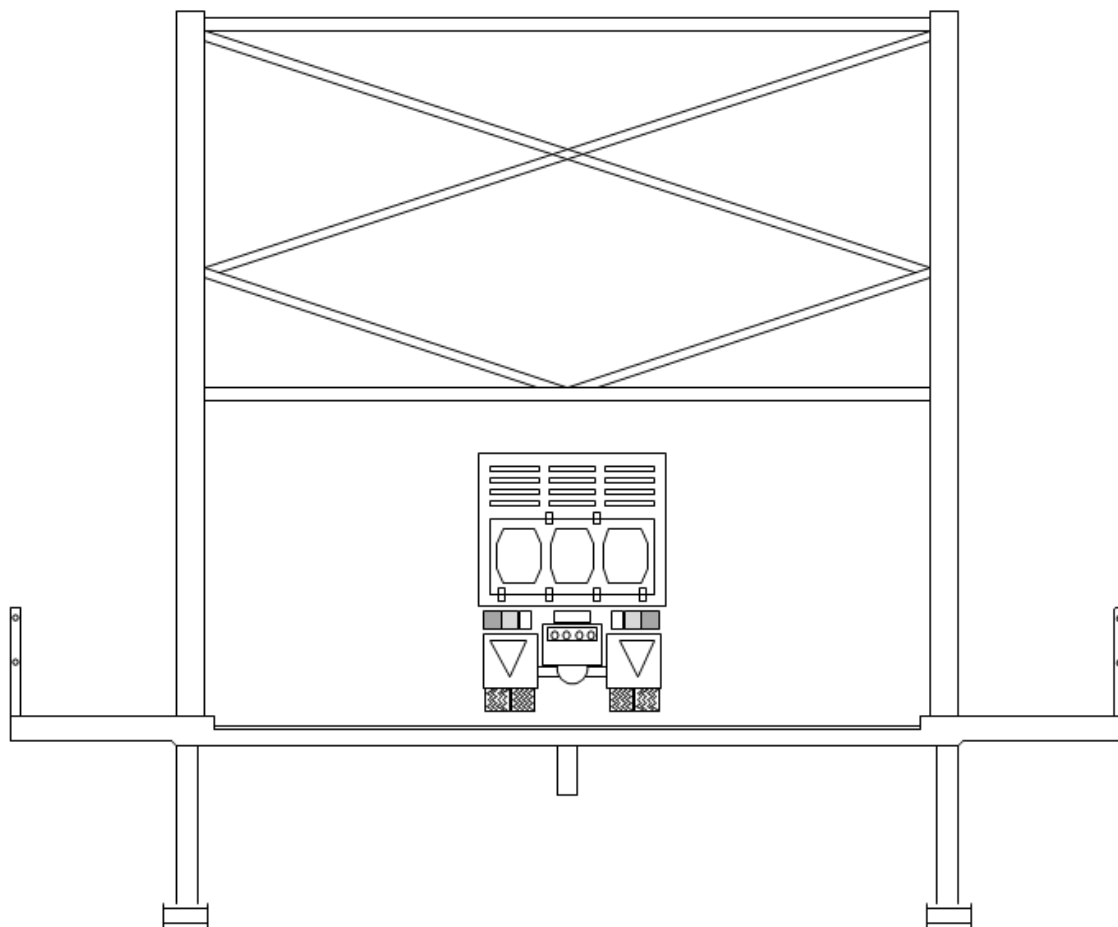
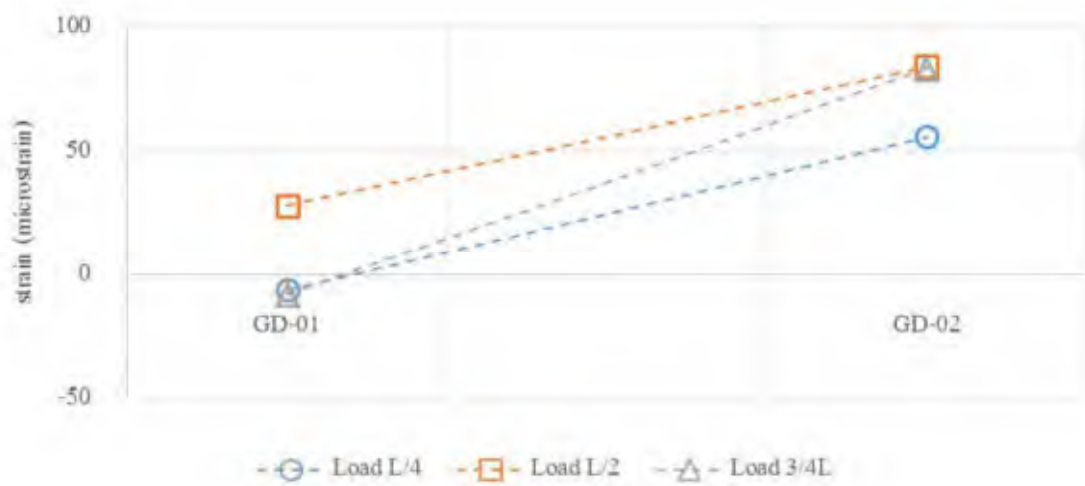


รูปที่ 6.10-6 การกระจายค่าความเครียดของเหล็กตามขวาง Static 2-1 สะพานช่วงที่ 6

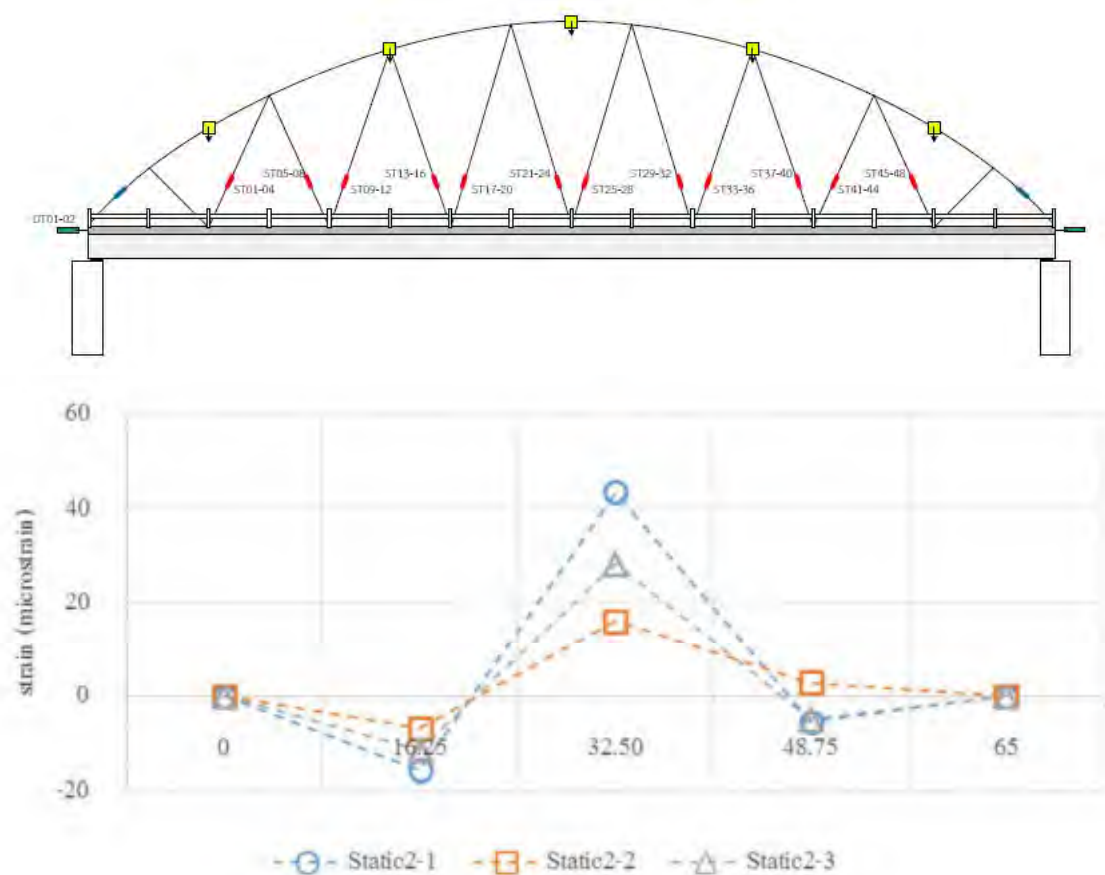




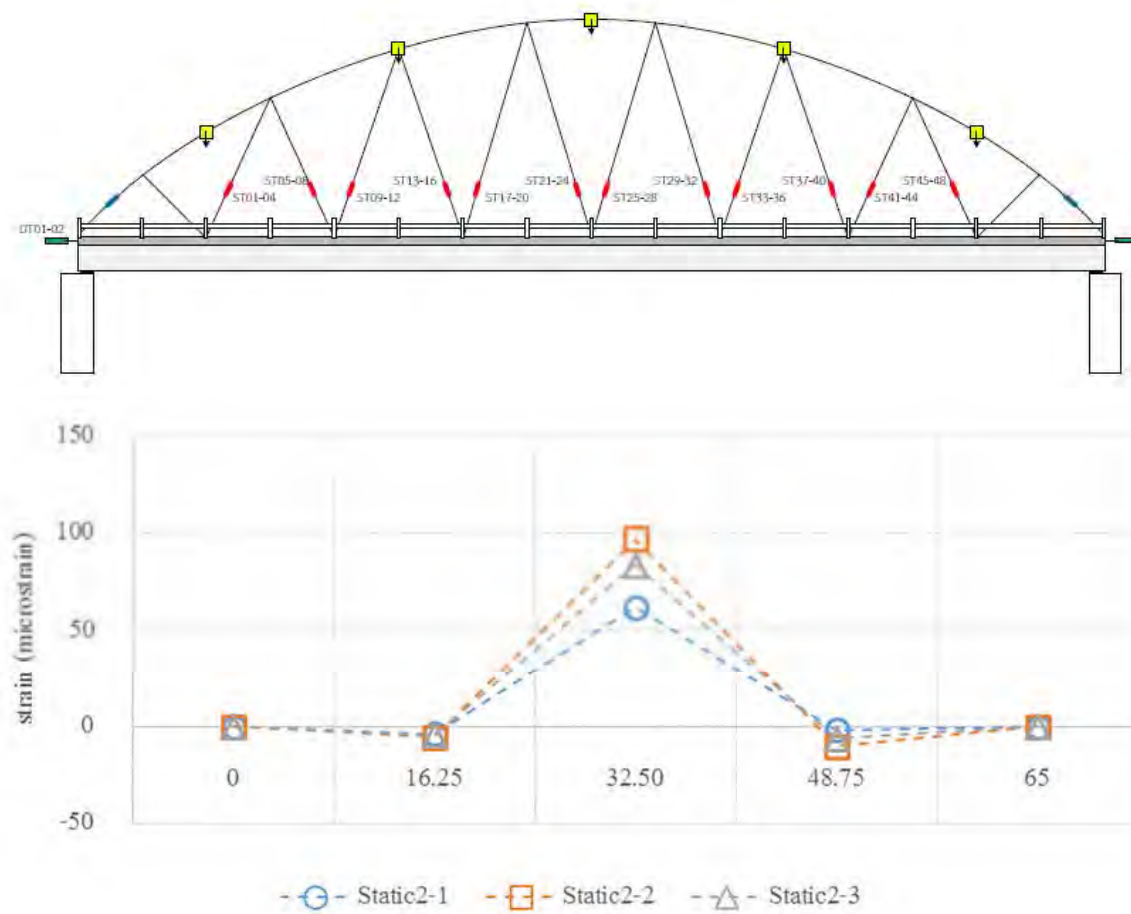
รูปที่ 6.10-7 การกระจายค่าความเครียดของเหล็กตามขวาง Static 2-2 สะพานช่วงที่ 6



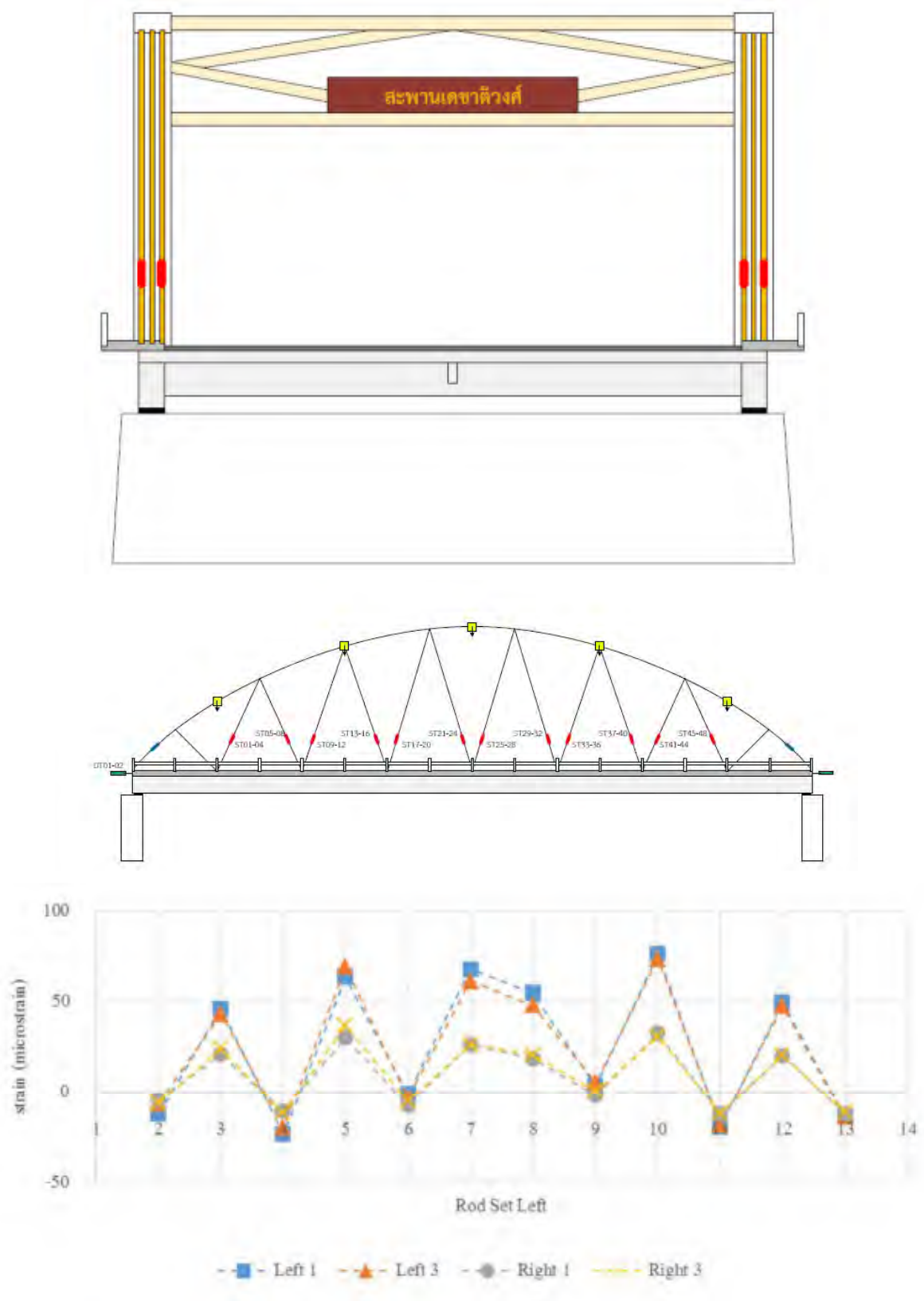
รูปที่ 6.10-8 การกระจายค่าความเครียดของเหล็กตามขวาง Static 2-3 สะพานช่วงที่ 6



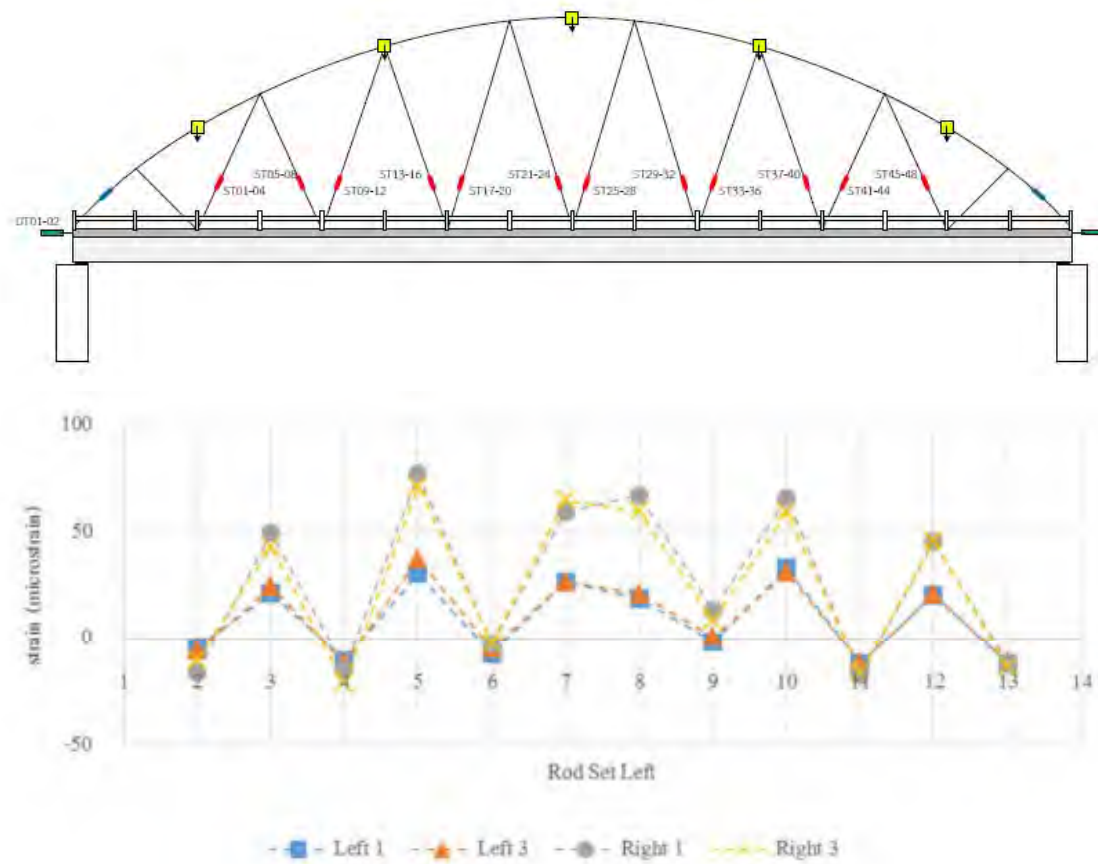
รูปที่ 6.10-9 การกระจายค่าความเครียดของเหล็กตามยาว GD1 สะพานช่วงที่ 6



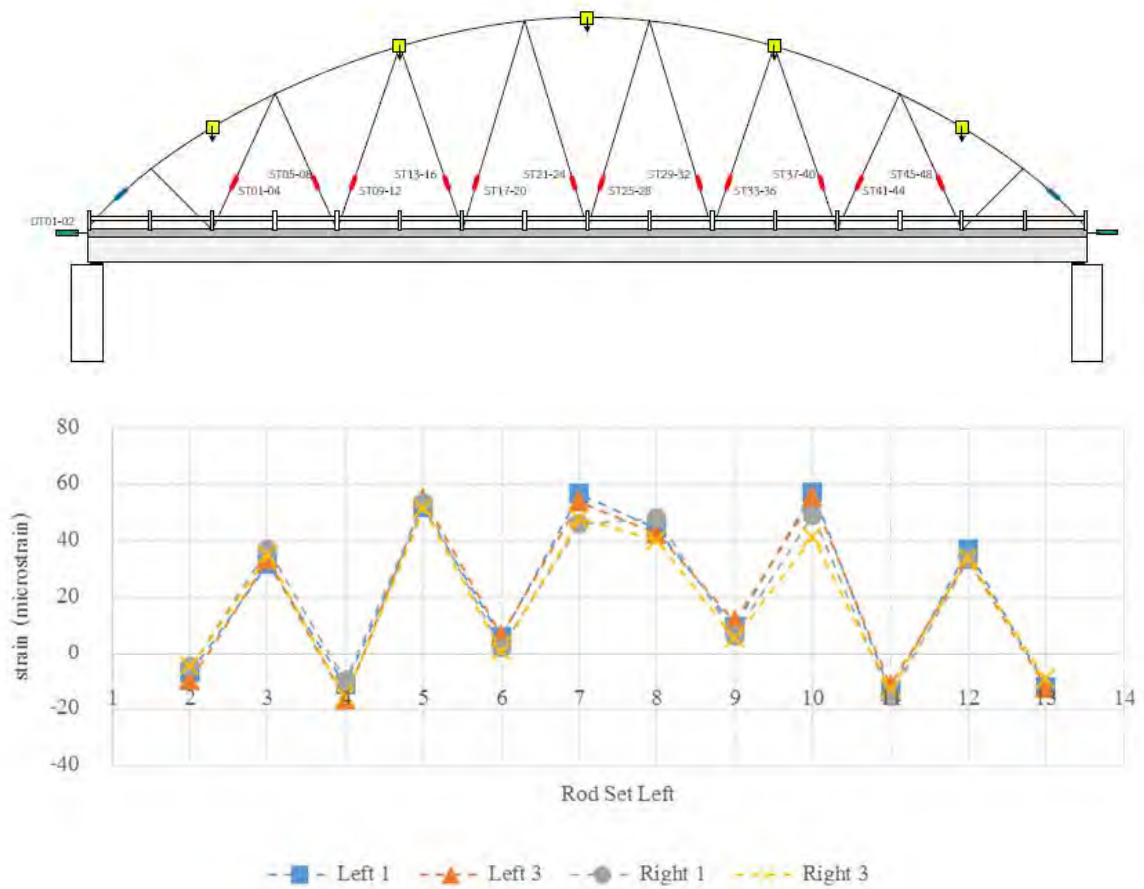
รูปที่ 6.10-10 การกระจายค่าความเครียดของเหล็กตามยาว GD2 สะพานช่วงที่ 6



รูปที่ 6.10-11 การกระจายค่าความเครียดของ Rod Set ทดสอบแบบสถิต Static 2-1
สะพานช่วงที่ 6



รูปที่ 6.10-12 การกระจายค่าความเครียดของ Rod Set ทดสอบแบบสถิต Static 2-2
สะพานช่วงที่ 6



รูปที่ 6.10-13 การกระจายค่าความเครียดของ Rod Set ทดสอบแบบสถิต Static 2-3 สะพานช่วงที่ 6

6.10.6. รูปแบบการทดสอบแบบพลวัต

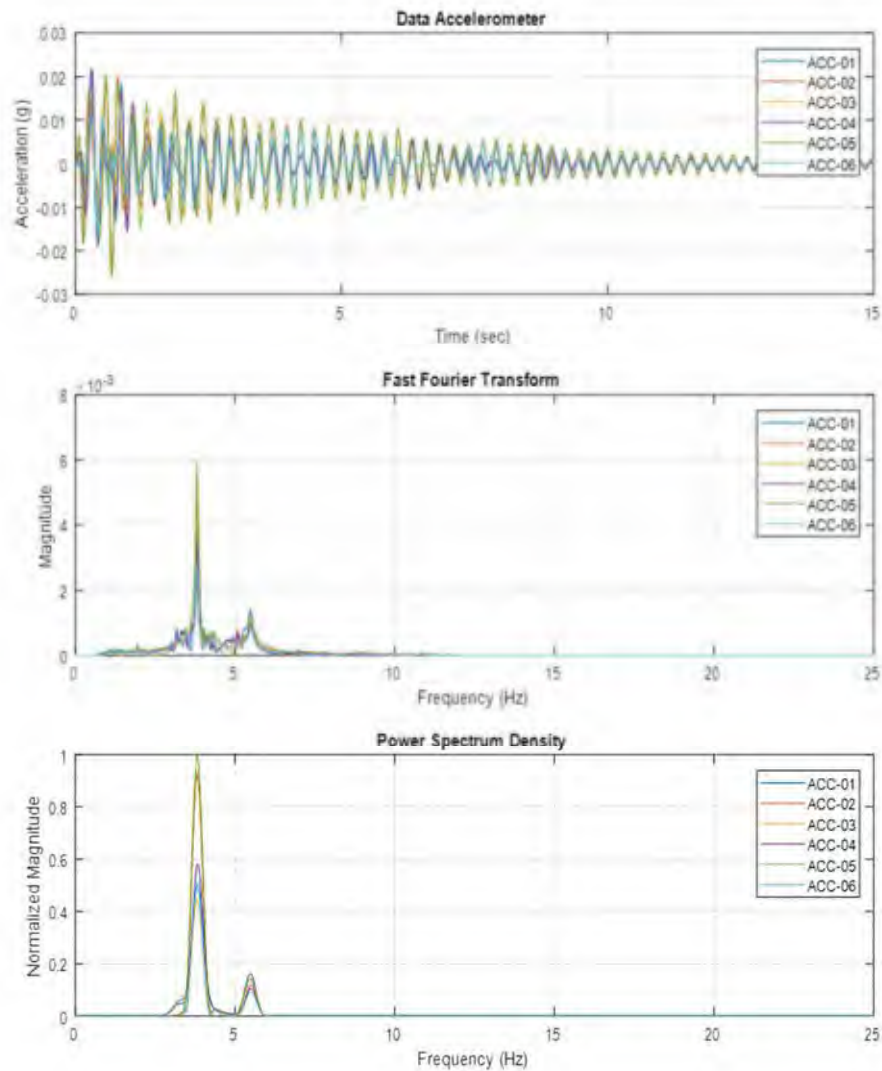
การทดสอบแบบพลวัต (Dynamic Test) เป็นการทดสอบโดยใช้รถบรรทุกน้ำหนัก หลายรูปแบบ โดยมีรายละเอียดดังนี้

- Dynamic 1 : ทดสอบด้วยรถบรรทุกน้ำหนัก วิ่งด้วยความเร็ว 20 กม./ชม. กึ่งกลางสะพาน
- Dynamic 2 : ทดสอบด้วยรถบรรทุกน้ำหนัก วิ่งด้วยความเร็ว 30 กม./ชม. กึ่งกลางสะพาน
- Dynamic 3 : ทดสอบด้วยรถบรรทุกน้ำหนัก วิ่งด้วยความเร็ว 50 กม./ชม. กึ่งกลางสะพาน

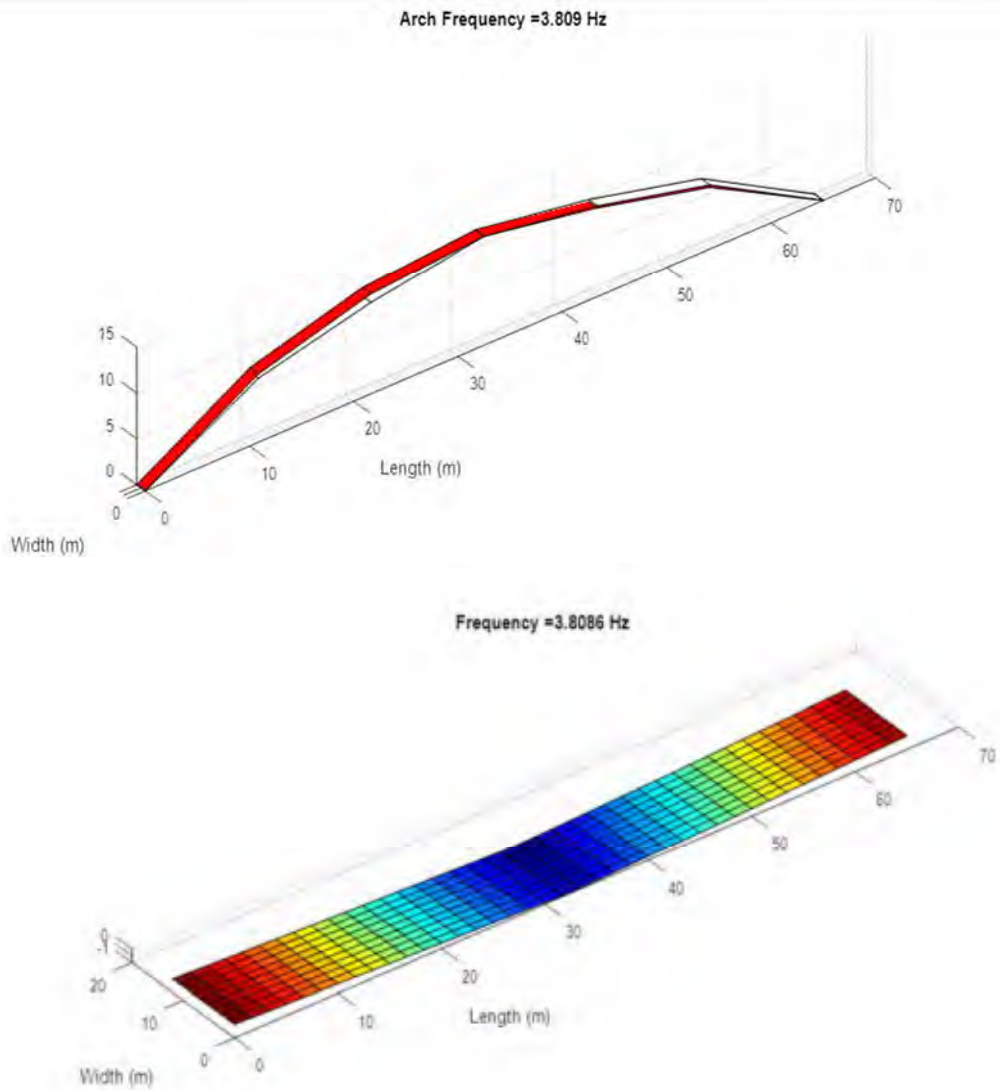


6.10.7. ผลการตรวจวัดพฤติกรรมแบบพลวัต

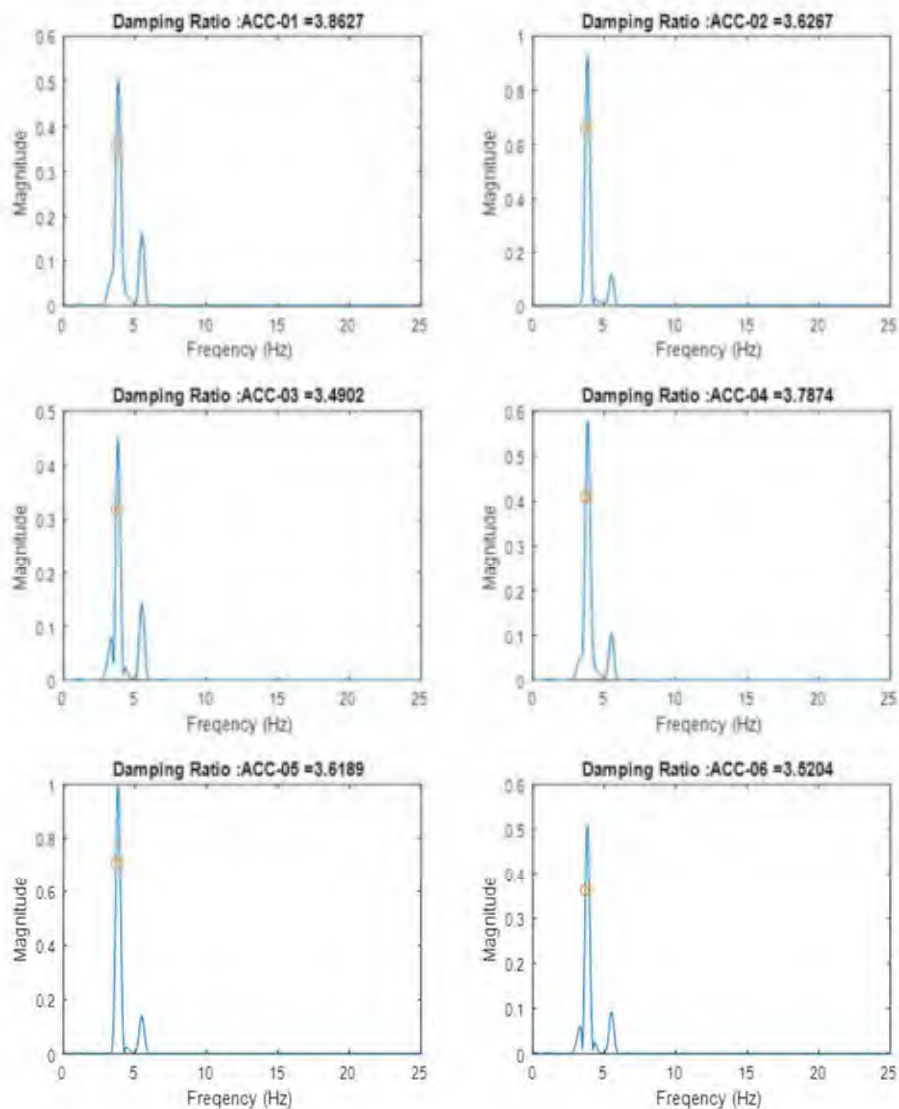
Dynamic Load Test 1 : 20 km/hr



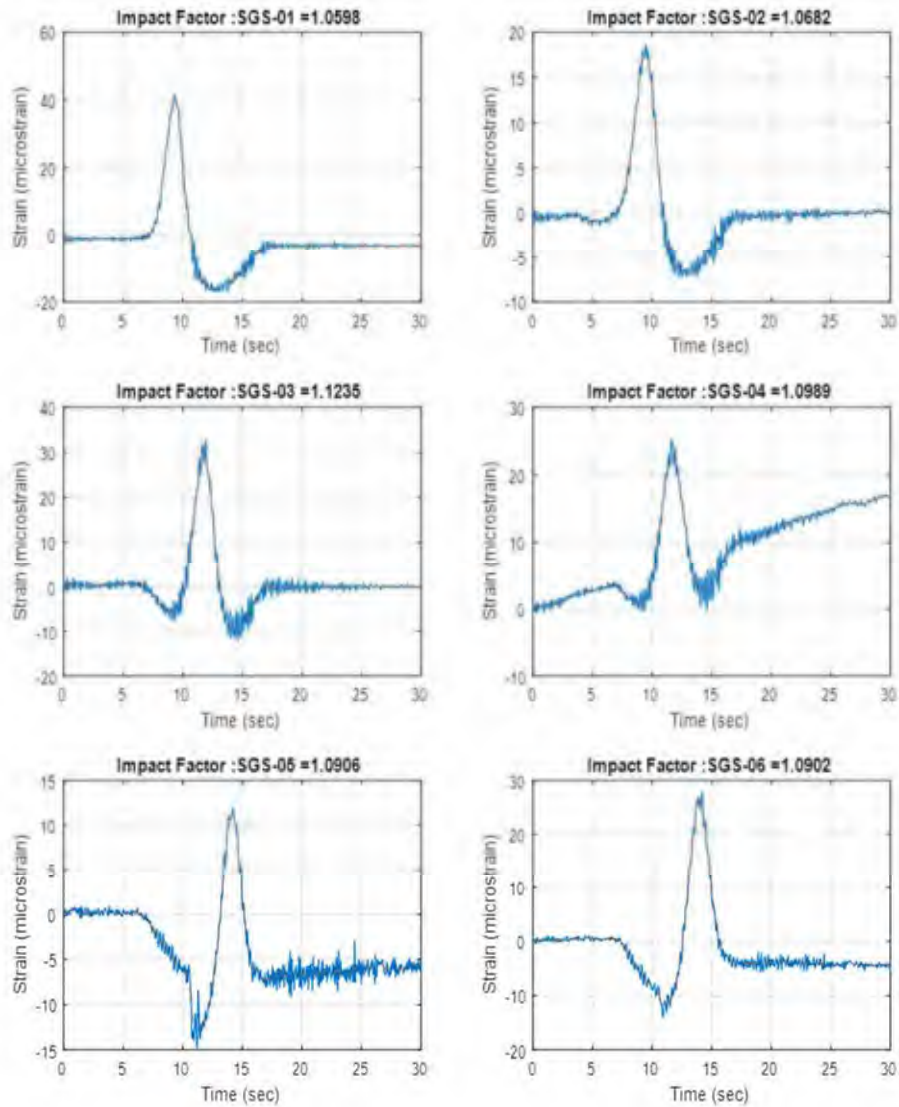
Dynamic Load Test 1 : 20 km/hr



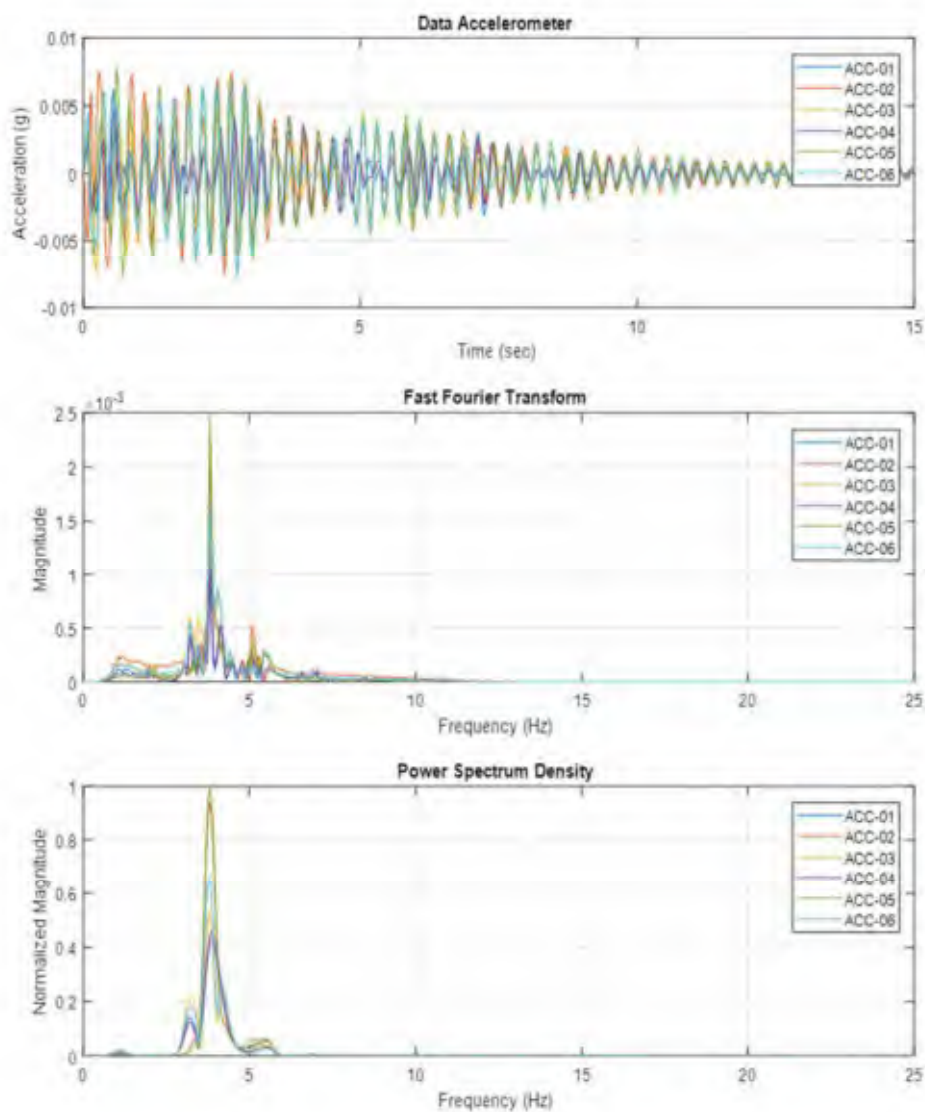
Dynamic Load Test 1 : 20 km/hr



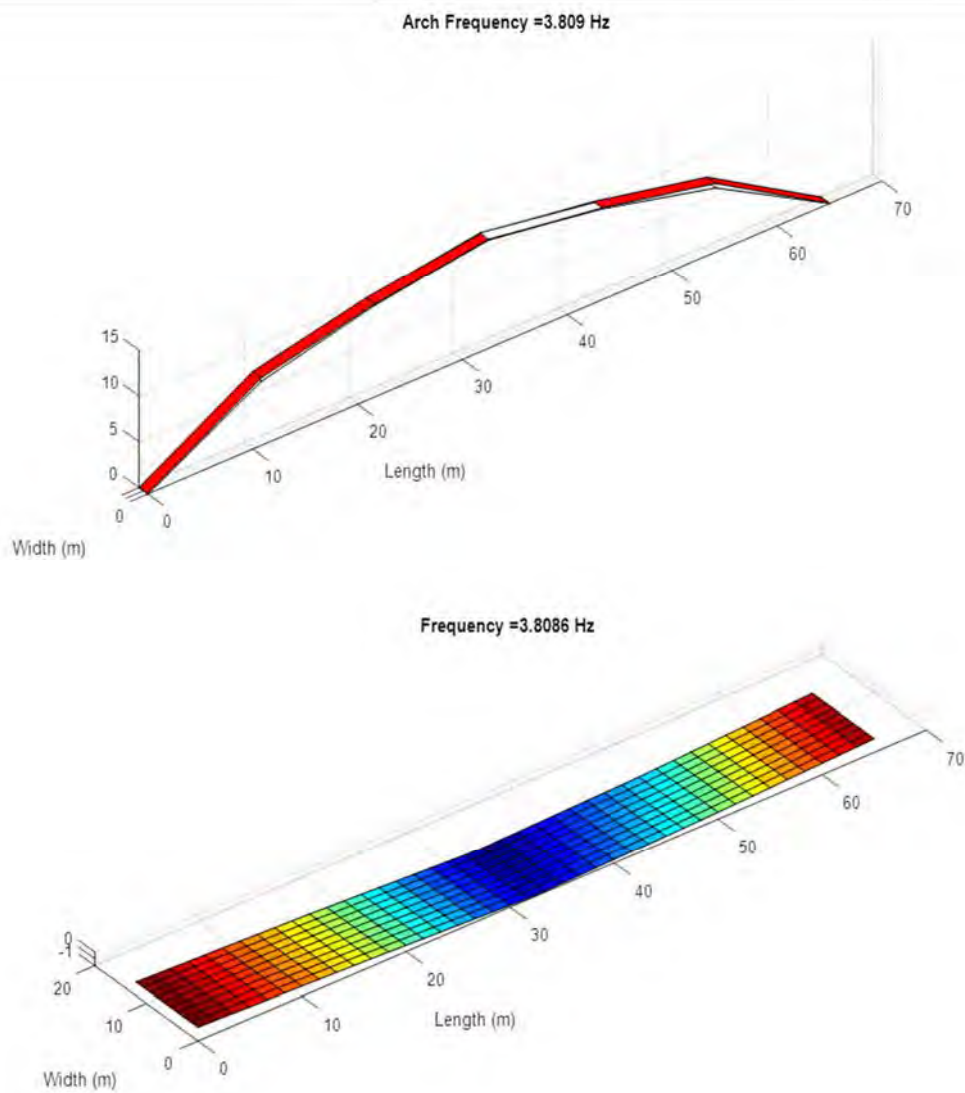
Dynamic Load Test 1 : 20 km/hr



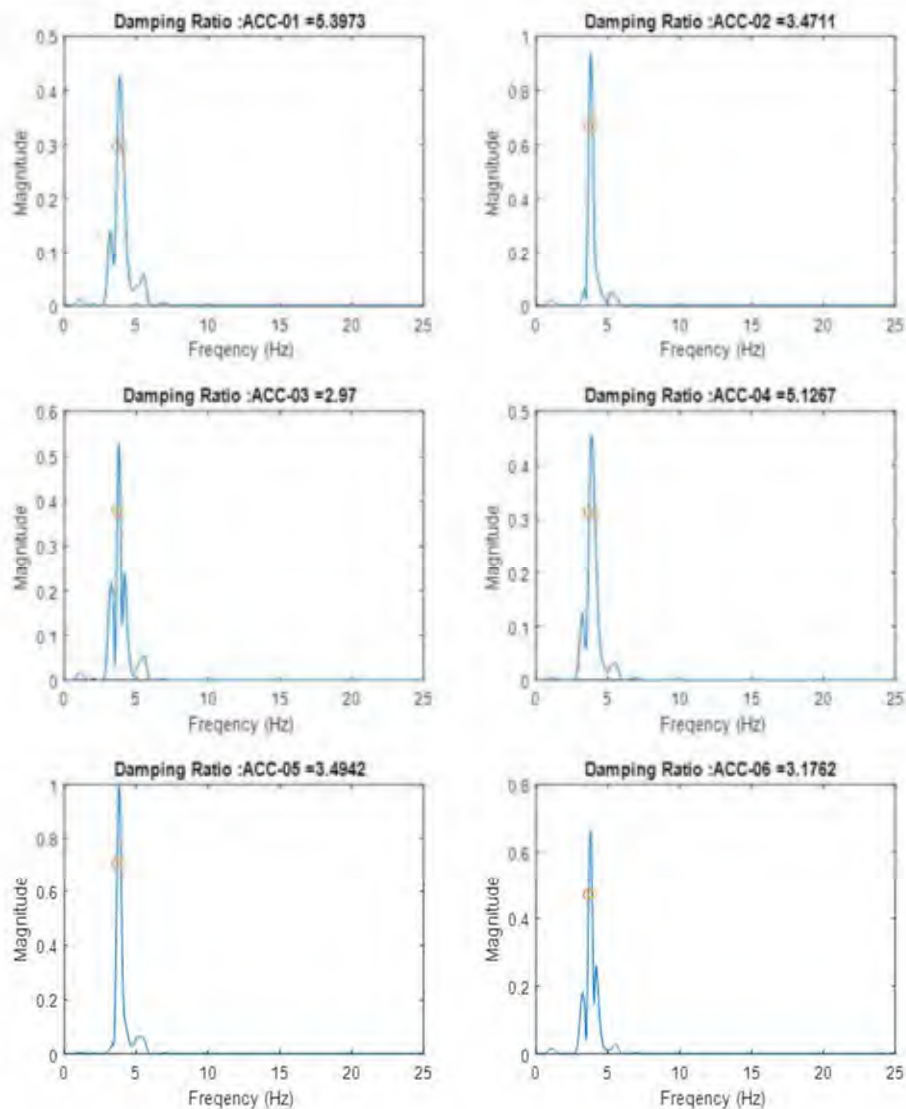
Dynamic Load Test 2 : 30 km/hr



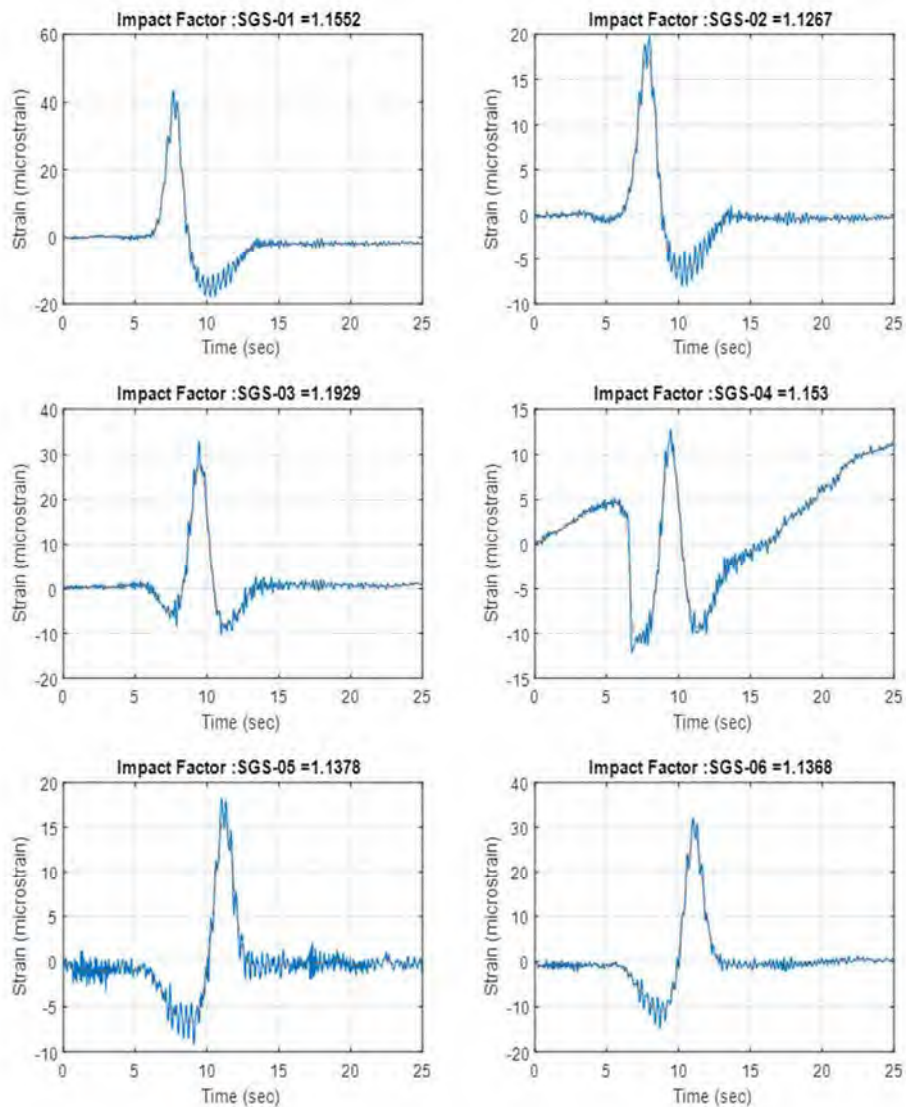
Dynamic Load Test 2 : 30 km/hr



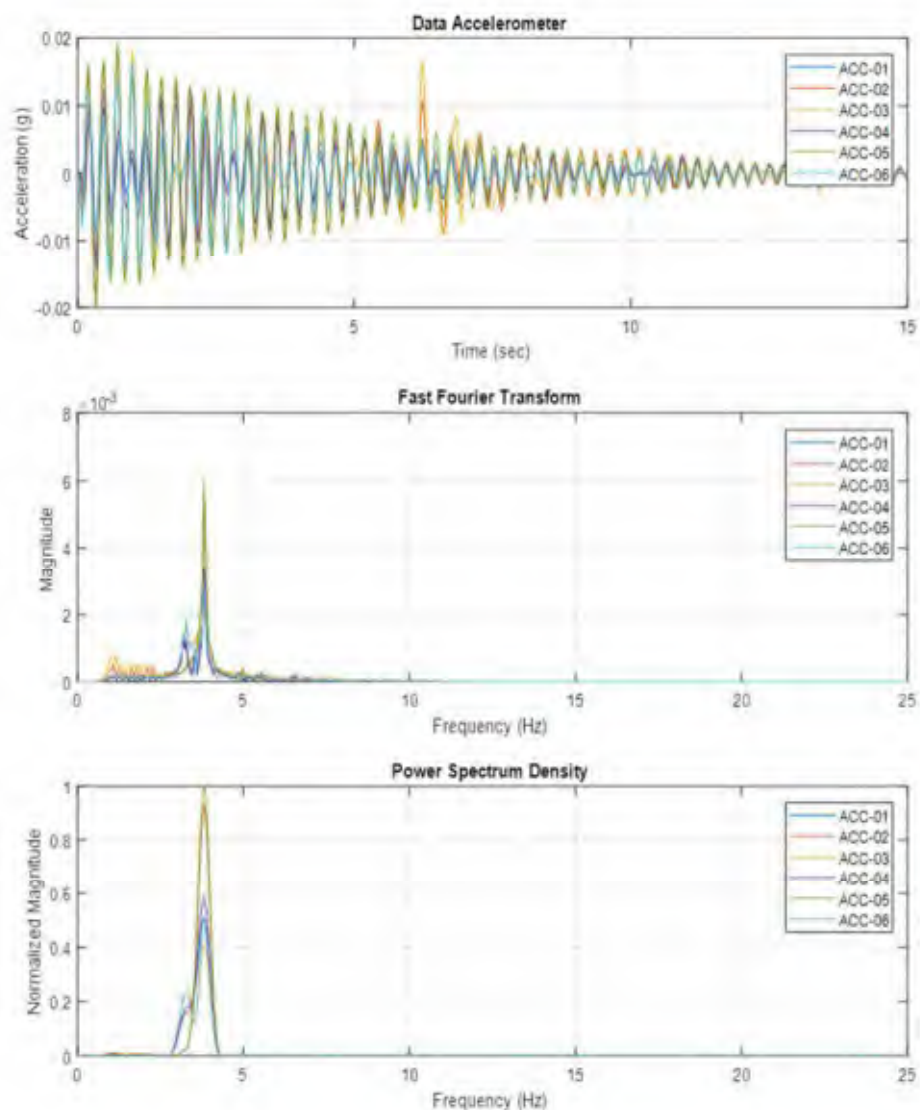
Dynamic Load Test 2 : 30 km/hr



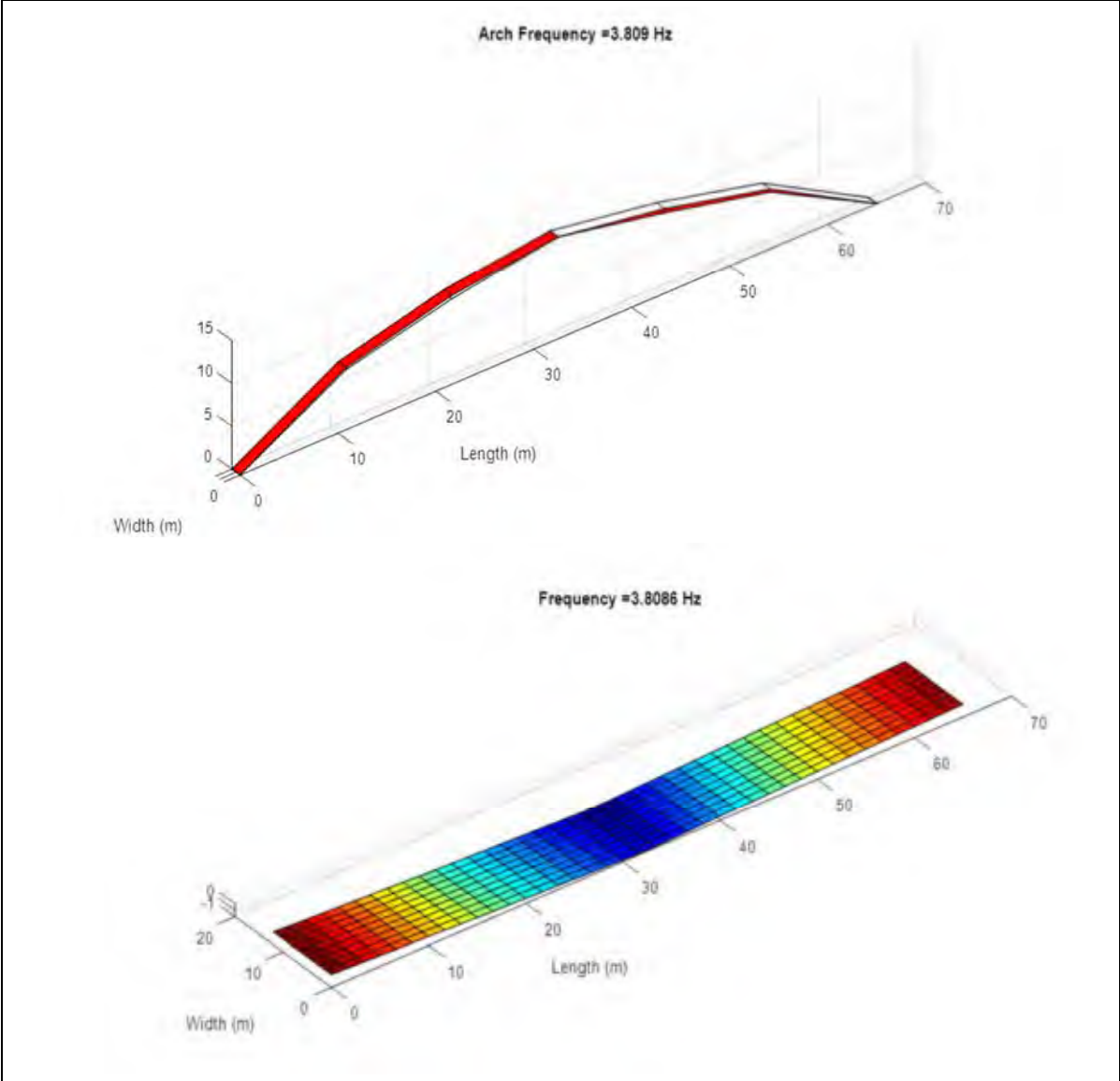
Dynamic Load Test 2 : 30 km/hr



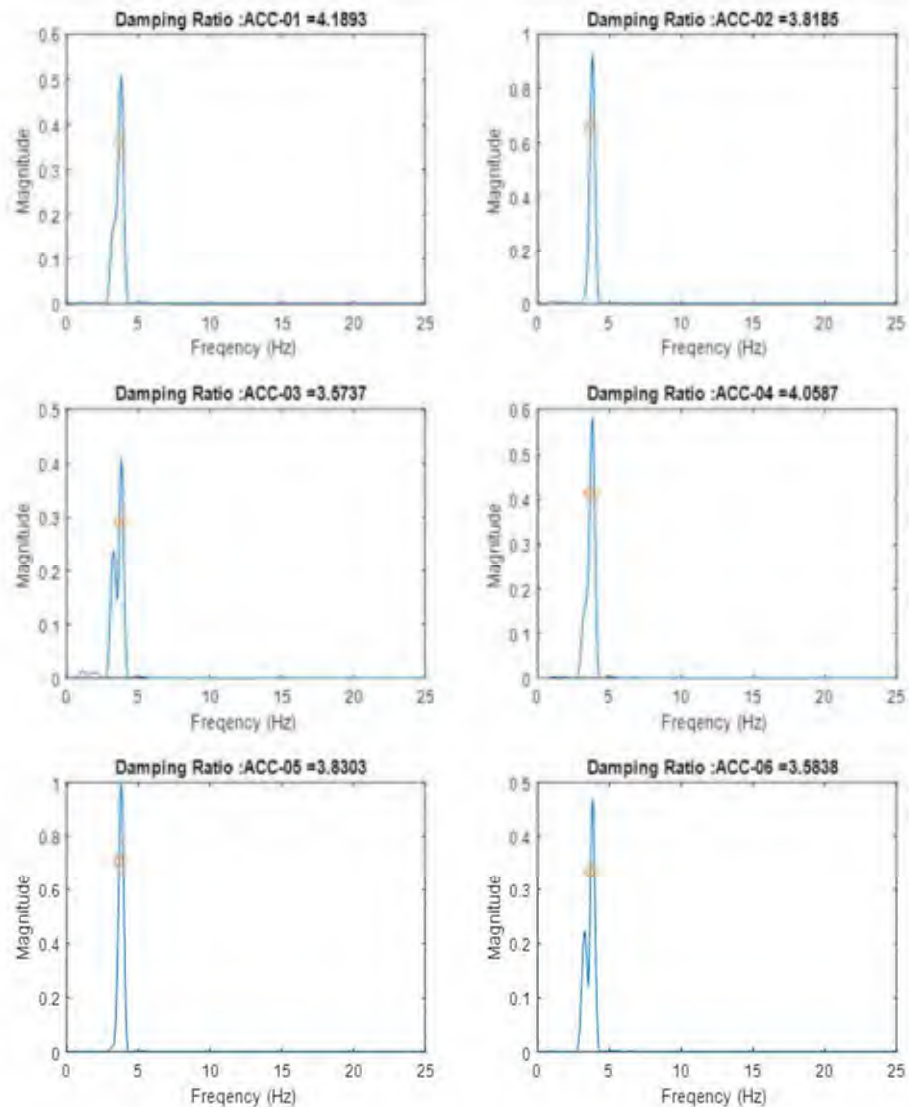
Dynamic Load Test 3 : 40 km/hr



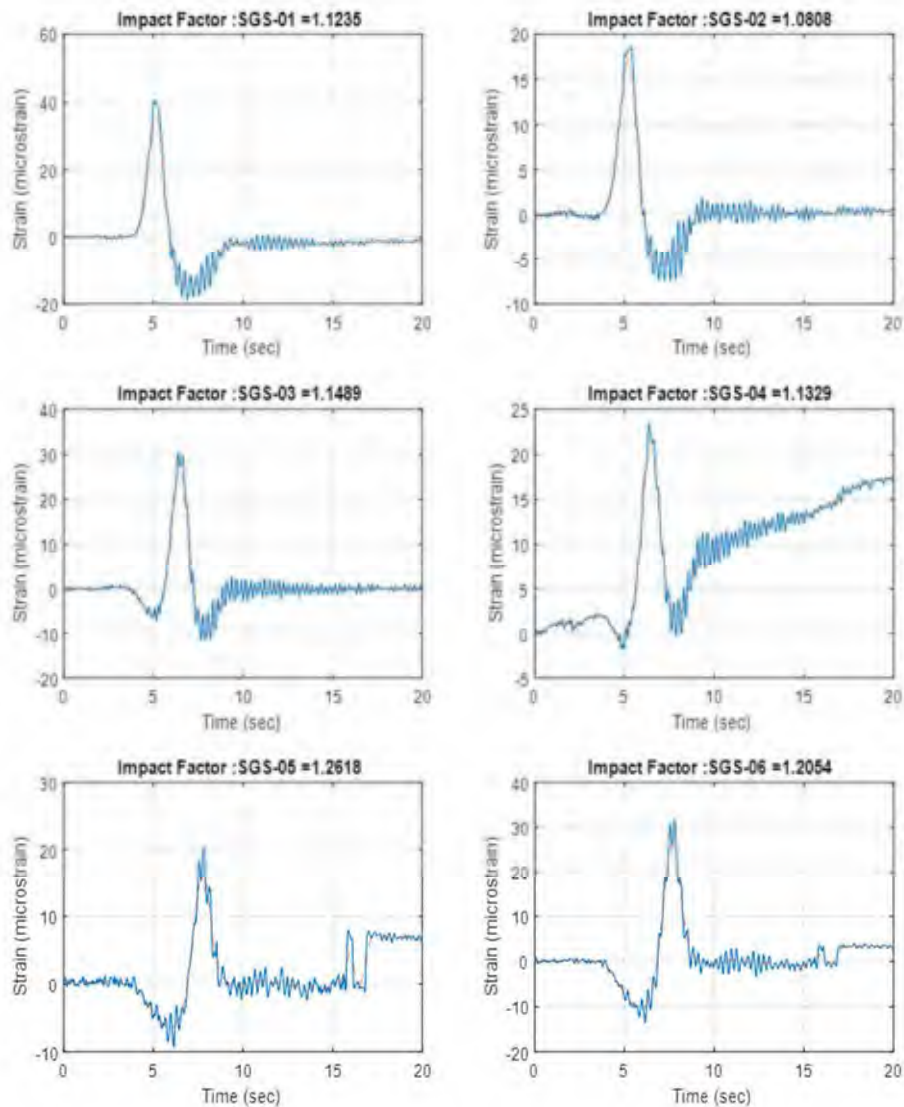
Dynamic Load Test 3 : 40 km/hr



Dynamic Load Test 3 : 40 km/hr



Dynamic Load Test 3 : 40 km/hr



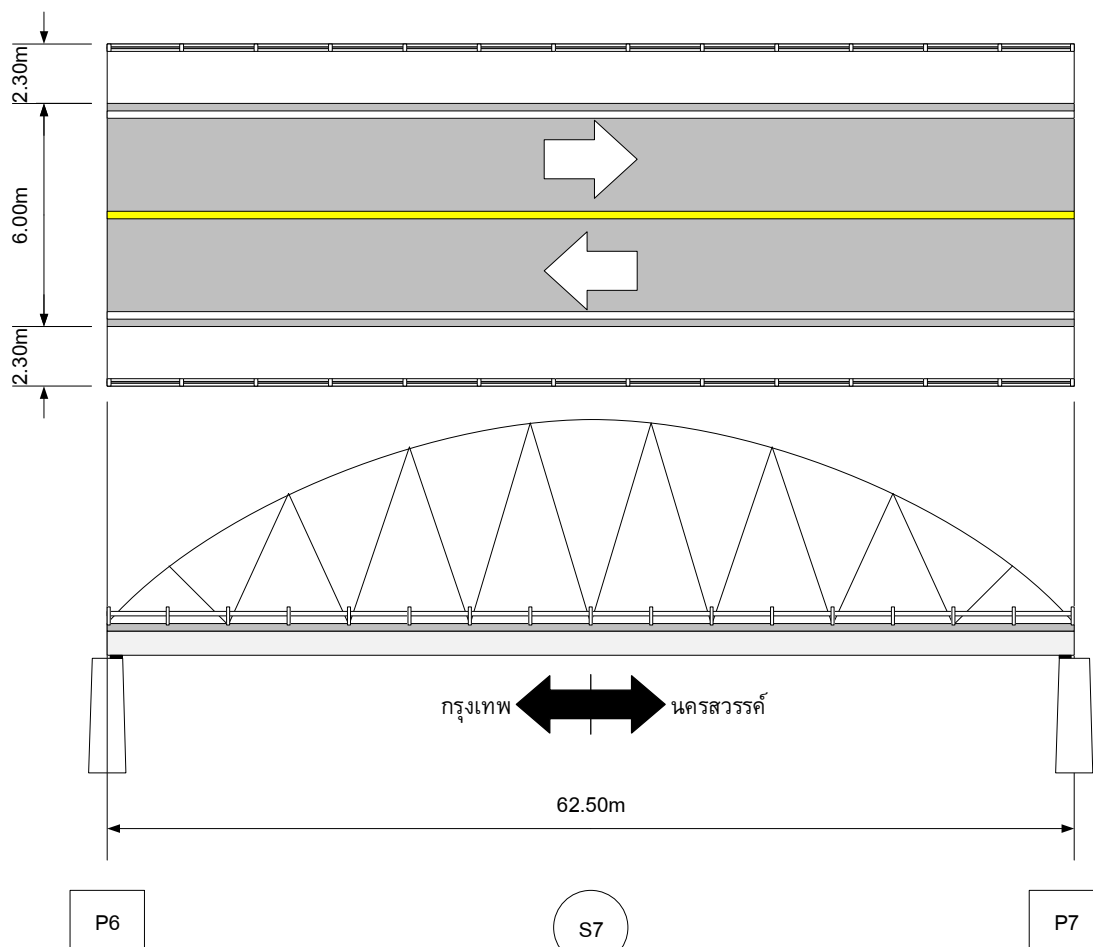
ตารางที่ 6.10-10 ผลการวิเคราะห์ Natural Frequency, Mode Shape, Damping Ratio และ Impact Factor

Dynamic Case	Speed (km/h)	Frequency (Hz)	Mode Shape (1st Mode)	Damping Ratio (%)	Impact Factor (IM)
Dynamic1	20	3.809	Bending Mode	3.490 - 3.863	1.060 - 1.124
Dynamic2	30	3.809	Bending Mode	2.970 - 5.397	1.127 - 1.193
Dynamic3	40	3.809	Bending Mode	3.574 - 4.189	1.081 - 1.262

6.11 ผลการตรวจวัดพฤติกรรมสะพานช่วงที่ 7 (Span 7)

โครงการนี้ได้ดำเนินการตรวจวัดพฤติกรรมโครงสร้างสะพานช่วงที่ 7 (Span 7) ความยาวช่วงสะพานเท่ากับ 62.5 เมตร โดยทำการทดสอบสะพานภายใต้สภาวะควบคุม ประกอบด้วย การทดสอบแบบสถิต และการทดสอบแบบพลวัต เมื่อวันที่ 13 มิถุนายน 2563 ซึ่งมีรายละเอียดการตรวจวัดพฤติกรรมโครงสร้างสะพาน ดังนี้

6.11.1. ช่วงสะพานทดสอบ

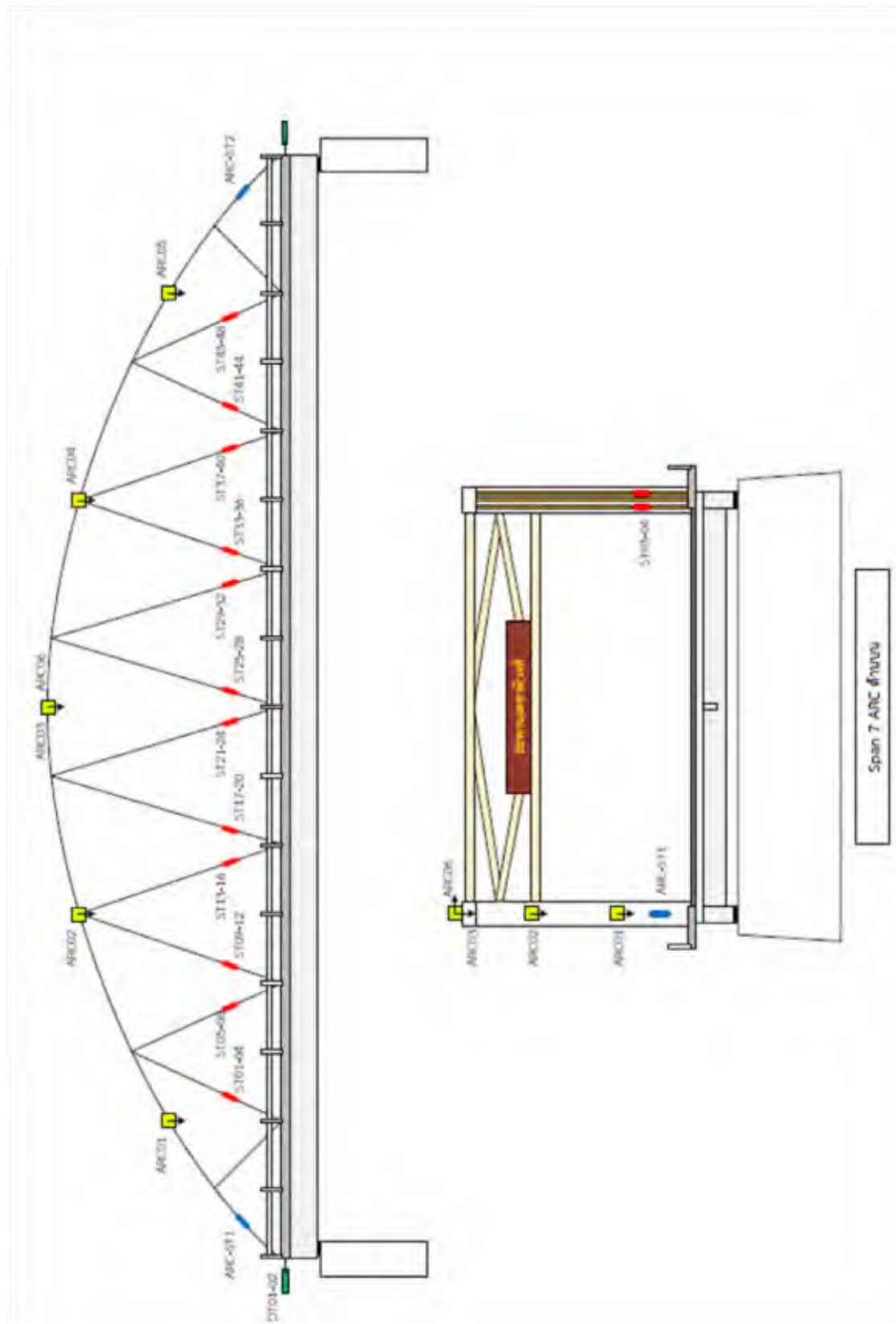


รูปที่ 6.11-1 ช่วงสะพานทดสอบ

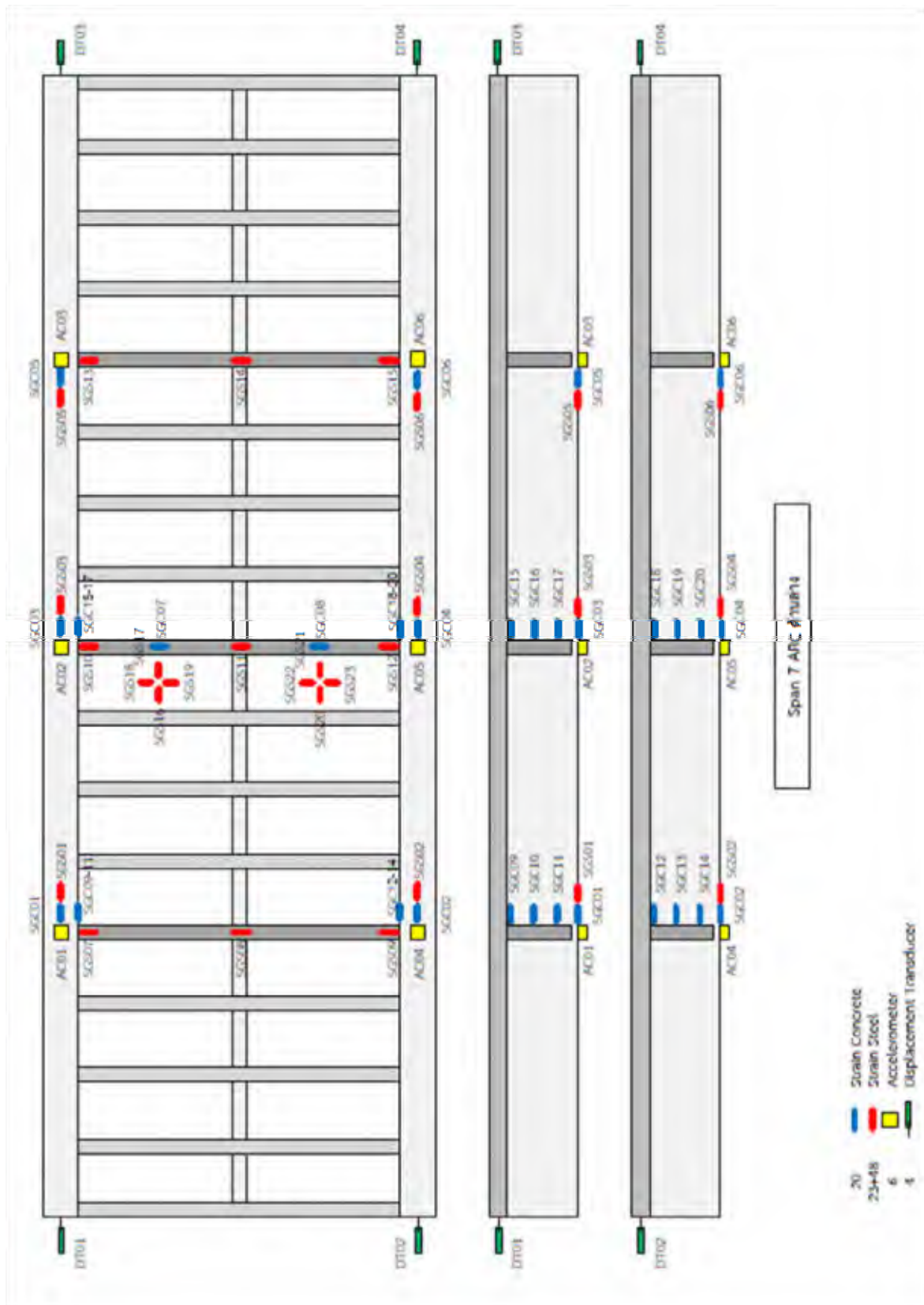
6.11.2. ตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัด

ในช่วงสะพานนี้ทำการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดความเครียดสำหรับคอนกรีต (Strain Gauge Concrete) จำนวน 20 ตำแหน่ง อุปกรณ์ตรวจวัดความเครียดสำหรับเหล็ก (Strain Gauge Steel) จำนวน 23 ตำแหน่ง อุปกรณ์ตรวจวัดการเคลื่อนที่ (Displacement Transducer) จำนวน 4 ตำแหน่ง และอุปกรณ์ตรวจวัดความเร่งจากการสั่นไหว (Accelerometer) จำนวน 12 ตำแหน่ง โดยมีรายละเอียดดังนี้

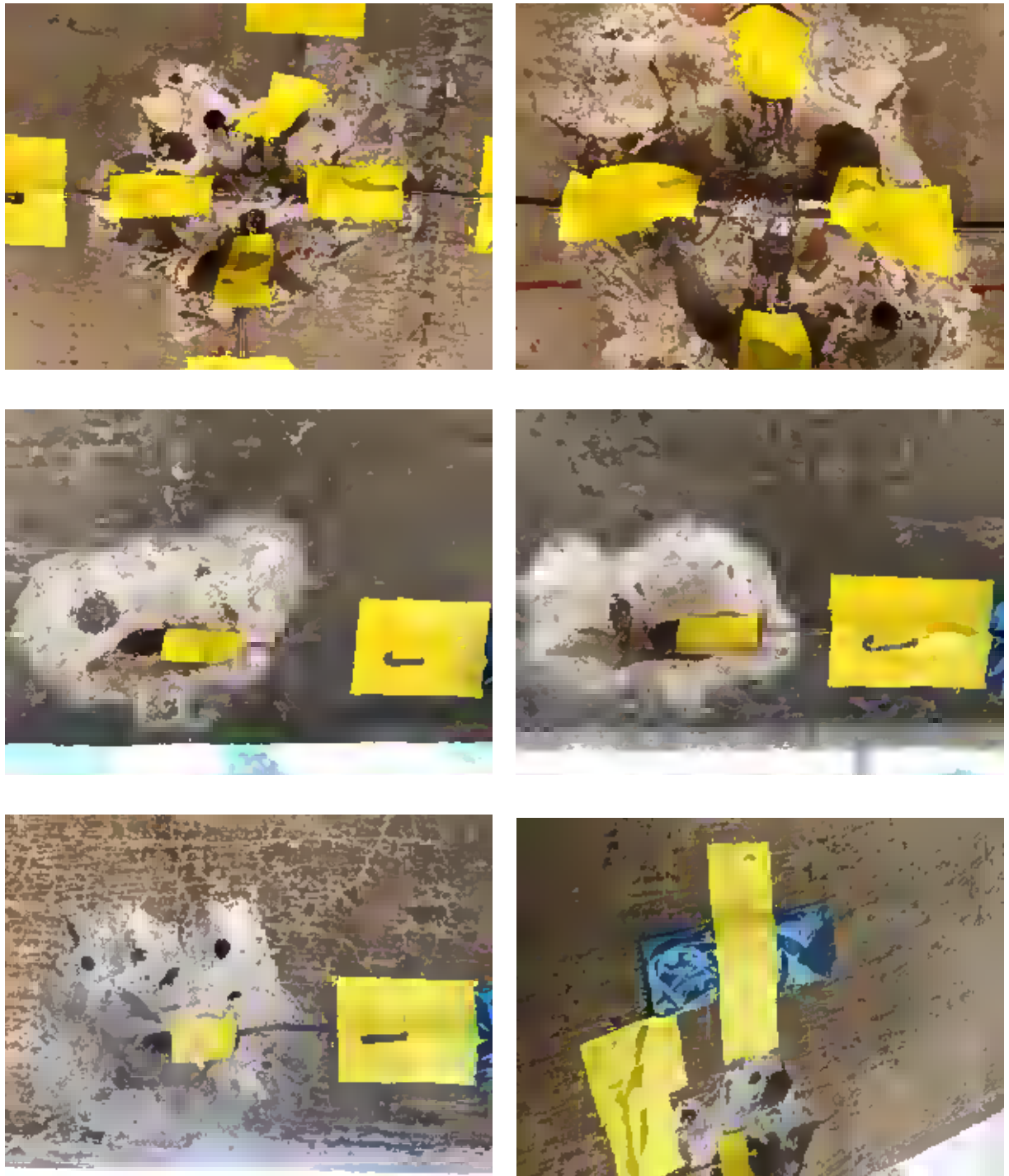




รูปที่ 6.11-2 ตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดด้านบน



รูปที่ 6.5-2 ตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดด้านล่าง (ต่อ)



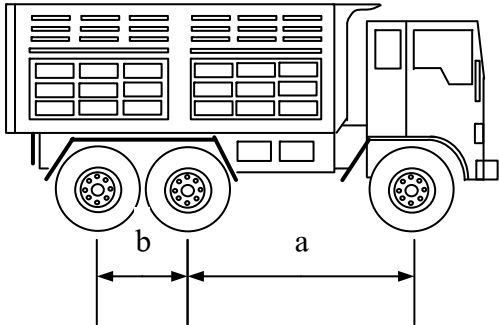
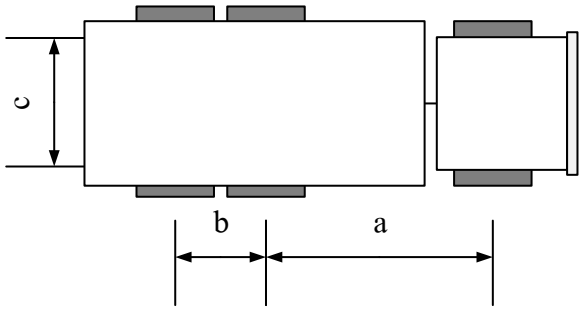
รูปที่ 6.11-3 ภาพการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดสะพานช่วงที่ 7 (Span 7)

6.11.3. น้ำหนักบรรทุกทดสอบ

ในช่วงสะพานนี้ได้ใช้รถบรรทุก 10 ล้อ จำนวน 2 คัน ประกอบด้วย รถบรรทุกเปล่าน้ำหนักรวมประมาณ 10 ตัน และรถบรรทุกน้ำหนักรวมประมาณ 18 ตัน ทดสอบสะพานภายใต้สภาวะควบคุม โดยมีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 6.11-1 น้ำหนักบรรทุกทดสอบ

คันที่	1	2
ประเภท	รถบรรทุกเปล่า (81-5301)	รถบรรทุกน้ำหนัก (81-5222)
น้ำหนักรถบรรทุก (ตัน)	10.570	18.280
ระยะเพลลาที่ 1 ถึง 2 (a, เมตร)	3.90	4.10
ระยะเพลลาที่ 2 ถึง 3 (b, เมตร)	1.30	1.30
ความกว้างฐานล้อ (c, เมตร)	1.90	1.90



รูปที่ 6.11-4 รถบรรทุกทดสอบ

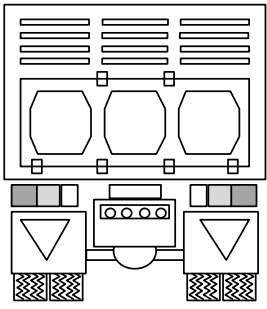
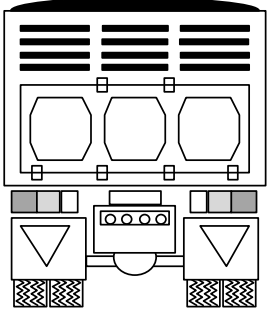


6.11.4. รูปแบบการทดสอบแบบสถิต

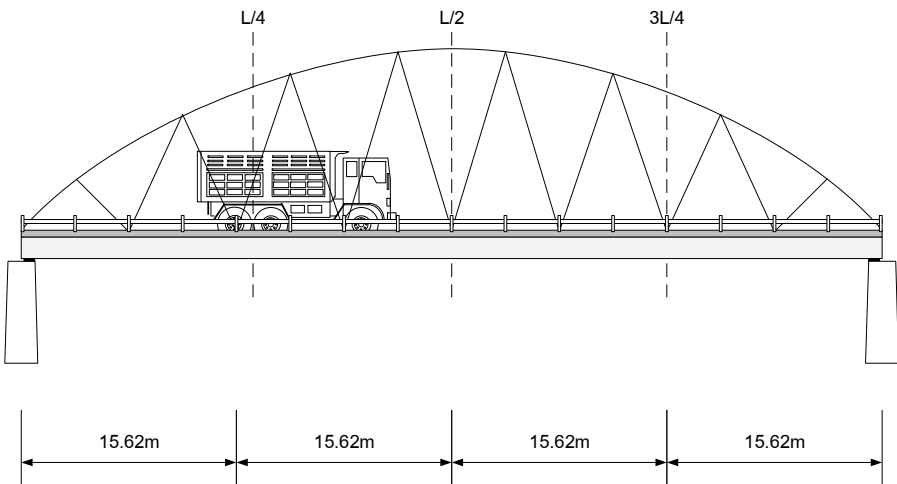
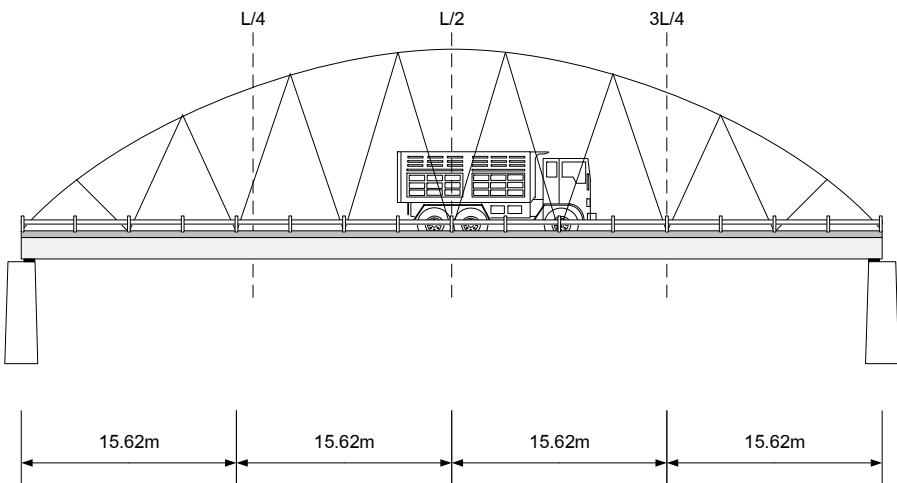
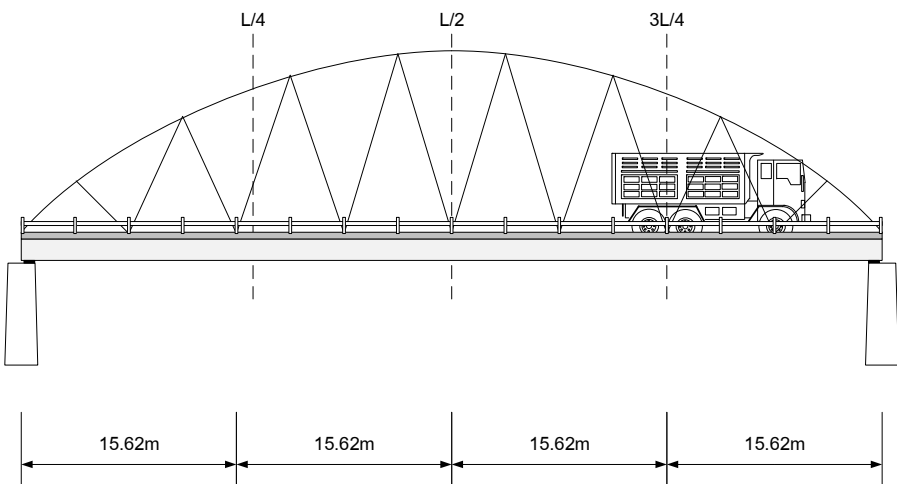
การทดสอบแบบสถิต (Static Test) ประกอบด้วย การทดสอบด้วยรถบรรทุกเปล่าและรถบรรทุกน้ำหนัก หลายรูปแบบโดยมีรายละเอียดดังนี้

- Static 1-1 : ทดสอบด้วยรถบรรทุกเปล่า จอดตามตำแหน่ง L/4, L/2, 3L/4 ของความยาวช่วงระหว่างตอม่อ ในช่องจราจรทางซ้าย
- Static 1-2 : ทดสอบด้วยรถบรรทุกเปล่า จอดตามตำแหน่ง L/4, L/2, 3L/4 ของความยาวช่วงระหว่างตอม่อ ในช่องจราจรทางขวา
- Static 1-3 : ทดสอบด้วยรถบรรทุกเปล่า จอดตามตำแหน่ง L/4, L/2, 3L/4 ของความยาวช่วงระหว่างตอม่อ กึ่งกลางสะพาน
- Static 2-1 : ทดสอบด้วยรถบรรทุกน้ำหนัก จอดตามตำแหน่ง L/4, L/2, 3L/4 ของความยาวช่วงระหว่างตอม่อ ในช่องจราจรทางซ้าย
- Static 2-2 : ทดสอบด้วยรถบรรทุกน้ำหนัก จอดตามตำแหน่ง L/4, L/2, 3L/4 ของความยาวช่วงระหว่างตอม่อ ในช่องจราจรทางขวา
- Static 2-3 : ทดสอบด้วยรถบรรทุกน้ำหนัก จอดตามตำแหน่ง L/4, L/2, 3L/4 ของความยาวช่วงระหว่างตอม่อ กึ่งกลางสะพาน

ตารางที่ 6.11-2 สัญลักษณ์รถบรรทุกทดสอบ

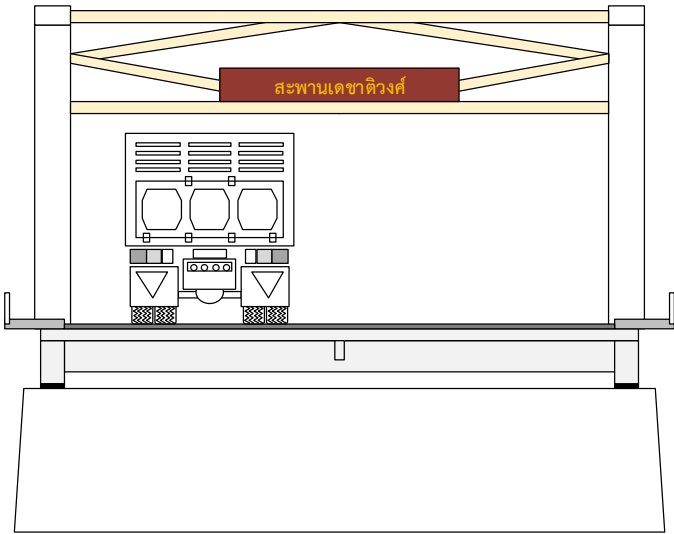
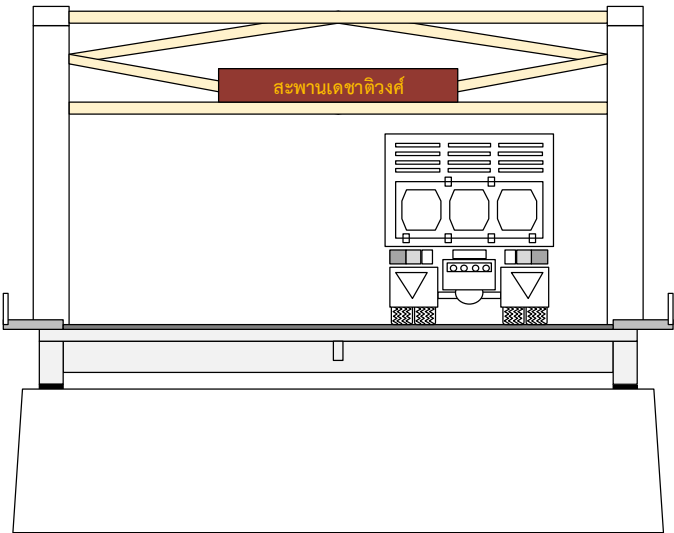
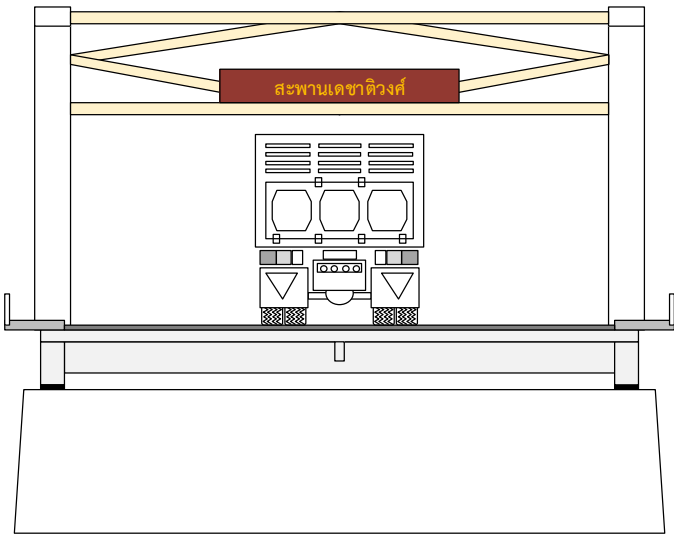
รถบรรทุก	สัญลักษณ์
รถบรรทุกเปล่า	
รถบรรทุกน้ำหนัก	

ตารางที่ 6.11-3 ระยะจอตรบรรทุกตามตำแหน่ง $L/4$, $L/2$ และ $3L/4$

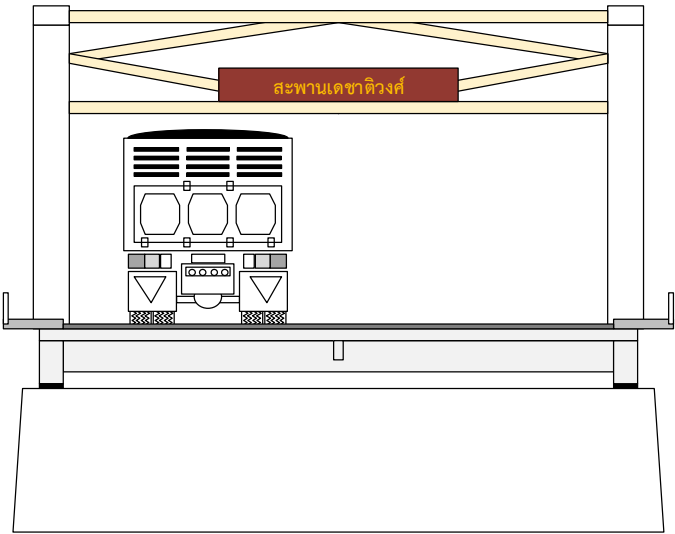
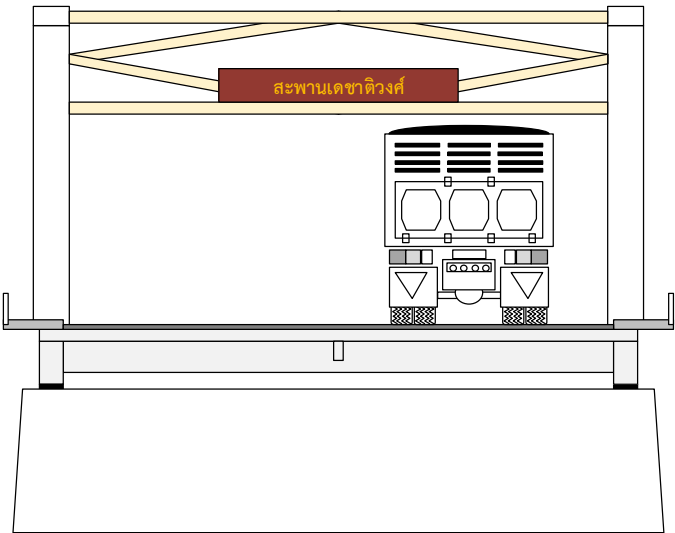
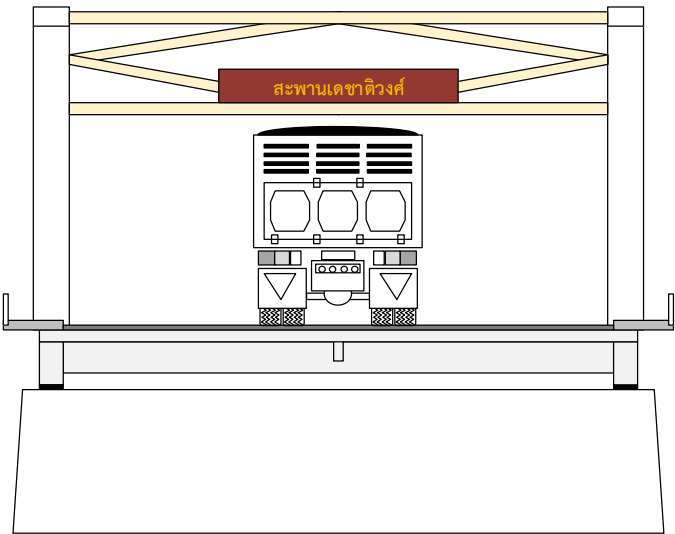
ระยะ	ตำแหน่งจอตรบรรทุก
$L/4$	
$L/2$	
$3L/4$	

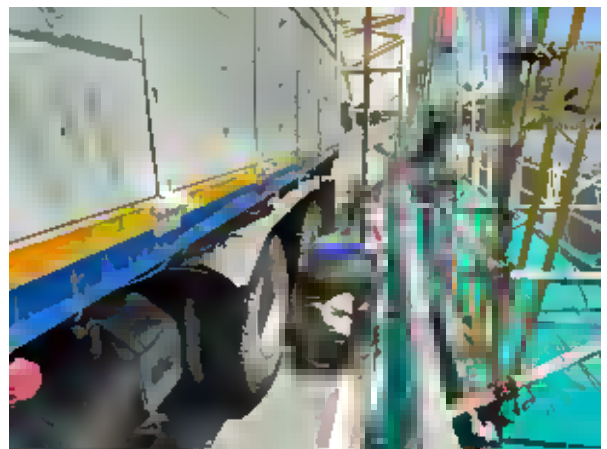
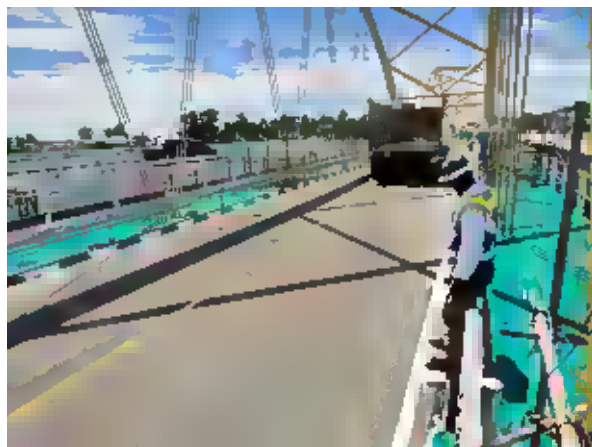
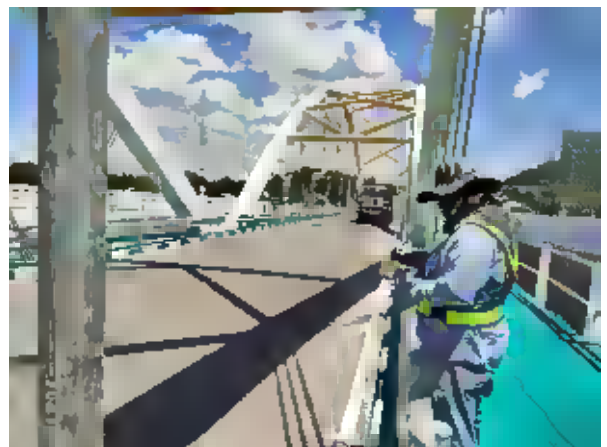


ตารางที่ 6.11-4 รูปแบบการทดสอบแบบสถิต ด้วยรถบรรทุกเปล่า

Case	Pattern
Static 1-1	
Static 1-2	
Static 1-3	

ตารางที่ 6.11-5 รูปแบบการทดสอบแบบสถิต ด้วยรถบรรทุกน้ำหนัก

Case	Pattern
Static 2-1	
Static 2-2	
Static 2-3	



รูปที่ 6.11-5 ภาพการทดสอบแบบสถิต

6.11.5. ผลการตรวจวัดพฤติกรรมสะพานแบบสถิต

ตารางที่ 6.11-6 ผลการตรวจวัดพฤติกรรมสะพานแบบสถิต ด้วยรถบรรทุกเปล่า

Time (s)	Static 1-1			Static 1-2			Static 1-3		
	L/4	L/2	3L/4	L/4	L/2	3L/4	L/4	L/2	3L/4
DT-01	0.023	-0.048	-0.061	0.018	-0.013	-0.048	0.024	-0.023	-0.043
DT-02	-0.071	-0.066	0.056	-0.067	-0.052	0.020	-0.147	-0.136	-0.031
DT-03	0.027	0.002	-0.011	0.027	-0.013	-0.022	0.025	-0.006	-0.015
DT-04	0.009	0.021	0.107	-0.052	-0.024	0.066	-0.169	-0.127	-0.030
SGC-01	1.627	-2.292	-1.294	0.415	-0.861	-1.794	2.148	-0.386	-0.675
SGC-02	15.232	-4.510	-3.050	29.338	-10.753	-8.496	22.368	-8.221	-7.302
SGC-03	-11.429	39.378	-9.381	-5.742	15.664	-6.425	-8.273	28.006	-6.227
SGC-04	-1.084	0.296	0.688	-1.717	0.306	-2.558	-0.546	0.217	-0.433
SGC-05	-2.491	-2.589	3.563	-3.033	-3.223	-1.418	-1.119	-1.031	3.429
SGC-06	-1.363	0.819	5.315	-2.738	-3.146	-1.217	0.102	-0.523	4.777
SGC-07	-0.792	7.494	0.040	-1.069	2.463	-2.271	-0.694	6.061	-0.935
SGC-08	-0.006	33.093	1.167	-1.073	40.244	-1.385	0.200	46.541	0.015
SGC-09	-0.771	0.879	-0.333	-0.306	0.208	-0.621	-0.379	0.648	-0.279
SGC-10	-1.371	-1.923	0.152	1.067	1.444	1.506	2.102	2.491	4.700
SGC-11	-1.325	2.231	-0.208	-1.330	-0.475	-0.767	-0.613	0.561	0.300
SGC-12	11.375	-0.285	5.033	-5.079	-5.671	-6.775	0.500	0.131	0.442
SGC-13	-0.681	-1.179	-0.098	-0.252	-0.896	-1.077	0.579	-0.646	-0.502
SGC-14	-1.275	-0.129	0.515	-0.886	1.165	-1.403	-0.117	0.742	-0.279
SGC-15	-2.323	-0.965	-1.115	-0.067	-0.050	-0.696	0.481	0.217	1.002
SGC-16	-2.139	-1.075	0.209	-0.442	-1.073	-0.152	0.175	0.175	2.000
SGC-17	-2.848	-1.375	-0.925	-0.390	-1.210	-1.092	0.123	-0.620	0.692
SGC-18	-2.965	0.235	-0.502	0.095	0.375	-1.844	0.523	0.379	1.323
SGC-19	-3.671	-0.648	0.115	0.075	0.327	-1.191	0.450	-0.002	2.271
SGC-20	-3.006	0.691	1.335	-0.844	-0.133	1.202	1.002	2.098	5.042



ตารางที่ 6.5-6 ผลการตรวจวัดพฤติกรรมสะพานแบบสถิต ด้วยรถบรรทุกเปล่า (ต่อ)

Time (s)	Static 1-1			Static 1-2			Static 1-3		
	L/4	L/2	3L/4	L/4	L/2	3L/4	L/4	L/2	3L/4
SGS-01	22.004	-8.594	-4.975	12.988	-2.016	-3.466	16.813	-5.919	-5.325
SGS-02	4.248	-3.454	-1.546	7.177	-6.973	-7.889	3.164	-10.582	-12.982
SGS-03	-6.177	26.760	-5.640	-3.748	9.356	-3.514	-5.717	17.734	-3.588
SGS-04	-4.336	12.178	-3.080	-7.948	33.720	-9.292	-6.284	22.014	-7.069
SGS-05	-6.952	-6.894	21.261	-3.008	-2.446	8.492	-4.379	-3.625	16.290
SGS-06	-4.256	-1.942	15.161	-5.633	-6.840	20.382	-4.282	-4.457	19.706
SGS-07	13.995	-0.138	0.983	0.769	-1.209	-2.148	6.164	-0.144	-0.754
SGS-08	47.821	-1.369	0.656	45.945	-0.615	-1.628	54.941	0.400	-0.104
SGS-09	4.280	-1.483	-0.363	22.970	-0.373	-1.756	14.216	0.181	-0.304
SGS-10	-0.095	18.613	0.692	-0.475	1.634	-2.398	-0.921	8.773	-2.223
SGS-11	-0.065	54.152	1.262	0.350	48.175	-0.912	0.519	63.925	0.169
SGS-12	0.177	2.919	-0.046	-0.423	22.565	-0.027	0.117	11.493	-1.092
SGS-13	-0.512	-0.579	26.221	-0.731	-0.417	2.141	-0.065	-0.396	12.238
SGS-14	-0.667	-0.886	53.016	0.094	0.571	46.355	0.277	0.779	62.059
SGS-15	-0.410	-0.292	7.794	0.258	0.421	27.395	-0.215	-0.146	18.476
SGS-16	0.242	8.138	-0.263	0.104	2.950	-0.929	-0.046	4.777	-1.475
SGS-17	0.348	10.262	0.323	-0.527	2.204	-1.625	1.077	6.265	-0.040
SGS-18	-0.723	7.133	0.096	-0.219	-0.731	-1.112	-0.481	0.556	-1.017
SGS-19	-0.542	5.811	0.044	-0.360	-1.206	-1.598	-0.104	0.244	-0.998
SGS-20	0.485	3.082	1.144	0.552	7.452	-0.367	0.717	6.890	0.365
SGS-21	0.258	3.068	0.679	0.513	7.779	-1.313	0.269	6.739	-0.479
SGS-22	-0.175	-0.013	1.275	-0.048	1.796	-0.771	-0.194	-0.219	-0.113
SGS-23	-0.265	0.050	0.742	-0.588	1.435	-0.965	-0.031	-0.375	0.202
SGA-01	-2.881	-0.548	-3.862	-6.696	-5.823	0.042	-3.798	-2.873	0.042
SGA-02	-7.186	-8.863	-7.221	-2.912	-5.162	-6.964	-2.083	-3.763	-2.875

ตารางที่ 6.11-7 ผลการตรวจวัดพฤติกรรมสะพานแบบสถิต ด้วยรถบรรทุกน้ำหนัก

Time (s)	Static 2-1			Static 2-2			Static 2-3		
	L/4	L/2	3L/4	L/4	L/2	3L/4	L/4	L/2	3L/4
DT-01	0.033	-0.076	-0.090	0.044	-0.011	-0.043	0.047	-0.025	-0.047
DT-02	-0.111	-0.086	0.129	-0.118	-0.083	0.063	-0.151	-0.119	0.063
DT-03	0.039	-0.001	-0.019	0.050	-0.022	-0.031	0.044	-0.009	-0.024
DT-04	-0.118	-0.075	0.063	-0.115	-0.108	0.125	-0.105	-0.104	0.083
SGC-01	4.713	-0.577	-0.579	3.735	0.931	0.181	3.936	-1.185	-0.802
SGC-02	23.563	-7.773	-7.634	52.776	-10.914	-3.535	37.578	-5.136	-1.080
SGC-03	-20.719	67.971	-18.369	-8.135	31.205	-9.629	-14.938	51.703	-13.338
SGC-04	-1.388	-0.531	-1.561	-1.056	0.115	-1.271	-1.196	-0.015	-1.398
SGC-05	-3.583	-3.837	2.219	-3.991	-3.229	1.344	-1.748	-1.429	2.567
SGC-06	-3.166	-3.458	0.531	-0.575	-2.915	-0.338	0.977	0.473	1.575
SGC-07	0.254	10.851	-1.129	-0.002	6.423	0.283	-0.235	9.394	-0.317
SGC-08	-0.446	56.156	-1.542	0.610	81.703	0.929	-0.002	85.955	-0.608
SGC-09	0.800	2.208	-1.303	-0.488	0.140	0.671	-0.588	0.771	-0.840
SGC-10	2.054	0.542	1.948	-1.315	-2.136	-0.711	-0.229	-0.796	-0.509
SGC-11	1.169	3.682	-1.150	-1.917	-0.092	1.556	3.338	4.842	3.773
SGC-12	1.115	0.865	-0.090	0.077	0.546	0.023	-89.363	-88.943	-89.843
SGC-13	1.384	-0.248	0.396	0.083	-1.967	-0.269	2.377	0.848	2.262
SGC-14	-0.129	0.775	0.113	-0.740	2.039	-0.990	2.513	3.930	2.561
SGC-15	0.892	1.436	1.261	-1.223	0.394	1.148	11.915	12.392	12.452
SGC-16	1.094	1.094	2.644	-1.030	-0.067	2.578	6.800	7.344	9.710
SGC-17	0.731	0.544	0.917	-1.561	-0.798	1.406	14.570	14.810	16.330
SGC-18	0.380	0.669	-0.591	-1.535	0.069	-0.179	14.435	15.705	13.815
SGC-19	-0.213	0.004	1.060	-1.461	-0.119	1.148	17.225	17.695	18.005
SGC-20	1.990	4.784	4.959	-3.441	-3.756	-1.129	14.138	15.528	15.998



ตารางที่ 6.5-7 ผลการตรวจวัดพฤติกรรมสะพานแบบสถิต ด้วยรถบรรทุกน้ำหนัก (ต่อ)

Time (s)	Static 2-1			Static 2-2			Static 2-3		
	L/4	L/2	3L/4	L/4	L/2	3L/4	L/4	L/2	3L/4
SGS-01	40.786	-10.754	-8.919	21.694	-3.088	-3.548	34.065	-7.471	-5.060
SGS-02	3.223	-10.410	-12.620	13.032	-6.998	-5.625	13.448	-1.258	-1.079
SGS-03	-11.233	45.937	-12.583	-6.211	18.017	-4.271	-9.221	30.799	-9.417
SGS-04	-6.935	20.475	-7.300	-13.039	54.411	-12.729	-9.565	33.239	-12.001
SGS-05	-7.900	-8.993	39.840	-7.640	-4.375	19.375	-7.306	-6.011	27.777
SGS-06	-7.479	-7.302	19.091	-9.365	-11.050	39.400	-7.146	-7.144	30.856
SGS-07	26.455	-0.825	-1.735	5.673	1.269	-0.529	17.144	-0.421	-0.633
SGS-08	83.758	-0.141	-1.460	85.495	1.292	-0.711	68.102	-33.938	-34.868
SGS-09	9.541	0.148	-1.446	47.895	-0.490	-0.025	23.526	0.517	-0.173
SGS-10	-1.036	34.323	-1.638	1.219	6.066	-0.752	64.843	24.293	3.461
SGS-11	0.135	86.941	-0.506	1.969	94.830	1.384	-0.867	113.678	1.915
SGS-12	0.748	-0.531	-1.359	0.848	38.773	2.054	-1.327	16.930	2.496
SGS-13	0.090	-7.257	46.928	-0.592	-2.100	7.571	-2.950	-1.900	27.122
SGS-14	0.313	-6.060	92.790	-0.392	-3.185	93.801	-2.466	-1.587	118.745
SGS-15	1.757	2.234	14.927	-0.731	0.458	52.175	0.300	0.983	35.728
SGS-16	1.815	18.463	0.069	0.796	8.621	1.390	-0.356	9.593	-2.373
SGS-17	1.777	16.449	-0.210	1.708	4.908	1.210	-0.954	11.146	1.973
SGS-18	0.417	-57.480	-0.657	0.240	-49.656	0.406	-23.864	-36.934	29.396
SGS-19	-0.202	-71.005	-1.157	-0.077	-57.778	0.310	-26.221	-42.311	35.039
SGS-20	0.925	4.536	-0.338	2.233	16.944	1.033	1.425	12.970	0.346
SGS-21	-1.558	2.342	-4.427	0.217	15.815	-1.739	1.198	13.759	-0.060
SGS-22	-0.406	-1.888	-1.281	0.721	4.698	0.819	-0.317	-1.163	-0.335
SGS-23	-0.163	-1.119	-0.502	0.554	4.894	0.456	0.273	-1.415	-0.217
SGA-01	-2.521	-4.862	0.869	-5.470	-8.808	-0.531	-2.868	-2.833	1.046
SGA-02	-2.146	-1.410	-0.890	-6.632	-10.334	-11.934	-0.925	-1.652	-1.590

ตารางที่ 6.11-8 ผลการตรวจวัดพฤติกรรมสาย Cable ของสะพานแบบสถิติ ด้วยรถบรรทุกเปล่า

Time (s)	Static 1-1			Static 1-2			Static 1-3		
	L/4	L/2	3L/4	L/4	L/2	3L/4	L/4	L/2	3L/4
SGL-01	28.868	24.878	34.478	1.015	-9.456	1.291	12.503	-0.174	1.586
SGL-02	25.818	17.958	30.758	4.621	-18.697	-18.317	6.238	-11.614	-13.214
SGL-03	29.597	39.947	24.017	-2.065	-1.784	-4.054	21.543	23.183	8.672
SGL-04	37.310	52.140	30.170	0.822	5.335	6.905	28.255	29.845	14.045
SGL-05	56.882	-18.108	-14.198	28.051	-7.719	-7.449	46.709	-7.690	-9.075
SGL-06	66.909	14.579	30.409	23.807	-21.683	-20.653	35.990	-8.850	-5.349
SGL-07	-6.514	57.081	32.651	-21.119	3.198	-0.649	-6.643	30.012	17.132
SGL-08	-10.944	45.846	19.266	-19.756	8.084	1.607	-4.247	32.424	22.424
SGL-09	60.534	-4.121	-15.216	26.444	-5.021	-12.142	42.728	-6.886	-8.845
SGL-10	48.284	-2.767	-11.076	20.151	-3.827	-8.972	35.538	-6.953	-7.354
SGL-11	-26.034	48.266	25.586	-23.571	16.209	26.849	-19.424	27.376	24.766
SGL-12	-25.949	44.241	23.161	-22.857	14.663	24.013	-17.726	23.774	24.524
SGL-13	34.736	36.146	-19.384	21.016	14.436	-7.690	30.006	20.946	-13.304
SGL-14	35.013	36.743	-23.277	16.428	12.038	-10.389	30.373	22.343	-14.167
SGL-15	-15.406	4.946	37.124	-14.288	4.408	29.702	-12.290	3.070	36.640
SGL-16	-14.521	6.942	40.429	-17.988	3.927	29.832	-12.915	4.824	41.715
SGL-17	28.263	42.243	-20.457	7.576	14.817	-10.743	18.296	26.376	-14.844
SGL-18	26.587	39.887	-15.153	7.250	14.835	-9.927	17.107	25.647	-12.986
SGL-19	-3.997	-13.970	58.300	-14.656	-6.076	28.814	-8.012	-10.884	45.806
SGL-20	-5.528	-16.078	71.402	-16.958	-8.748	35.642	-7.200	-9.922	56.008
SGL-21	23.205	34.285	25.225	2.654	11.545	-5.362	7.166	16.793	7.403
SGL-22	18.172	26.312	24.072	0.814	9.356	0.748	6.230	14.370	10.040
SGL-23	5.910	0.170	20.310	-11.538	-9.348	3.744	-0.276	-3.208	21.293
SGL-24	3.513	-3.550	14.185	-9.379	-5.228	8.893	0.657	-1.737	23.263



ตารางที่ 4.11-8 ผลการตรวจวัดพฤติกรรมสาย Cable ของสะพานแบบสถิติ ด้วยรถบรรทุกเปล่า (ต่อ)

Time (s)	Static 1-1			Static 1-2			Static 1-3		
	L/4	L/2	3L/4	L/4	L/2	3L/4	L/4	L/2	3L/4
SGR-01	15.233	24.133	29.713	4.970	-6.953	-4.012	-12.160	-25.620	-25.350
SGR-02	25.074	34.564	37.634	3.005	-17.952	-1.567	-8.453	-23.333	-19.333
SGR-03	29.895	43.315	30.425	27.155	18.735	5.855	33.054	36.004	19.324
SGR-04	18.287	28.947	21.797	18.280	18.560	27.570	0.829	3.244	-10.414
SGR-05	12.462	-6.198	-5.345	19.651	-2.139	8.041	33.311	8.611	5.334
SGR-06	20.303	-8.057	-7.051	34.673	-18.497	-4.525	44.986	6.416	11.116
SGR-07	-7.864	36.710	16.710	-32.267	56.203	27.443	-7.973	51.631	34.341
SGR-08	-13.533	3.881	-4.043	-18.903	40.367	17.907	-2.540	29.782	19.892
SGR-09	21.263	-4.168	-9.527	16.196	-4.578	-0.335	32.513	6.133	11.153
SGR-10	31.845	-3.282	-9.395	36.033	-8.251	-10.026	44.403	2.261	3.791
SGR-11	-14.146	19.694	11.554	-30.828	40.092	35.262	-18.389	33.121	30.051
SGR-12	-16.320	17.210	8.410	-35.721	47.259	45.559	-18.190	37.920	38.800
SGR-13	25.746	17.576	-17.834	34.343	36.333	-16.987	35.305	31.845	-8.305
SGR-14	25.645	15.005	-18.615	32.353	34.073	-18.887	35.536	29.856	-7.177
SGR-15	-8.791	-2.360	12.967	-22.098	2.177	52.332	-9.004	9.397	41.276
SGR-16	-10.720	-3.352	16.442	-21.766	2.575	52.414	-10.908	9.223	43.372
SGR-17	15.049	16.439	-17.321	14.662	34.142	-17.378	20.328	31.148	-11.540
SGR-18	15.292	18.312	-17.228	18.247	40.437	-19.413	21.387	32.157	-15.083
SGR-19	5.907	-7.175	27.505	-10.809	-12.489	64.291	-8.864	-7.065	53.427
SGR-20	-0.963	-10.971	23.089	-12.213	-12.213	66.817	-8.683	-8.081	51.620
SGR-21	12.864	11.445	0.644	5.943	25.222	10.577	11.687	23.237	14.097
SGR-22	12.033	8.197	-3.282	7.579	26.368	11.110	11.369	22.319	11.589
SGR-23	-1.754	-8.360	11.665	-4.948	-9.368	28.402	2.632	-3.079	23.429
SGR-24	-0.285	-5.954	3.947	-6.907	-7.447	17.603	1.578	-0.721	15.827

ตารางที่ 6.11-9 ผลการตรวจวัดพฤติกรรมสาย Cable ของสะพานแบบสลิต ด้วยรถบรรทุกน้ำหนัก

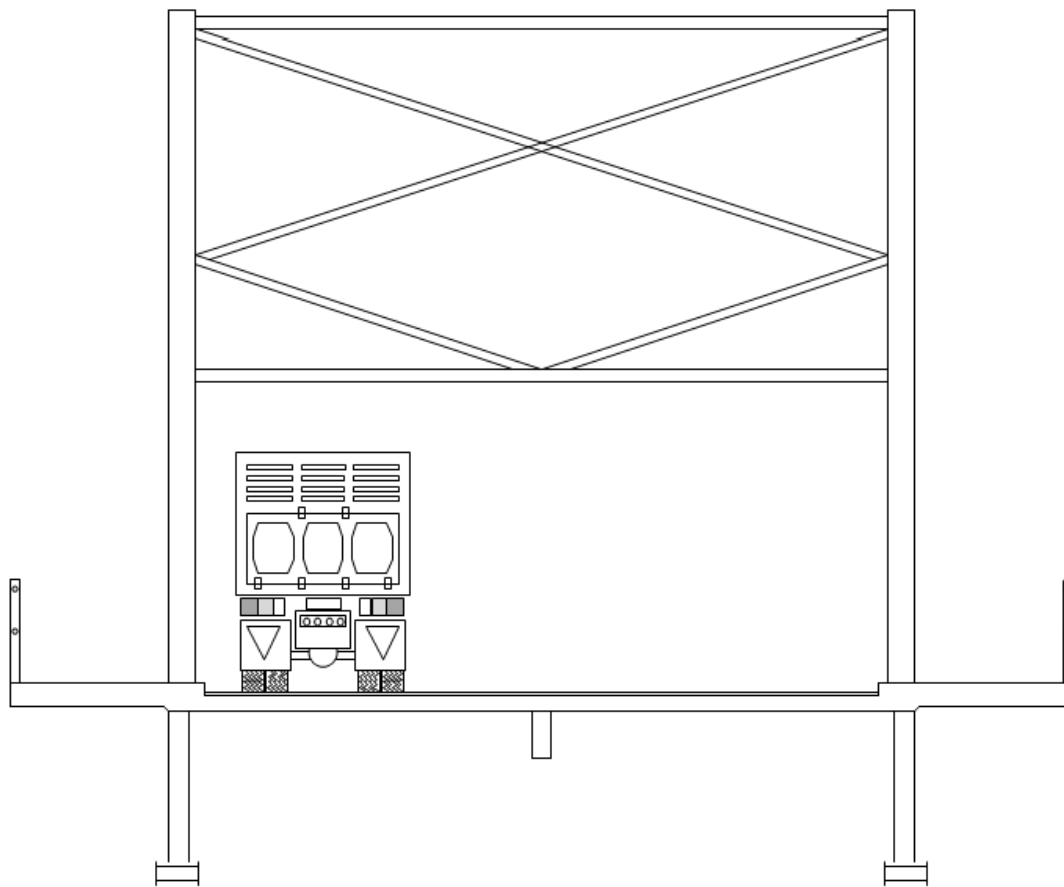
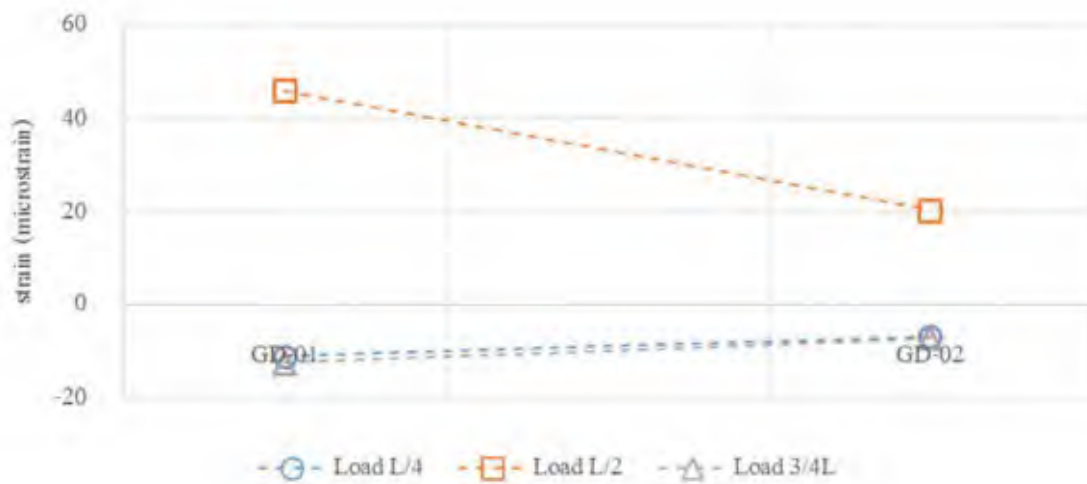
Time (s)	Static 2-1			Static 2-2			Static 2-3		
	L/4	L/2	3L/4	L/4	L/2	3L/4	L/4	L/2	3L/4
SGL-01	20.600	-14.930	2.122	31.006	0.058	0.746	-2.212	-31.911	-22.211
SGL-02	12.077	-19.980	-10.510	32.650	20.180	33.060	5.706	-23.173	-23.453
SGL-03	34.179	43.989	22.459	18.182	26.082	26.372	20.015	23.445	6.003
SGL-04	47.644	51.624	26.194	30.113	26.383	19.843	29.181	30.111	12.931
SGL-05	96.168	-25.622	-14.132	44.259	-15.281	-1.030	75.347	-12.120	-3.742
SGL-06	79.070	-26.490	-12.650	54.279	-3.214	7.992	53.813	-35.547	-27.137
SGL-07	-37.260	56.610	28.660	-6.160	46.430	35.110	-19.435	49.825	28.505
SGL-08	-32.244	65.536	37.456	-11.248	39.252	30.832	-14.686	55.514	33.834
SGL-09	96.435	-4.930	-14.345	50.969	-8.571	-18.591	73.455	-11.275	-21.225
SGL-10	76.262	-5.238	-10.238	42.901	-7.939	-22.569	59.558	-12.502	-15.882
SGL-11	-42.088	81.192	70.322	-20.248	37.292	28.552	-37.263	51.107	45.447
SGL-12	-40.275	69.015	61.795	-18.396	35.184	26.334	-35.508	45.652	41.832
SGL-13	61.128	59.258	-26.802	38.357	28.767	-23.563	49.480	37.130	-28.120
SGL-14	59.778	59.118	-29.812	39.614	32.744	-26.786	50.559	41.019	-27.591
SGL-15	-31.776	7.898	88.324	-15.461	2.354	42.179	-24.697	5.448	61.273
SGL-16	-33.624	8.837	93.236	-19.197	1.483	45.883	-25.052	10.080	68.238
SGL-17	36.161	67.451	-25.389	26.347	31.777	-22.913	32.785	51.845	-26.725
SGL-18	32.088	59.118	-23.782	25.434	29.214	-20.196	30.386	47.626	-23.634
SGL-19	-21.107	-25.407	106.813	-6.499	-14.499	51.511	-11.039	-10.809	75.461
SGL-20	-24.165	-31.755	124.755	-8.609	-14.899	65.841	-11.921	-12.541	91.159
SGL-21	16.579	39.919	28.649	13.786	17.646	4.503	17.549	33.419	13.109
SGL-22	11.355	32.115	30.685	11.086	13.278	7.998	13.724	28.674	16.094
SGL-23	-12.348	-22.338	29.472	-6.924	-10.864	17.996	-0.791	-5.208	34.327
SGL-24	-11.811	-19.035	26.685	-8.052	-10.902	18.918	-0.988	-4.013	31.987



ตารางที่ 4.11-9 ผลการตรวจวัดพฤติกรรมสาย Cable ของสะพานแบบสถิติ ด้วยรถบรรทุกน้ำหนัก (ต่อ)

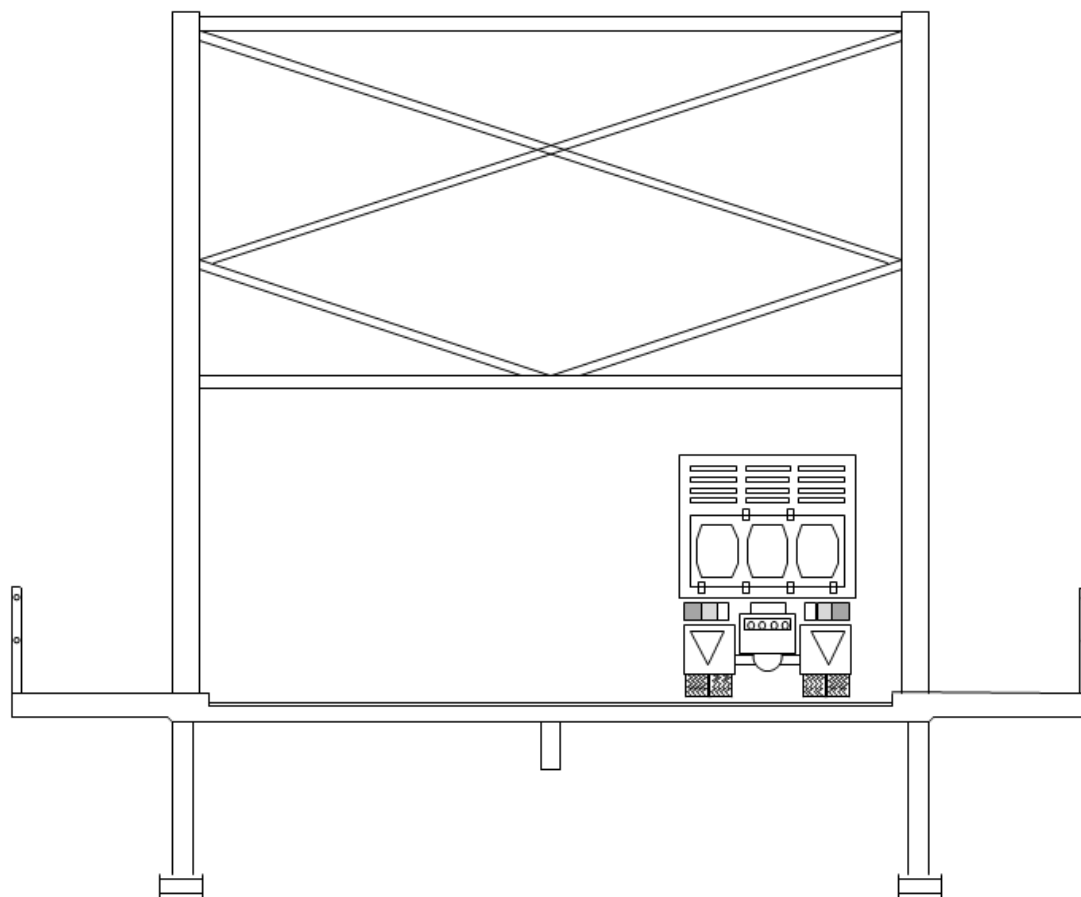
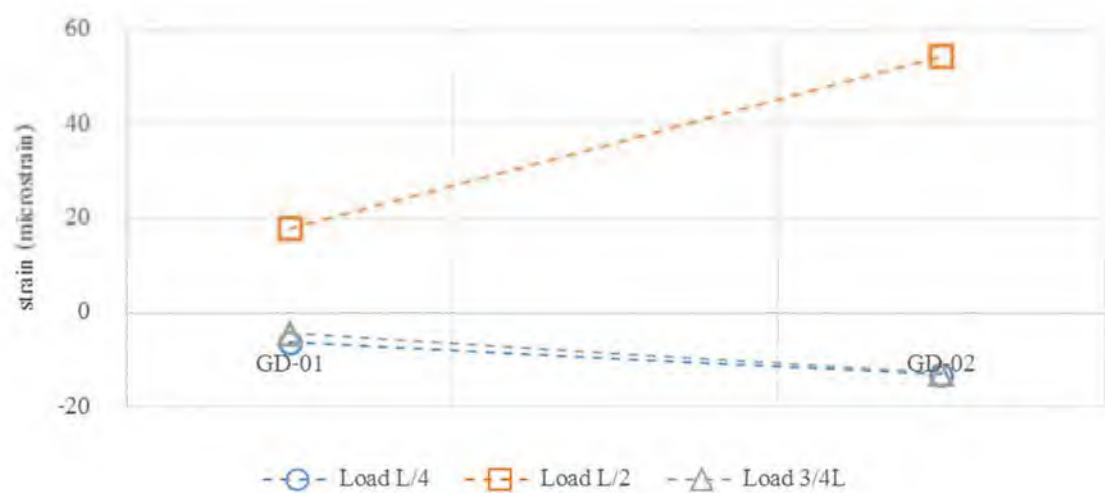
Time (s)	Static 2-1			Static 2-2			Static 2-3		
	L/4	L/2	3L/4	L/4	L/2	3L/4	L/4	L/2	3L/4
SGR-01	-8.710	-28.670	-20.970	27.089	19.559	38.849	-12.512	-36.732	-37.692
SGR-02	-3.780	-29.870	-16.120	32.130	11.160	26.730	-15.382	-53.722	-59.752
SGR-03	2.240	-4.460	-9.730	74.565	74.475	45.775	26.911	21.211	-4.803
SGR-04	-22.656	-2.257	-22.776	56.830	60.270	37.000	15.148	14.488	-7.622
SGR-05	19.734	-11.576	-1.943	45.701	-12.593	-3.247	38.757	-9.354	-4.820
SGR-06	31.679	-17.111	-3.870	75.278	-22.942	-10.833	50.929	-19.641	-11.951
SGR-07	-30.977	42.173	24.003	-30.292	105.598	53.078	-26.143	76.567	47.607
SGR-08	-0.292	50.927	49.657	-22.013	52.147	15.867	-17.405	43.705	24.415
SGR-09	22.918	-6.512	-3.027	47.967	-14.403	-13.663	35.202	-1.505	-1.516
SGR-10	37.685	-10.745	-10.565	78.278	-19.482	-25.882	57.755	-5.671	-10.979
SGR-11	-26.989	31.541	36.431	-39.265	56.755	44.235	-27.802	61.898	49.978
SGR-12	-32.176	24.674	34.454	-37.909	69.201	50.341	-32.744	65.436	54.946
SGR-13	32.262	23.772	-24.368	58.281	46.631	-51.089	47.011	54.151	-25.149
SGR-14	31.807	19.487	-22.143	59.466	43.606	-51.334	47.961	51.681	-23.709
SGR-15	-22.465	-3.422	37.075	-24.266	4.445	67.504	-15.242	12.738	67.668
SGR-16	-18.742	2.118	47.598	-29.772	-0.911	69.628	-21.227	9.146	67.153
SGR-17	19.467	27.807	-16.543	33.706	57.876	-41.104	29.629	49.139	-22.581
SGR-18	21.731	28.931	-21.539	37.195	64.025	-45.105	32.048	51.818	-27.682
SGR-19	-13.356	-12.986	57.184	-14.690	-23.410	89.900	-9.599	-11.109	94.251
SGR-20	-9.980	-9.100	58.720	-16.940	-26.030	99.310	-10.602	-11.522	91.248
SGR-21	10.834	23.254	16.614	16.140	40.880	17.490	17.654	36.094	29.314
SGR-22	9.869	19.109	6.815	18.666	44.366	20.246	18.118	36.308	24.088
SGR-23	-5.769	-7.905	28.716	-5.647	-17.295	42.215	-6.117	-10.923	38.467
SGR-24	-2.756	-2.735	19.025	-4.532	-11.586	24.364	-4.885	-5.841	22.165

เมื่อพิจารณาการกระจายค่าความเครียดของเหล็กตามขวางกรณีรถบรรทุกน้ำหนักสามรถแสดงผลได้ดังรูปที่ 6.11-6, รูปที่ 6.11-7 และรูปที่ 6.11-8 เมื่อพิจารณาค่าการแอ่นตัวของคานสะพานกรณีรถบรรทุกน้ำหนักสามรถแสดงได้ดังรูปที่ 6.11-9 และรูปที่ 6.11-10 เมื่อพิจารณาการกระจายค่าความเครียดของ Rod Set ช่วงสะพานที่ 7 แสดงได้ดังรูปที่ 6.11-11 ถึงรูปที่ 6.11-13

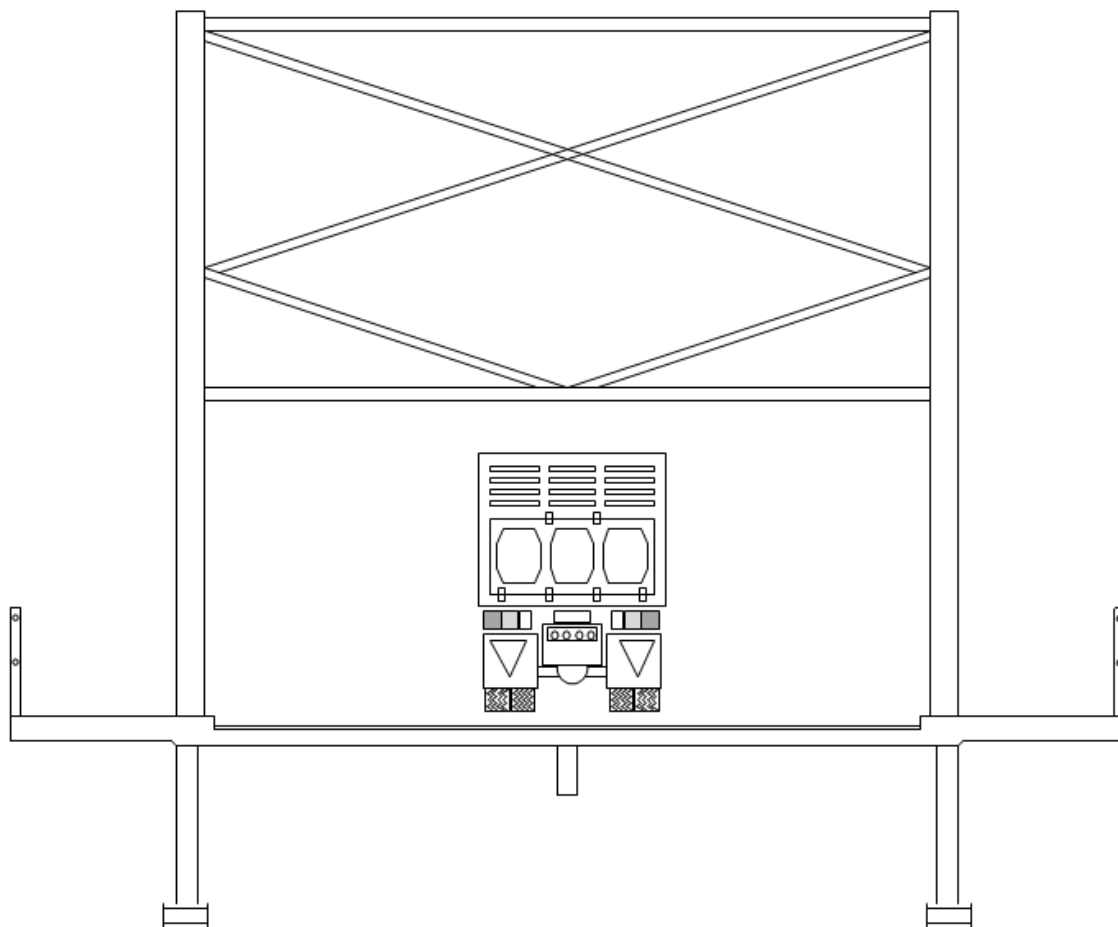
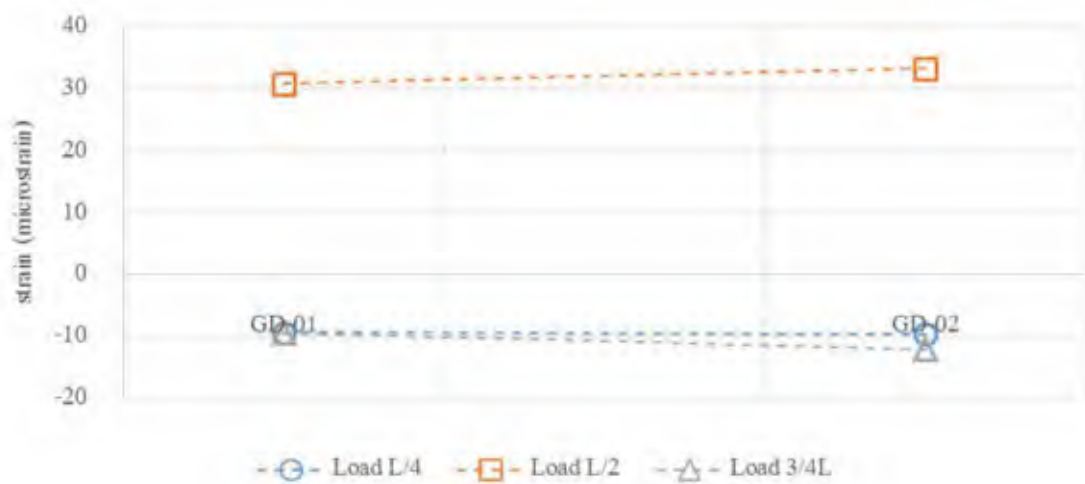


รูปที่ 6.11-6 การกระจายค่าความเครียดของเหล็กตามขวาง Static 2-1 สะพานช่วงที่ 7



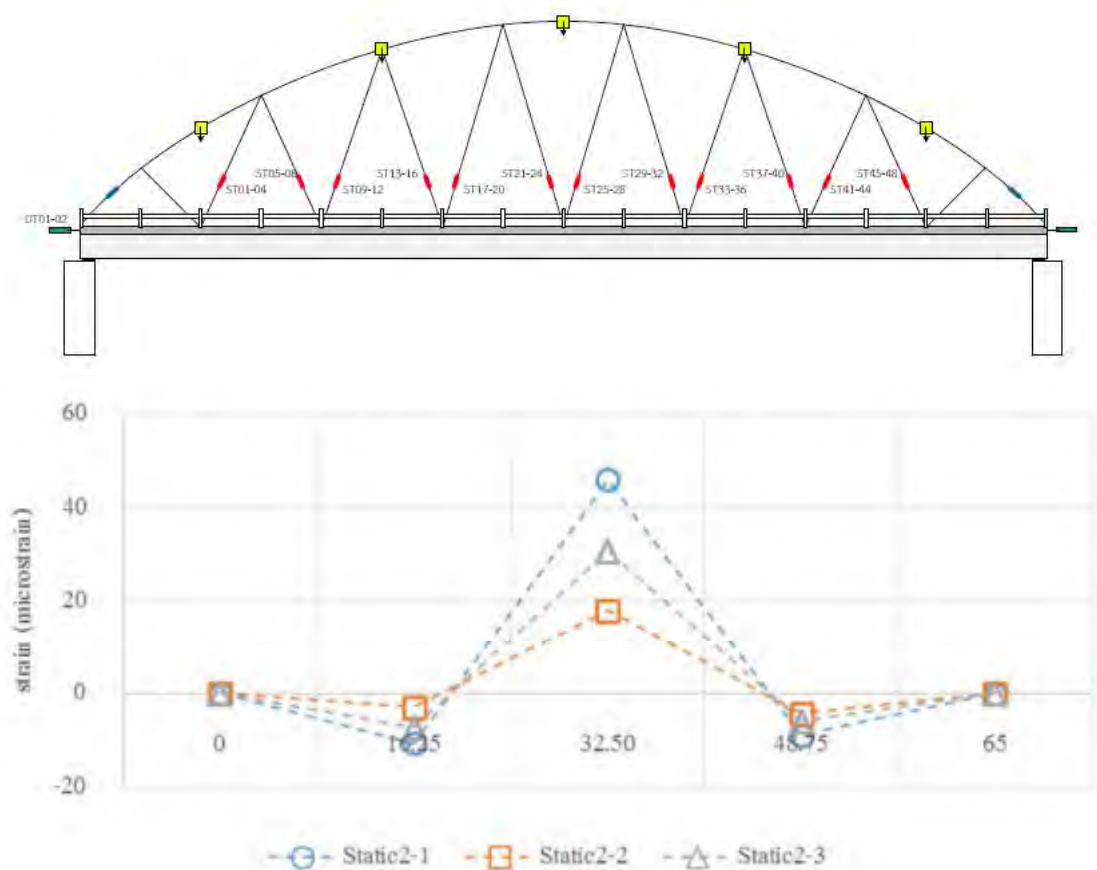


รูปที่ 6.11-7 การกระจายค่าความเครียดของเหล็กตามขวาง Static 2-2 สะพานช่วงที่ 7

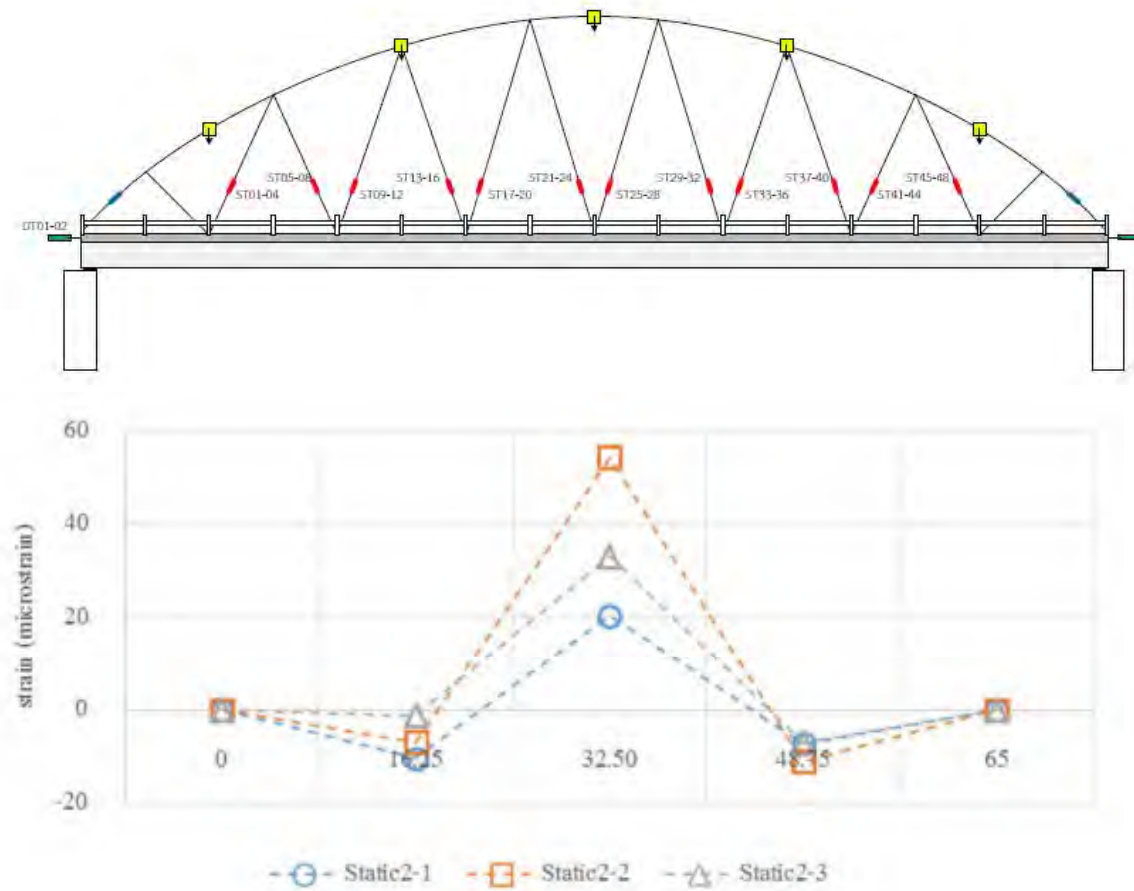


รูปที่ 6.11-8 การกระจายค่าความเครียดของเหล็กตามขวาง Static 2-3 สะพานช่วงที่ 7

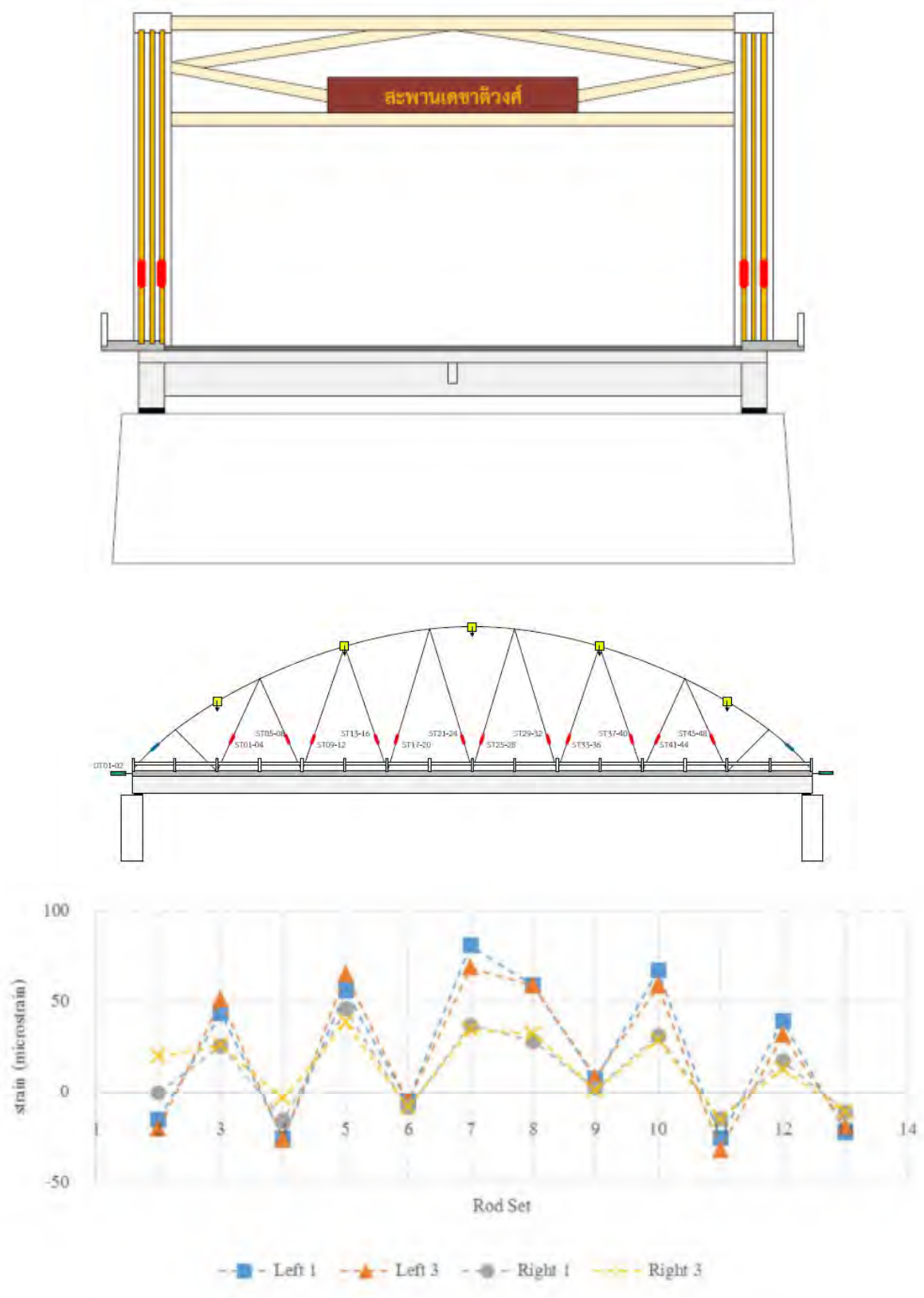




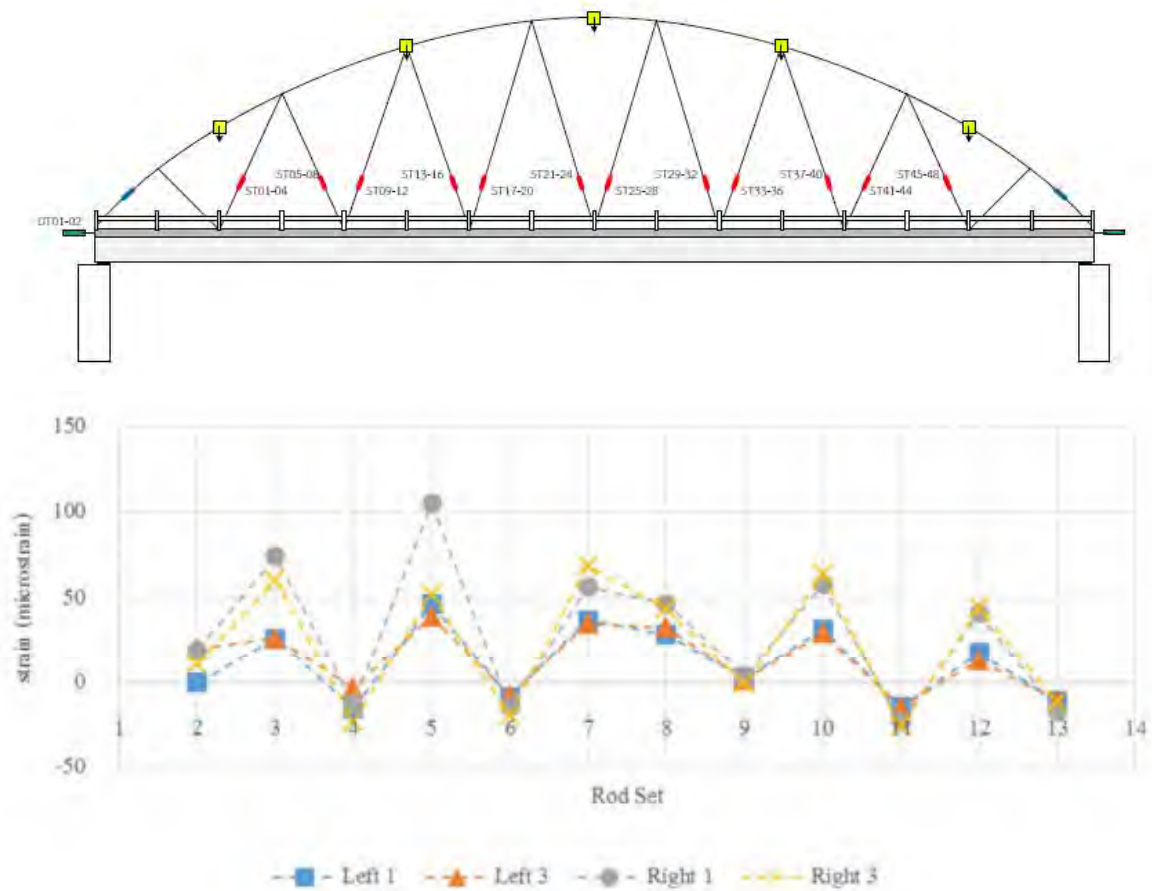
รูปที่ 6.11-9 การกระจายค่าความเครียดของเหล็กตามยาว GD1 สะพานช่วงที่ 7



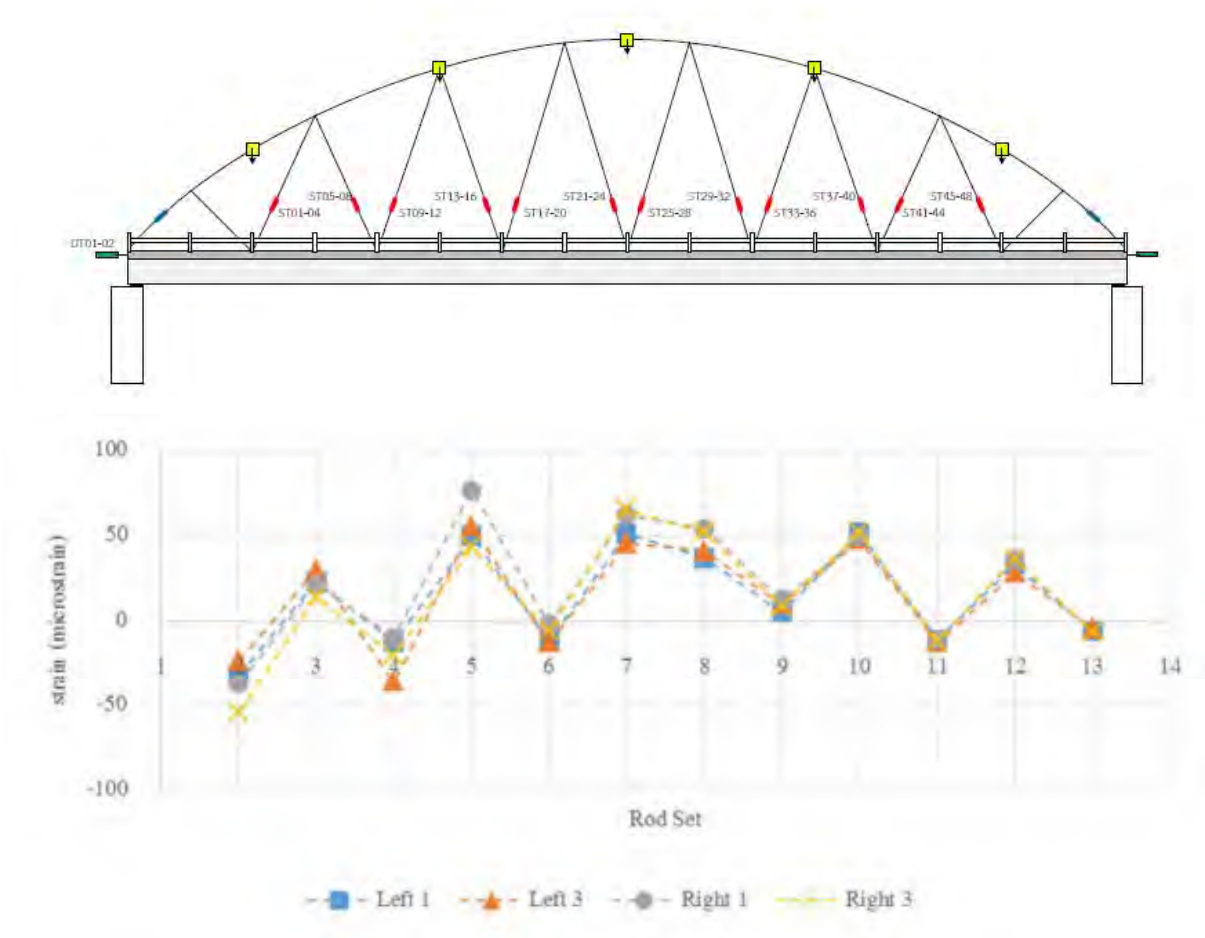
รูปที่ 6.11-10 การกระจายค่าความเครียดของเหล็กตามยาว GD2 สะพานช่วงที่ 7



รูปที่ 6.11-11 การกระจายค่าความเครียดของ Rod Set ทดสอบแบบสถิต Static 2-1
สะพานช่วงที่ 7



รูปที่ 6.11-12 การกระจายค่าความเครียดของ Rod Set ทดสอบแบบสถิต Static 2-2
สะพานช่วงที่ 7



รูปที่ 6.11-13 การกระจายค่าความเครียดของ Rod Set ทดสอบแบบสถิต Static 2-3 สะพานช่วงที่ 7

6.11.6. รูปแบบการทดสอบแบบพลวัต

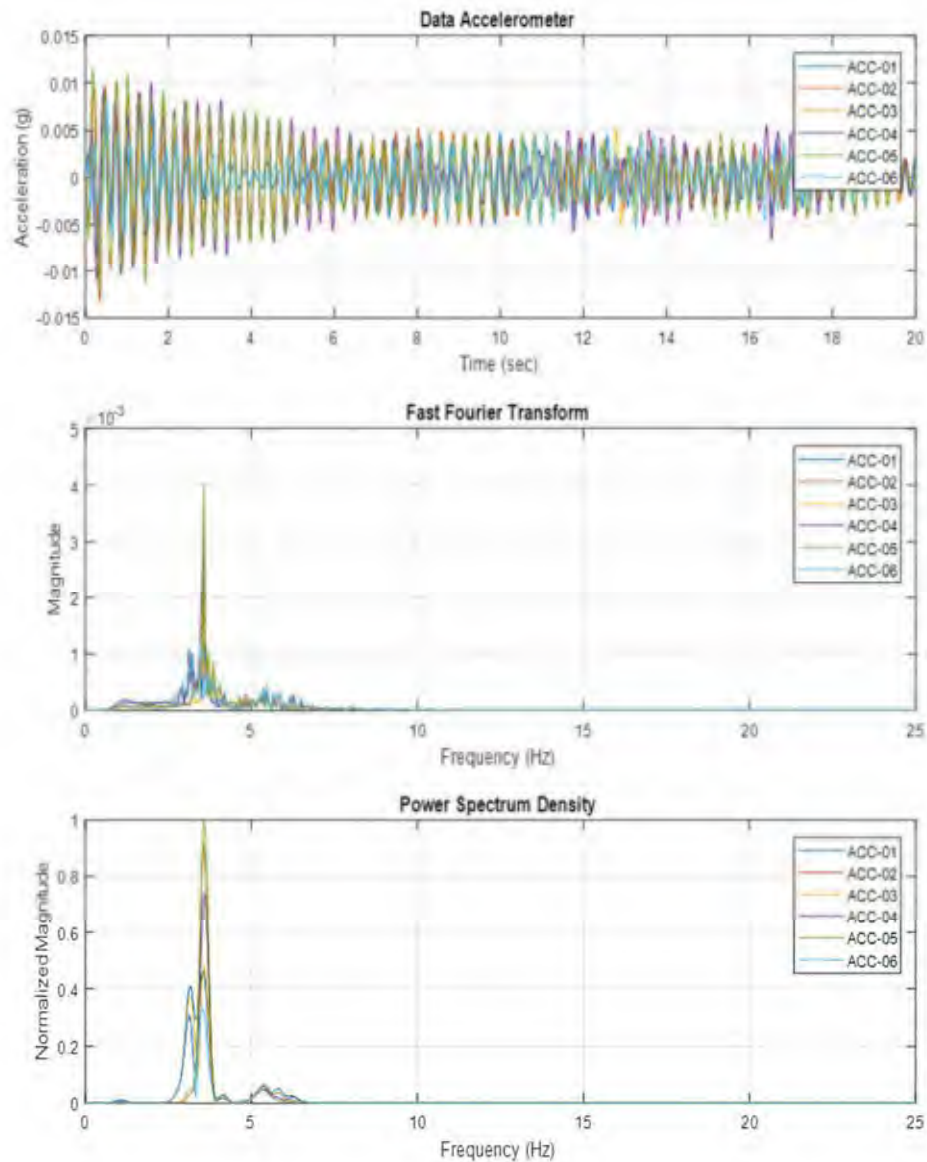
การทดสอบแบบพลวัต (Dynamic Test) เป็นการทดสอบโดยใช้รถบรรทุกน้ำหนัก หลายรูปแบบ โดยมีรายละเอียดดังนี้

- Dynamic 1 : ทดสอบด้วยรถบรรทุกน้ำหนัก วิ่งด้วยความเร็ว 20 กม./ชม. กึ่งกลางสะพาน
- Dynamic 2 : ทดสอบด้วยรถบรรทุกน้ำหนัก วิ่งด้วยความเร็ว 30 กม./ชม. กึ่งกลางสะพาน
- Dynamic 3 : ทดสอบด้วยรถบรรทุกน้ำหนัก วิ่งด้วยความเร็ว 50 กม./ชม. กึ่งกลางสะพาน

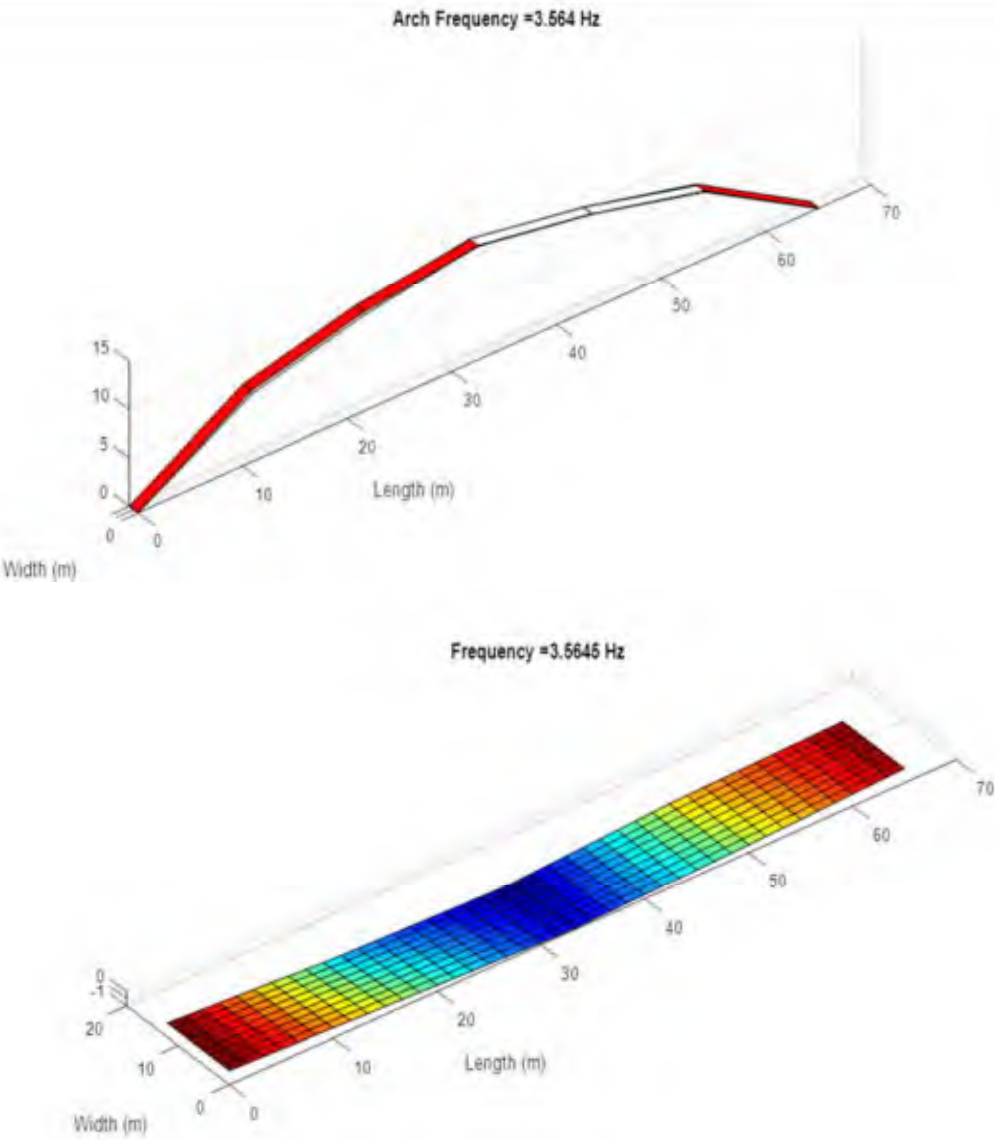


6.11.7. ผลการตรวจวัดพฤติกรรมแบบพลวัต

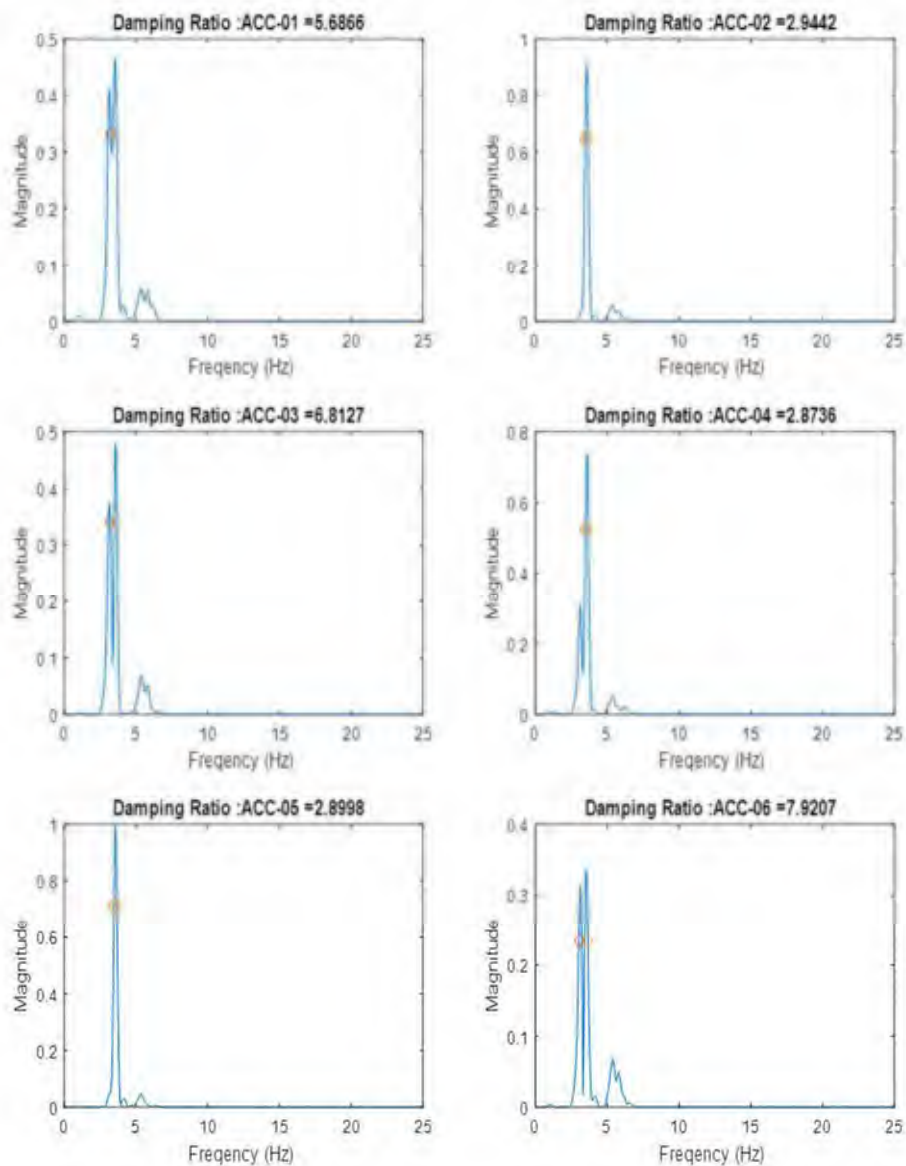
Dynamic Load Test 1 : 20 km/hr



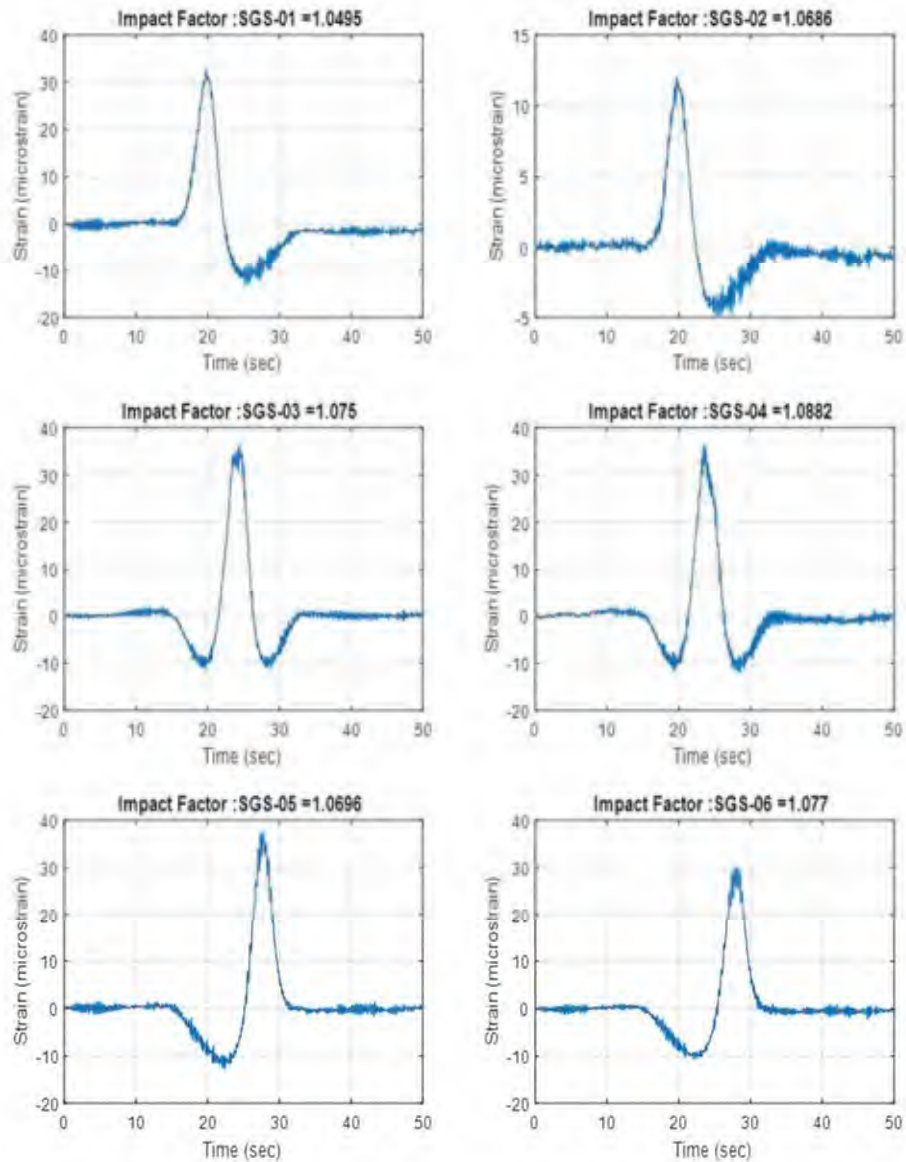
Dynamic Load Test 1 : 20 km/hr



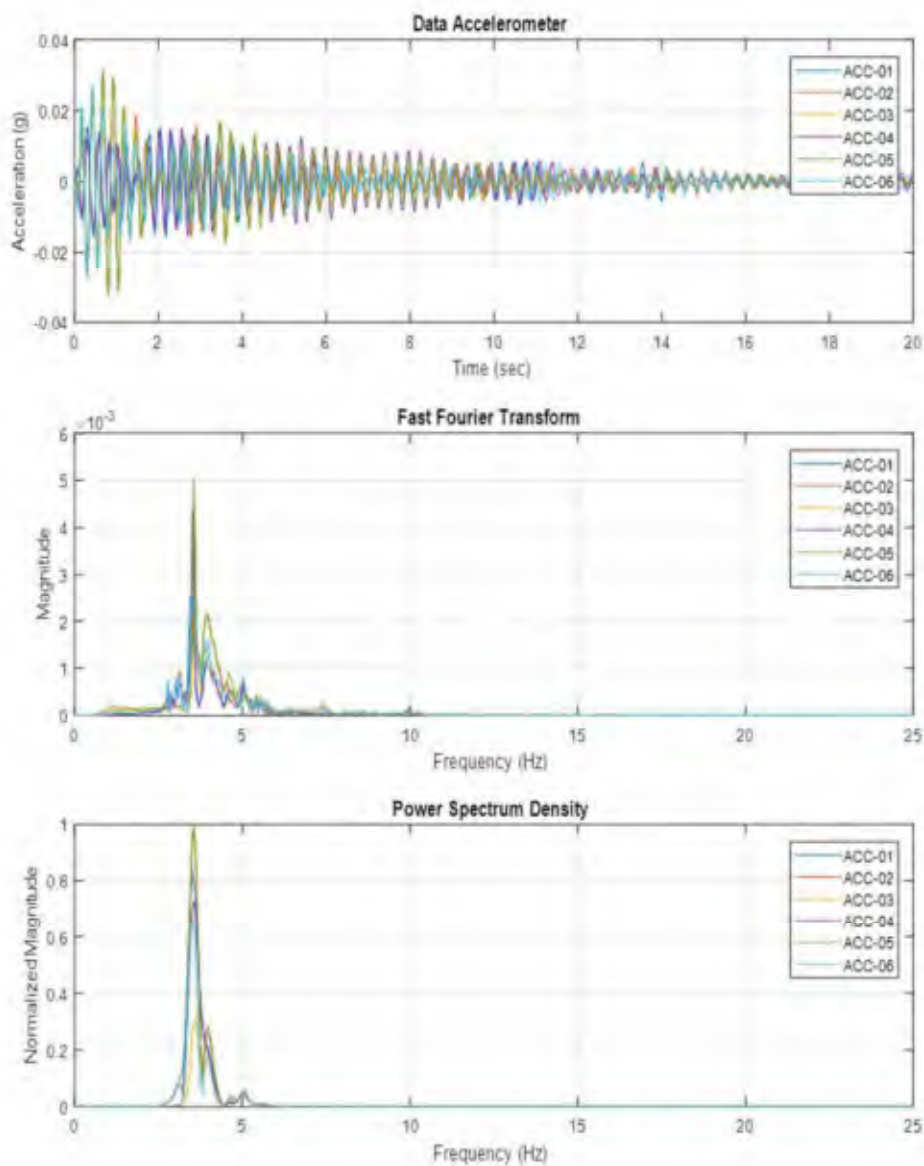
Dynamic Load Test 1 : 20 km/hr



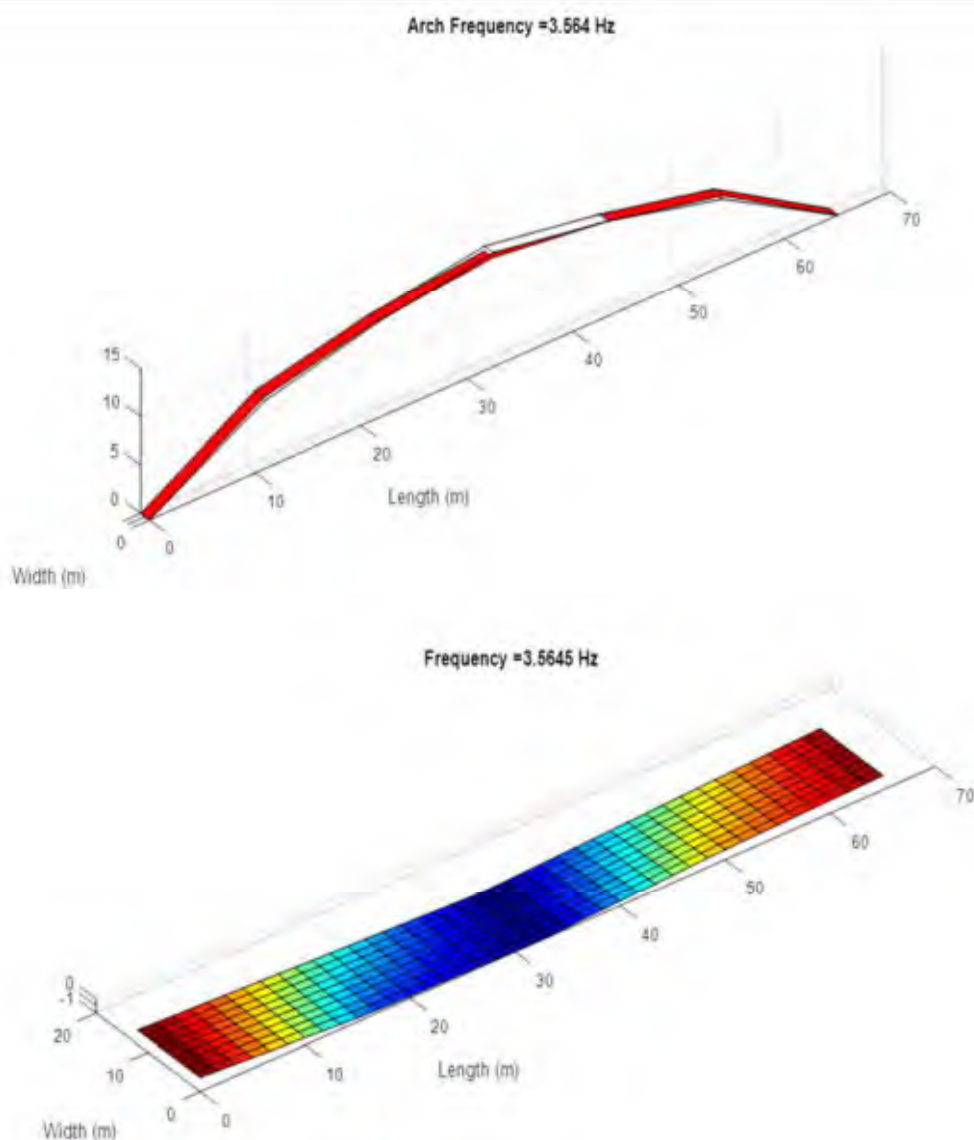
Dynamic Load Test 1 : 20 km/hr



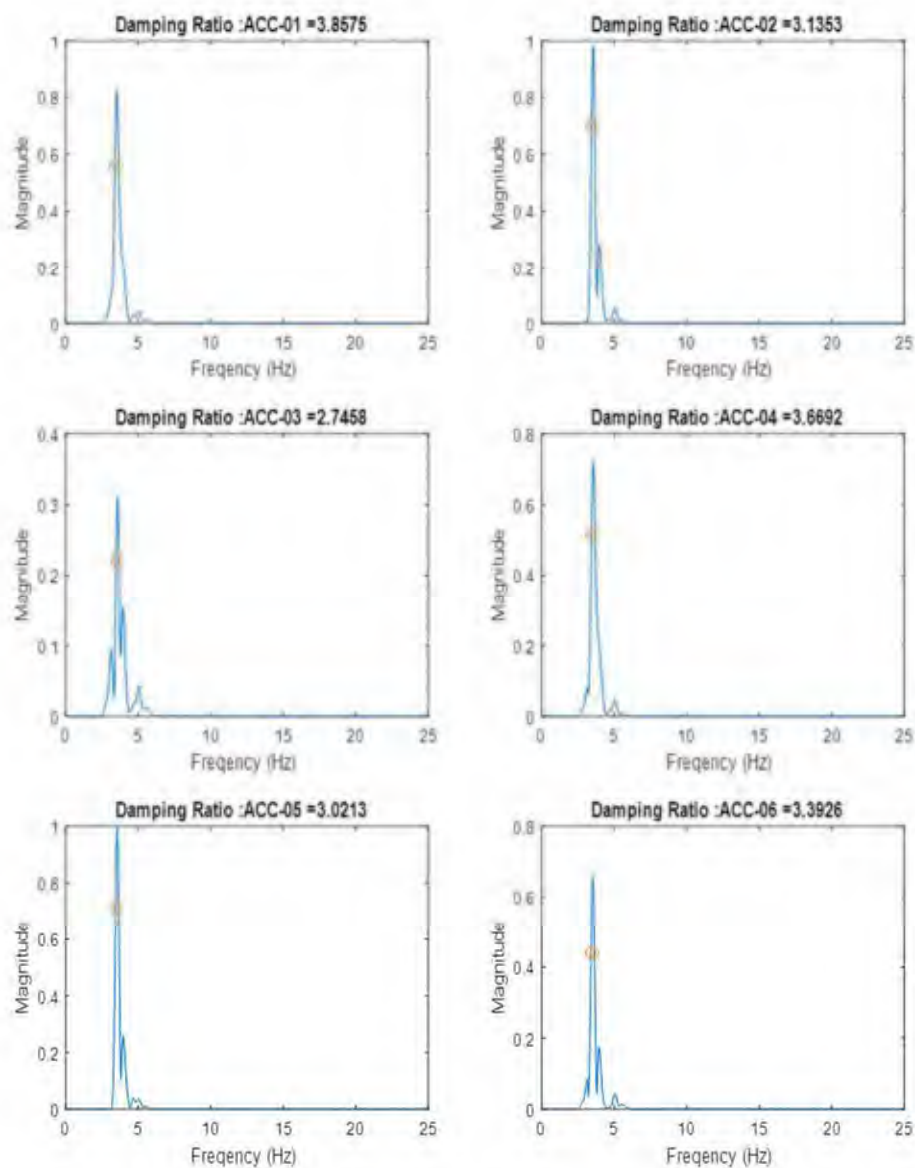
Dynamic Load Test 2 : 30 km/hr



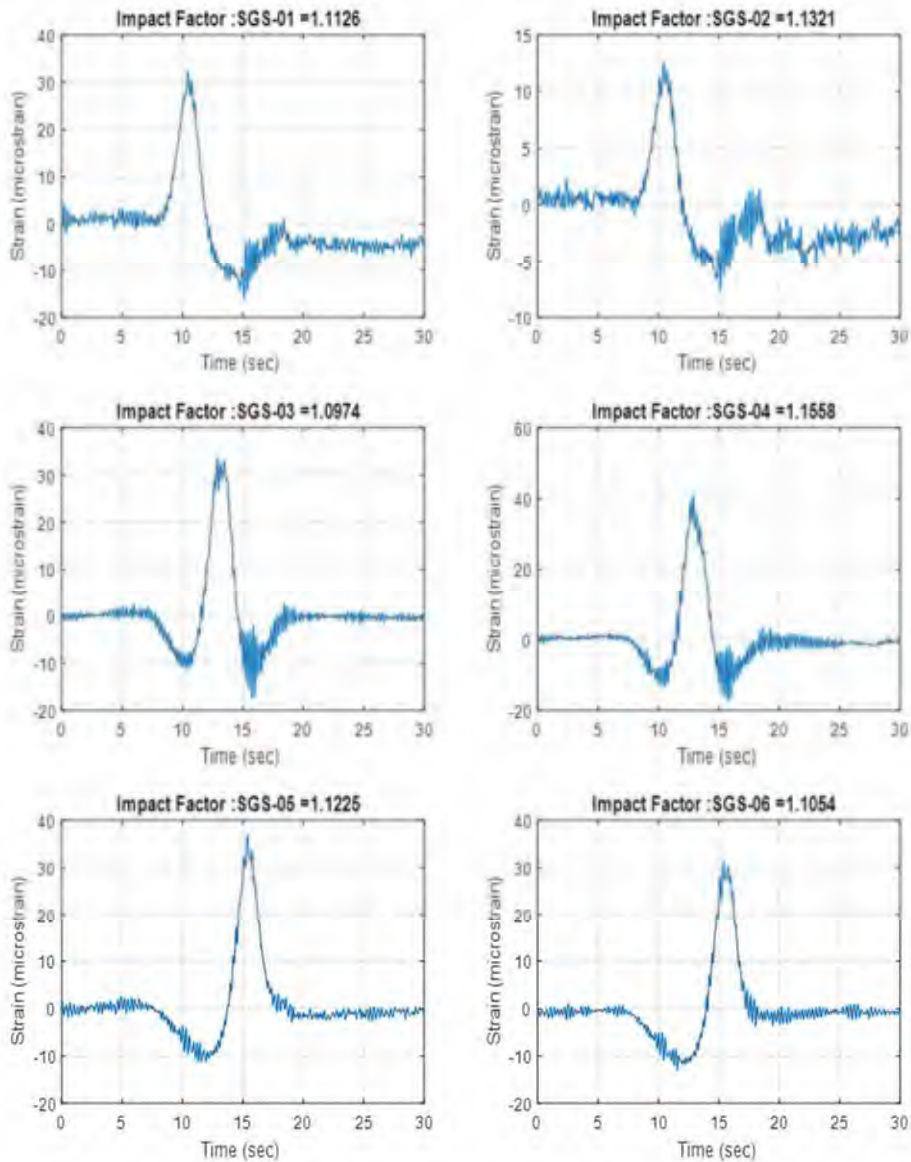
Dynamic Load Test 2 : 30 km/hr



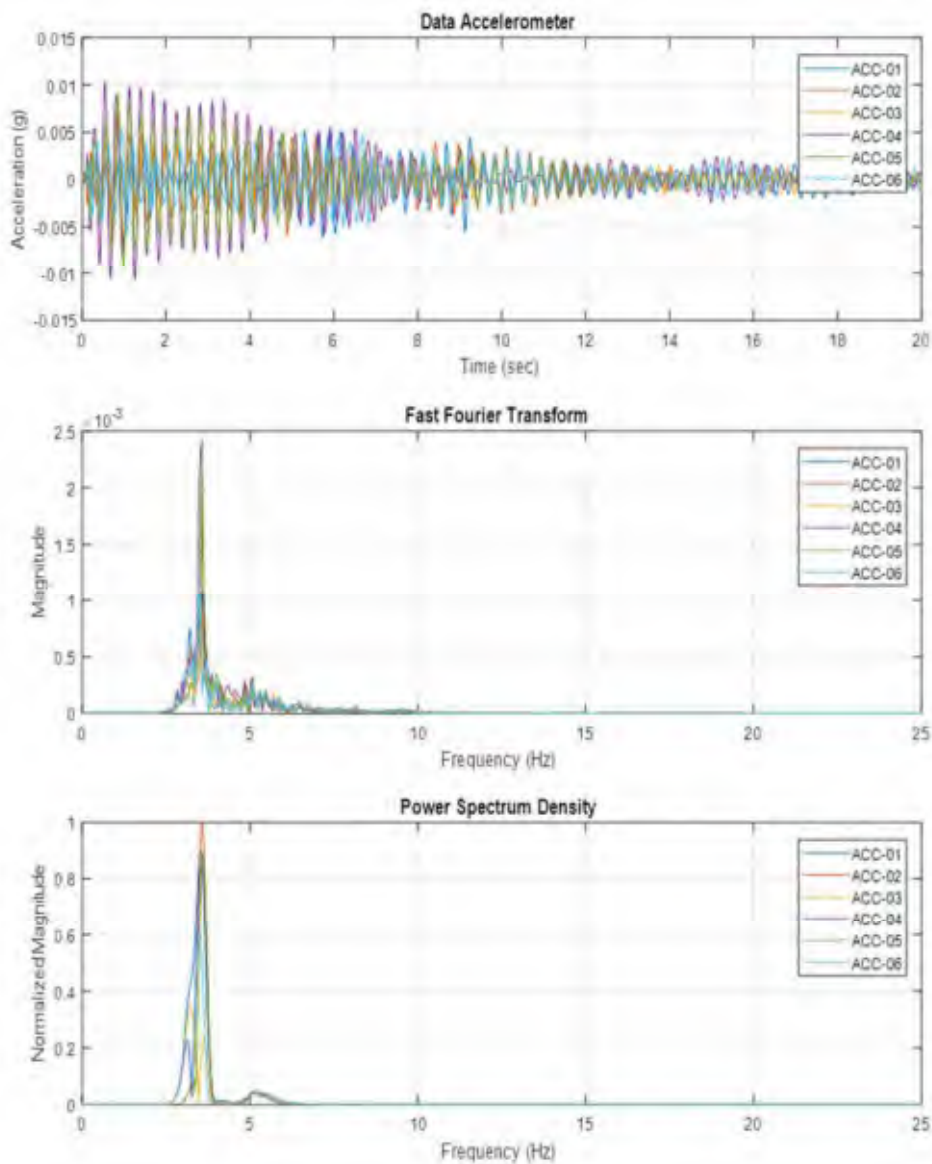
Dynamic Load Test 2 : 30 km/hr



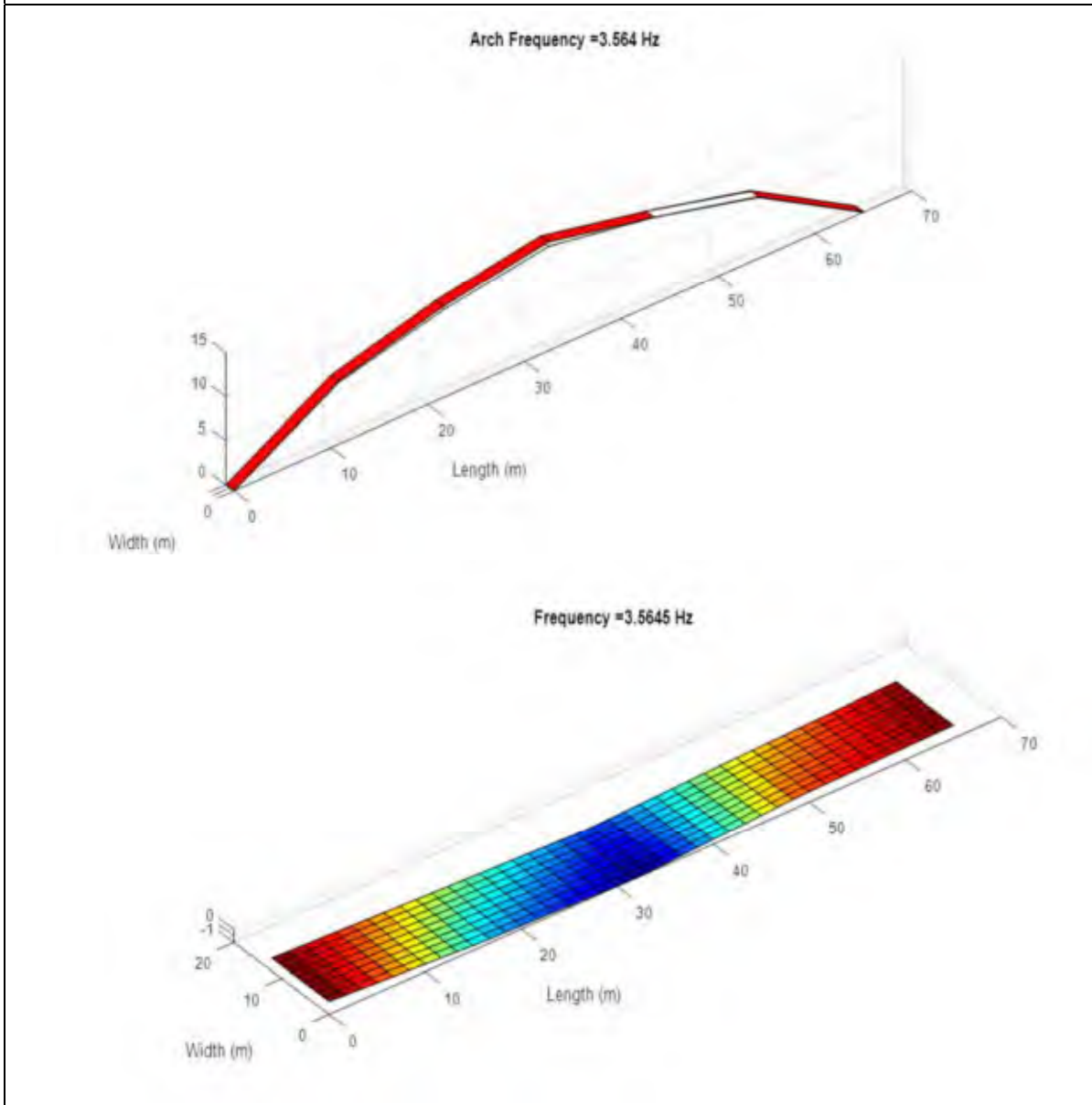
Dynamic Load Test 2 : 30 km/hr



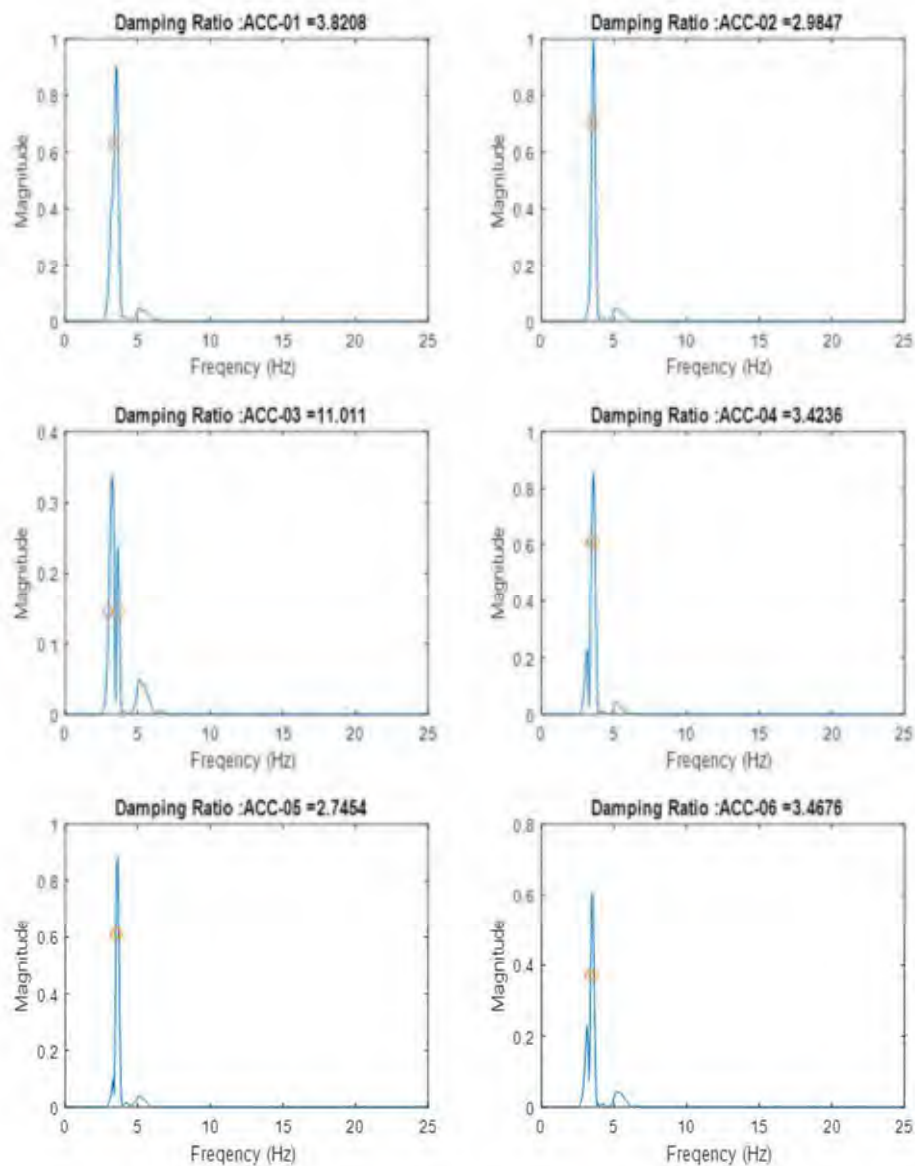
Dynamic Load Test 3 : 40 km/hr



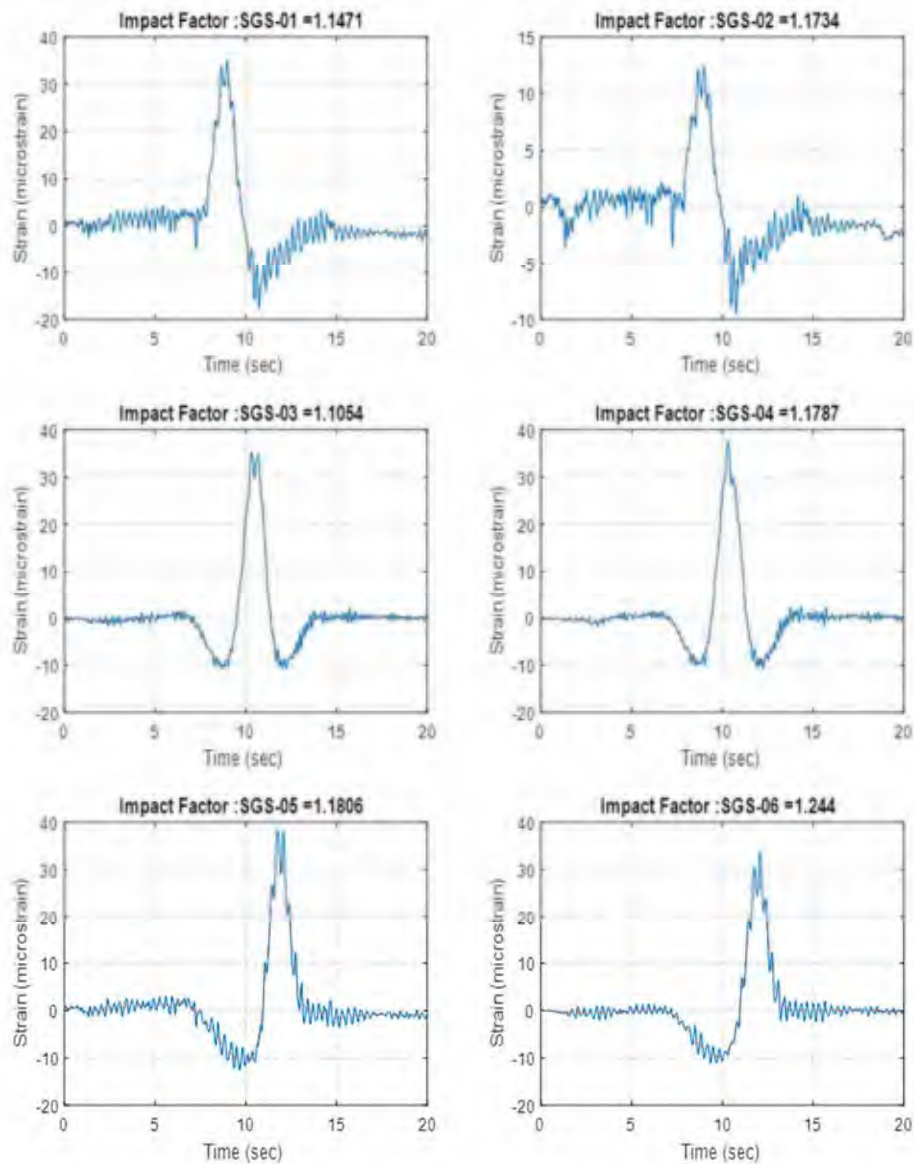
Dynamic Load Test 3 : 40 km/hr



Dynamic Load Test 3 : 40 km/hr



Dynamic Load Test 3 : 40 km/hr



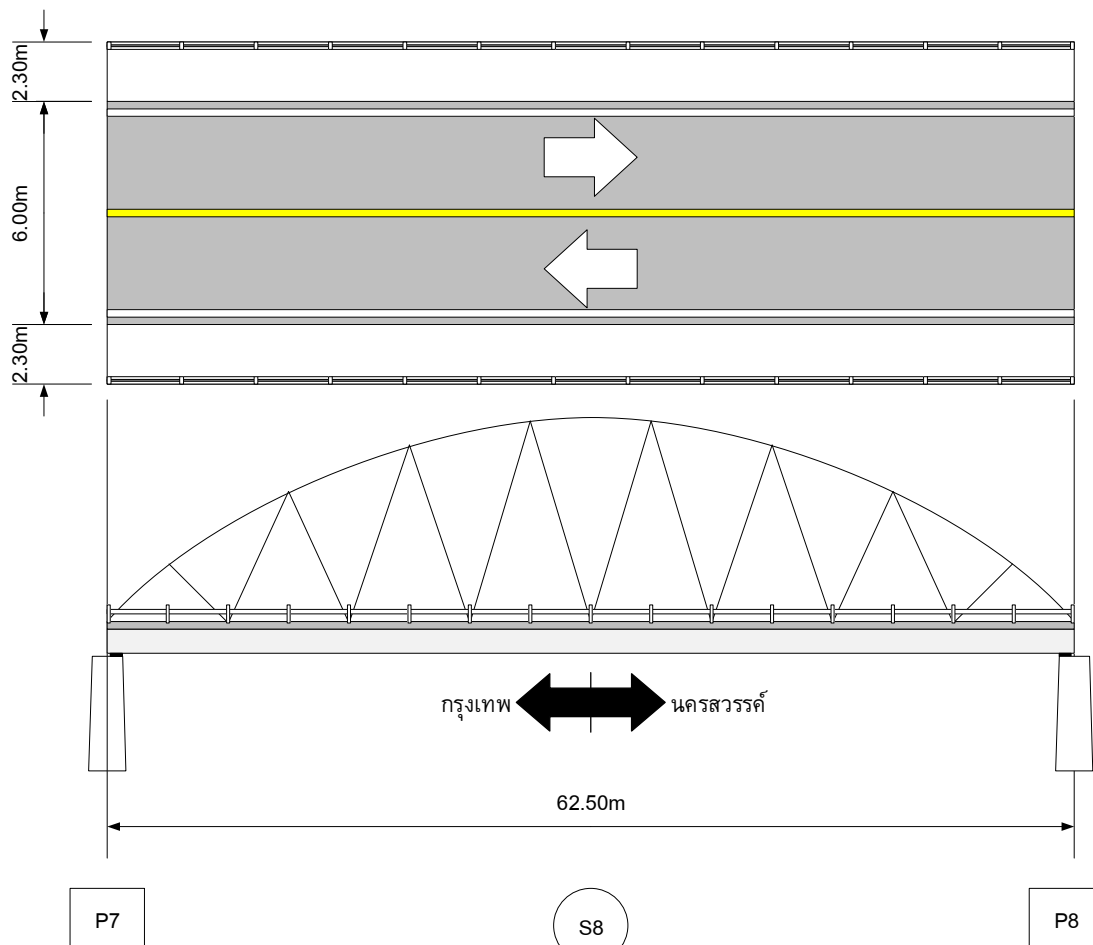
ตารางที่ 6.11-10 ผลการวิเคราะห์ Natural Frequency, Mode Shape, Damping Ratio และ Impact Factor

Dynamic Case	Speed (km/h)	Frequency (Hz)	Mode Shape (1st Mode)	Damping Ratio (%)	Impact Factor (IM)
Dynamic1	20	3.564	Bending Mode	2.874 - 7.921	1.050 - 1.088
Dynamic2	30	3.564	Bending Mode	2.746 - 3.857	1.097 - 1.156
Dynamic3	40	3.564	Bending Mode	2.468 - 11.011	1.105 - 1.244

6.12 ผลการตรวจวัดพฤติกรรมสะพานช่วงที่ 8 (Span 8)

โครงการนี้ได้ดำเนินการตรวจวัดพฤติกรรมโครงสร้างสะพานช่วงที่ 8 (Span 8) ความยาวช่วงสะพานเท่ากับ 62.5 เมตร โดยทำการทดสอบสะพานภายใต้สภาวะควบคุม ประกอบด้วย การทดสอบแบบสถิต และการทดสอบแบบพลวัต เมื่อวันที่ 11 มิถุนายน 2563 ซึ่งมีรายละเอียดการตรวจวัดพฤติกรรมโครงสร้างสะพาน ดังนี้

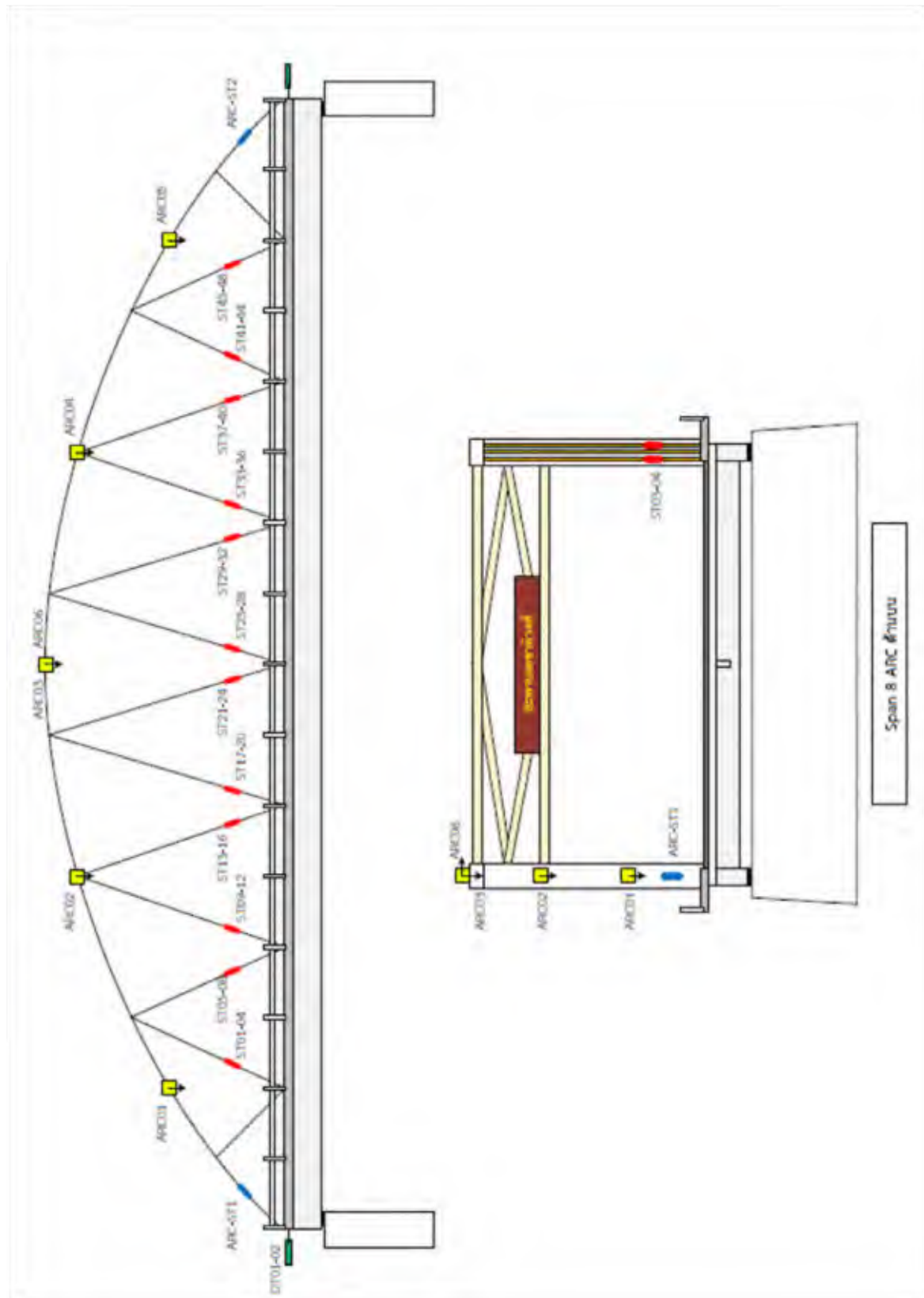
6.12.1. ช่วงสะพานทดสอบ



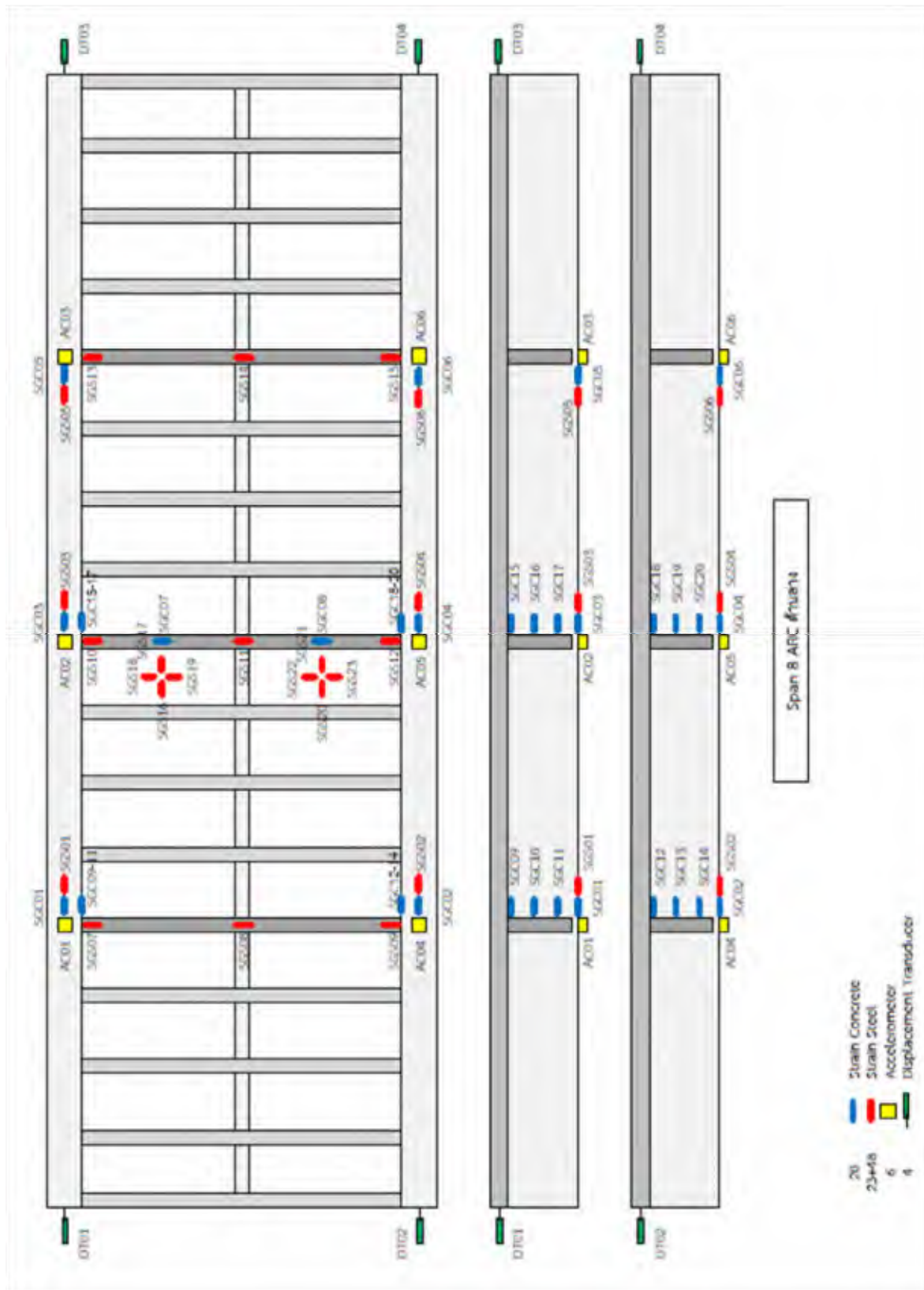
รูปที่ 6.12-1 ช่วงสะพานทดสอบ

6.12.2. ตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัด

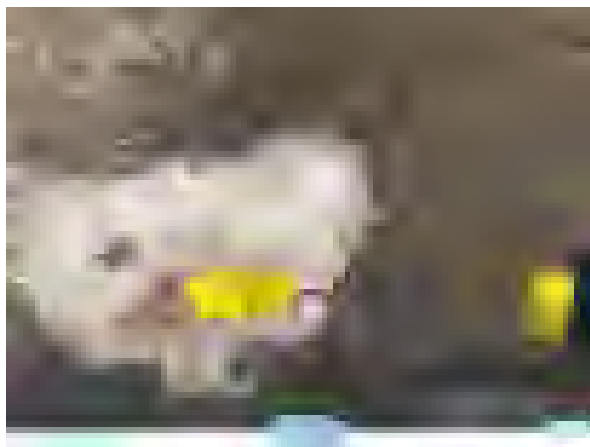
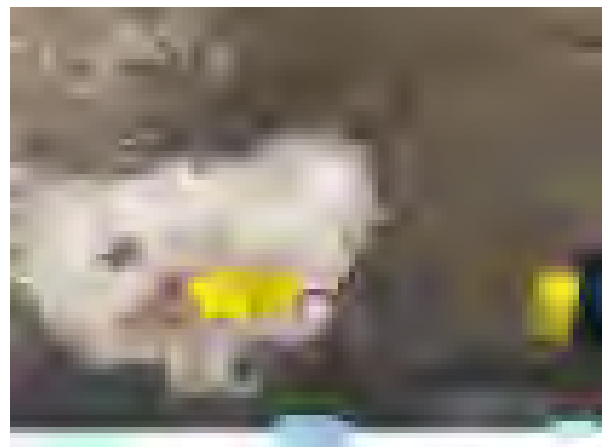
ในช่วงสะพานนี้ทำการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดความเครียดสำหรับคอนกรีต (Strain Gauge Concrete) จำนวน 20 ตำแหน่ง อุปกรณ์ตรวจวัดความเครียดสำหรับเหล็ก (Strain Gauge Steel) จำนวน 23 ตำแหน่ง อุปกรณ์ตรวจวัดการเคลื่อนที่ (Displacement Transducer) จำนวน 4 ตำแหน่ง และอุปกรณ์ตรวจวัดความเร่งจากการสั่นไหว (Accelerometer) จำนวน 12 ตำแหน่ง โดยมีรายละเอียดดังนี้



รูปที่ 6.12-2 ตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดด้านบน



รูปที่ 6.5-2 ตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดด้านล่าง (ต่อ)



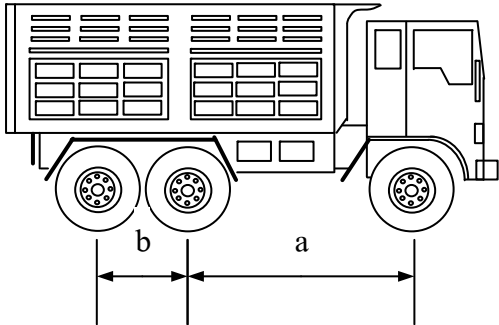
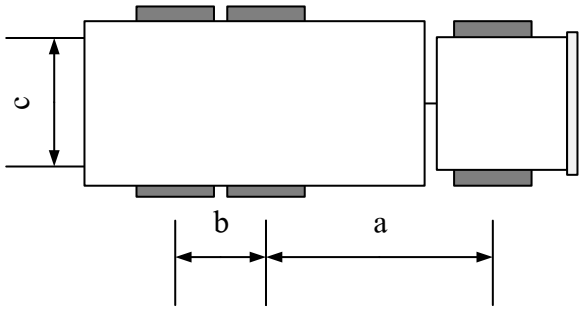
รูปที่ 6.12-3 ภาพการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดสะพานช่วงที่ 8 (Span 8)

6.12.3. น้ำหนักบรรทุกทดสอบ

ในช่วงสะพานนี้ได้ใช้รถบรรทุก 10 ล้อ จำนวน 2 คัน ประกอบด้วย รถบรรทุกเปล่าน้ำหนักรวมประมาณ 10 ตัน และรถบรรทุกน้ำหนักรวมประมาณ 18 ตัน ทดสอบสะพานภายใต้สภาวะควบคุม โดยมีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 6.12-1 น้ำหนักบรรทุกทดสอบ

คันที่	1	2
ประเภท	รถบรรทุกเปล่า (81-5301)	รถบรรทุกน้ำหนัก (81-5222)
น้ำหนักรถบรรทุก (ตัน)	10.570	18.280
ระยะเพลลาที่ 1 ถึง 2 (a, เมตร)	3.90	4.10
ระยะเพลลาที่ 2 ถึง 3 (b, เมตร)	1.30	1.30
ความกว้างฐานล้อ (c, เมตร)	1.90	1.90



รูปที่ 6.12-4 รถบรรทุกทดสอบ

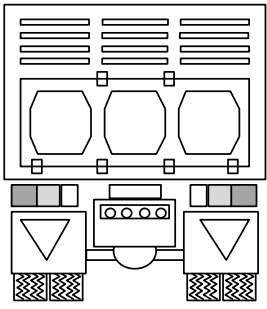
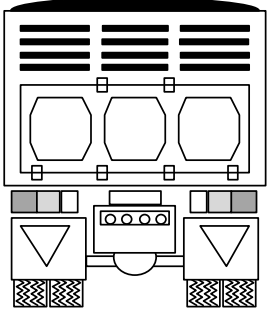


6.12.4. รูปแบบการทดสอบแบบสถิต

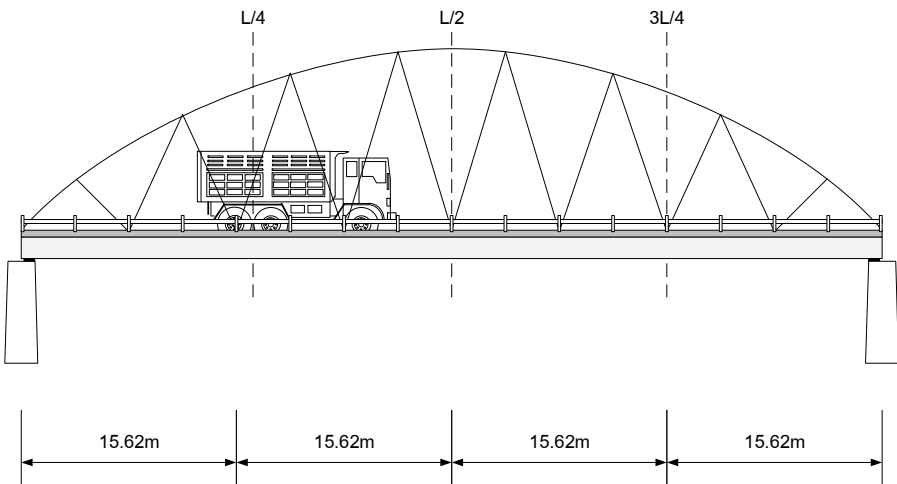
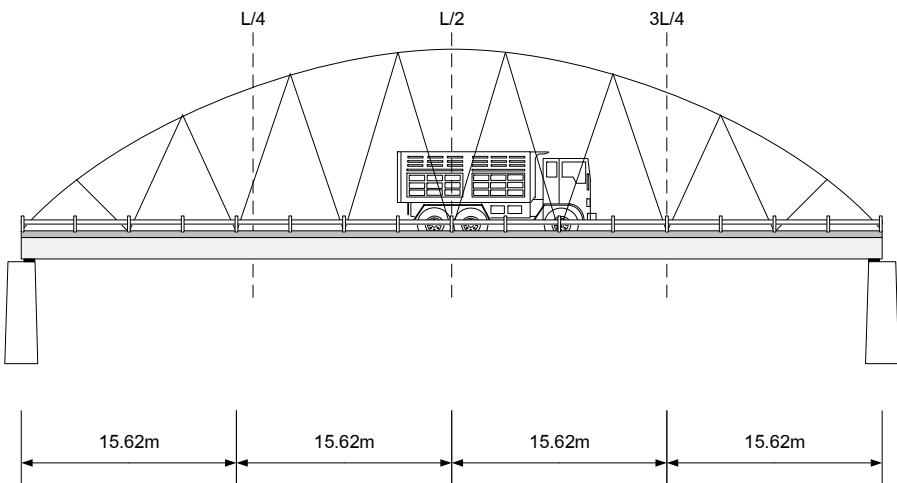
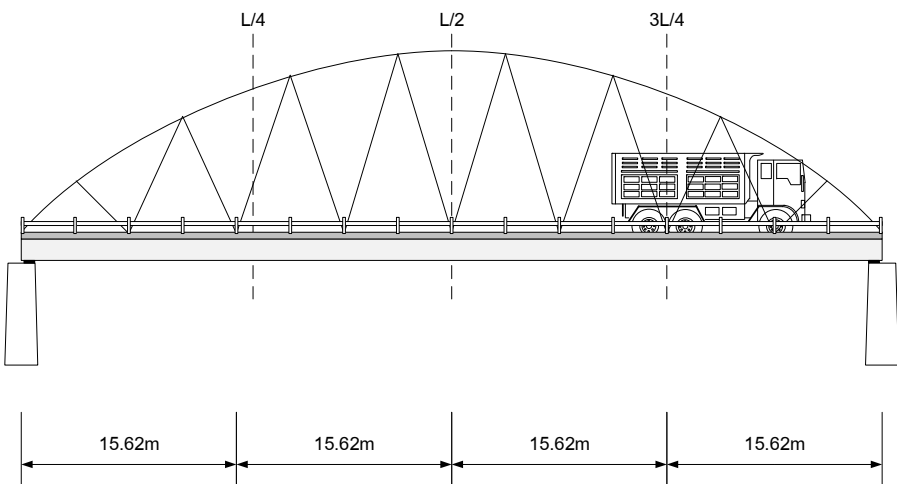
การทดสอบแบบสถิต (Static Test) ประกอบด้วย การทดสอบด้วยรถบรรทุกเปล่าและรถบรรทุกน้ำหนัก หลายรูปแบบโดยมีรายละเอียดดังนี้

- Static 1-1 : ทดสอบด้วยรถบรรทุกเปล่า จอดตามตำแหน่ง L/4, L/2, 3L/4 ของความยาวช่วงระหว่างตอม่อ ในช่องจราจรทางซ้าย
- Static 1-2 : ทดสอบด้วยรถบรรทุกเปล่า จอดตามตำแหน่ง L/4, L/2, 3L/4 ของความยาวช่วงระหว่างตอม่อ ในช่องจราจรทางขวา
- Static 1-3 : ทดสอบด้วยรถบรรทุกเปล่า จอดตามตำแหน่ง L/4, L/2, 3L/4 ของความยาวช่วงระหว่างตอม่อ กึ่งกลางสะพาน
- Static 2-1 : ทดสอบด้วยรถบรรทุกน้ำหนัก จอดตามตำแหน่ง L/4, L/2, 3L/4 ของความยาวช่วงระหว่างตอม่อ ในช่องจราจรทางซ้าย
- Static 2-2 : ทดสอบด้วยรถบรรทุกน้ำหนัก จอดตามตำแหน่ง L/4, L/2, 3L/4 ของความยาวช่วงระหว่างตอม่อ ในช่องจราจรทางขวา
- Static 2-3 : ทดสอบด้วยรถบรรทุกน้ำหนัก จอดตามตำแหน่ง L/4, L/2, 3L/4 ของความยาวช่วงระหว่างตอม่อ กึ่งกลางสะพาน

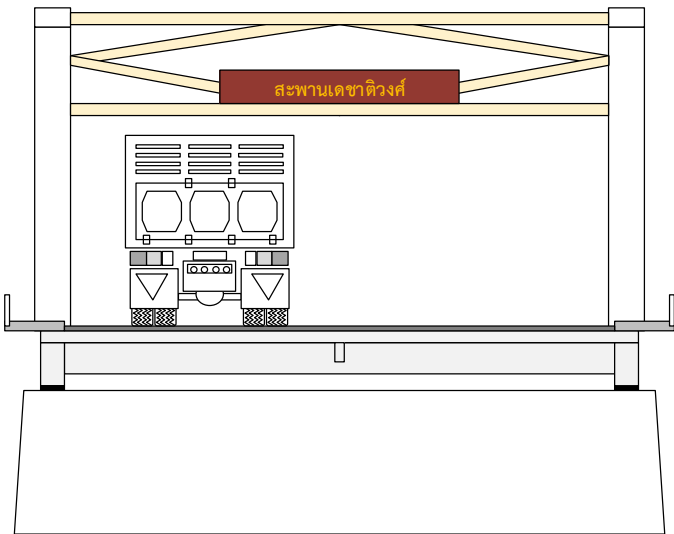
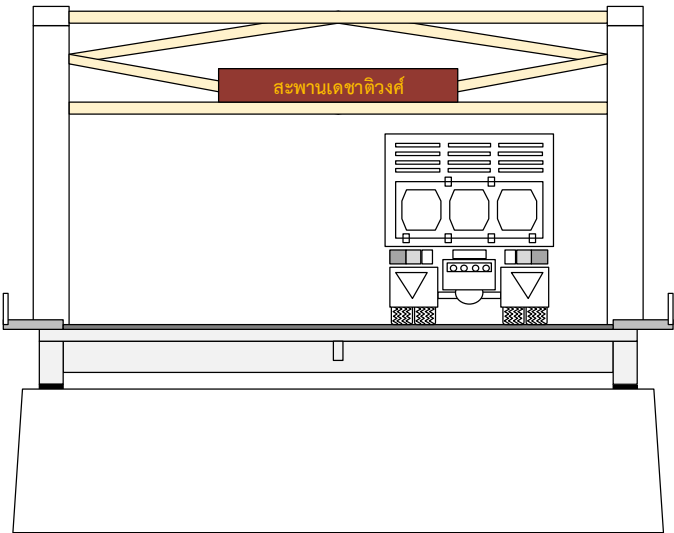
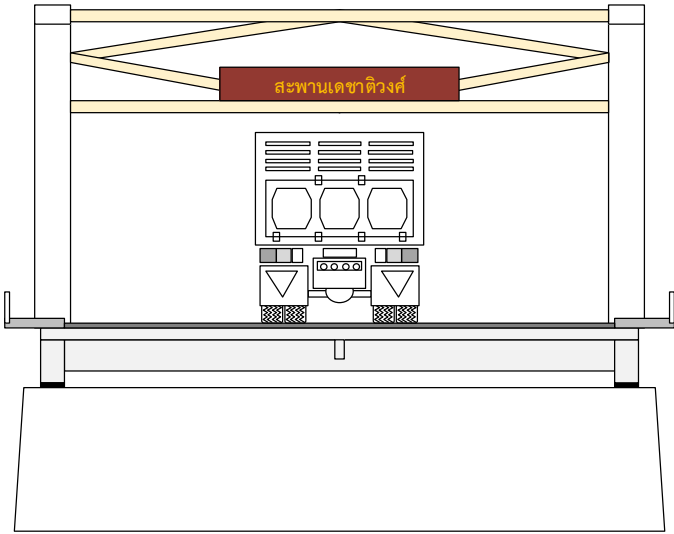
ตารางที่ 6.12-2 สัญลักษณ์รถบรรทุกทดสอบ

รถบรรทุก	สัญลักษณ์
รถบรรทุกเปล่า	
รถบรรทุกน้ำหนัก	

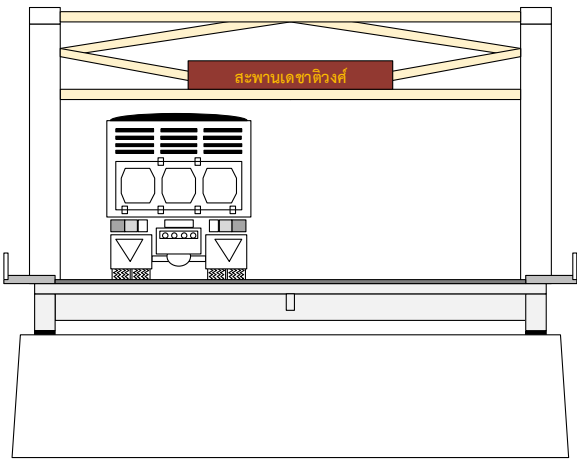
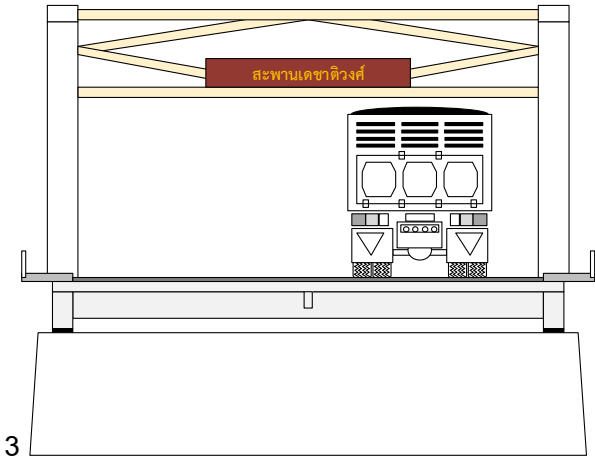
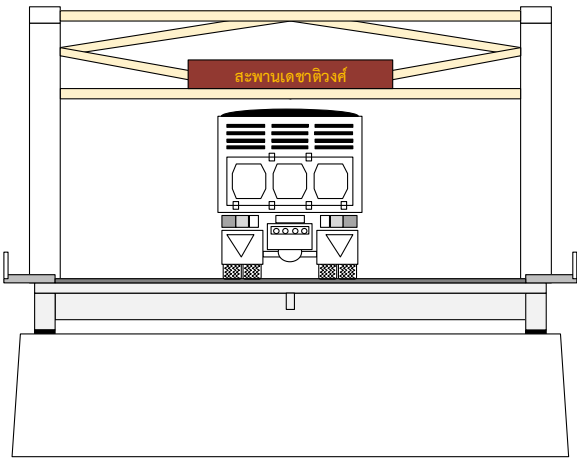
ตารางที่ 6.12-3 ระยะจอตรบรรทุกตามตำแหน่ง $L/4$, $L/2$ และ $3L/4$

ระยะ	ตำแหน่งจอตรบรรทุก
$L/4$	
$L/2$	
$3L/4$	

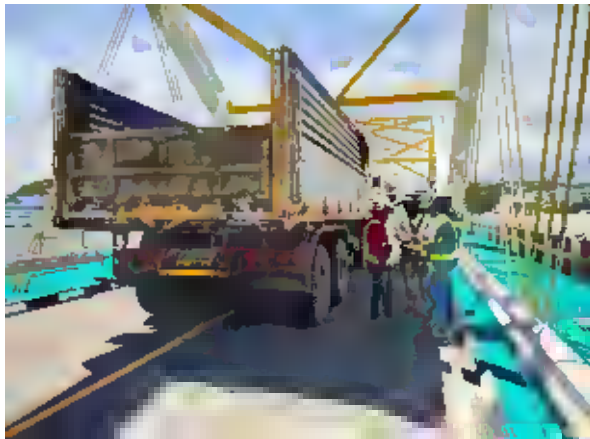
ตารางที่ 6.12-4 รูปแบบการทดสอบแบบสถิต ด้วยรถบรรทุกเปล่า

Case	Pattern
Static 1-1	
Static 1-2	
Static 1-3	

ตารางที่ 6.12-5 รูปแบบการทดสอบแบบสถิต ด้วยรถบรรทุกน้ำหนัก

Case	Pattern
Static 2-1	
Static 2-2	
Static 2-3	





รูปที่ 6.12-5 ภาพการทดสอบแบบสถิต

6.12.5. ผลการตรวจวัดพฤติกรรมสะพานแบบสถิต

ตารางที่ 6.12-6 ผลการตรวจวัดพฤติกรรมสะพานแบบสถิต ด้วยรถบรรทุกเปล่า

Time (s)	Static 1-1			Static 1-2			Static 1-3		
	L/4	L/2	3L/4	L/4	L/2	3L/4	L/4	L/2	3L/4
DT-01	0.058	-0.085	-0.128	0.067	-0.030	-0.072	0.064	-0.039	-0.080
DT-02	-0.078	-0.057	0.062	-0.079	-0.046	0.024	-0.065	-0.030	0.055
DT-03	0.062	-0.043	-0.089	0.074	-0.060	-0.080	0.075	-0.031	-0.066
DT-04	-0.060	-0.038	0.046	-0.072	-0.065	0.026	-0.043	-0.033	0.065
SGC-01	21.902	-2.166	1.192	13.225	-2.850	-1.669	16.301	-2.771	-1.707
SGC-02	0.608	-0.913	-0.469	3.100	-1.762	-0.798	1.783	-1.759	-0.969
SGC-03	-4.521	8.354	-4.186	-0.929	4.040	-1.433	-2.223	6.319	-1.598
SGC-04	-2.258	-1.854	-1.375	0.958	-0.977	-0.904	-0.131	-0.206	0.673
SGC-05	-1.619	-0.427	0.845	1.792	-0.190	-0.185	-0.617	-0.133	1.442
SGC-06	-2.540	-1.673	2.579	-0.246	-1.425	4.252	-1.695	-1.164	5.007
SGC-07	-0.669	3.484	0.223	1.725	1.923	0.196	-0.113	2.969	0.769
SGC-08	-1.809	8.715	0.250	1.658	22.259	-0.292	-0.021	22.052	0.823
SGC-09	-1.923	-0.331	-0.808	0.642	0.054	-0.544	-0.252	0.519	0.400
SGC-10	-2.106	0.862	2.167	1.442	0.396	0.315	-0.163	0.117	1.687
SGC-11	-1.842	0.852	-0.254	1.104	0.990	0.115	-0.156	0.979	0.181
SGC-12	-23.980	-15.720	-21.500	-4.106	14.819	-8.863	-15.200	-4.503	9.106
SGC-13	-0.090	2.332	-0.683	0.629	3.608	-0.579	1.069	4.025	0.229
SGC-14	-0.794	0.510	1.017	0.581	-0.027	-0.215	-0.046	0.150	0.444
SGC-15	-1.983	-1.689	-0.508	1.681	1.750	1.956	0.017	-0.397	1.819
SGC-16	-0.646	-0.038	1.325	1.073	0.750	0.052	0.713	1.334	1.134
SGC-17	-0.765	0.681	1.994	1.612	0.202	0.131	0.652	1.525	1.854
SGC-18	-1.567	0.202	2.410	1.142	0.388	2.328	1.096	1.173	3.863
SGC-19	-0.406	-0.268	1.673	1.233	0.556	1.763	-0.090	-0.213	1.362
SGC-20	-0.483	-0.483	0.882	1.233	0.950	1.421	-0.494	0.075	1.323



ตารางที่ 6.5-6 ผลการตรวจวัดพฤติกรรมสะพานแบบสถิต ด้วยรถบรรทุกเปล่า (ต่อ)

Time (s)	Static 1-1			Static 1-2			Static 1-3		
	L/4	L/2	3L/4	L/4	L/2	3L/4	L/4	L/2	3L/4
SGS-01	13.869	-3.427	-1.525	9.093	-1.528	-1.609	9.637	-3.578	-2.798
SGS-02	5.970	-0.503	0.629	12.668	-3.475	-2.205	9.754	-0.986	-0.856
SGS-03	-12.142	33.840	-12.323	-3.937	14.681	-3.814	-7.462	24.890	-5.079
SGS-04	-5.252	16.351	-4.742	-8.900	37.457	-8.575	-5.905	29.813	-5.236
SGS-05	-5.675	-2.961	17.213	-2.487	-1.004	8.592	-4.012	-1.345	13.880
SGS-06	-2.510	-2.087	7.659	-2.631	-2.156	13.609	-4.071	-2.939	11.692
SGS-07	30.410	-3.140	-3.720	10.687	2.250	0.758	19.365	-1.386	-1.300
SGS-08	36.423	-0.144	-0.179	35.940	0.796	0.148	43.294	0.202	-0.277
SGS-09	2.396	-0.650	-1.658	15.877	0.888	0.377	4.760	-0.975	-1.479
SGS-10	-0.417	25.166	-1.469	2.379	8.921	1.386	-0.214	15.114	0.248
SGS-11	-0.088	44.498	0.656	1.996	37.498	0.075	0.215	50.805	0.919
SGS-12	0.213	8.686	0.990	1.590	28.051	0.133	0.275	19.984	0.919
SGS-13	-0.462	-1.477	17.577	2.231	1.604	3.631	-0.754	0.029	9.467
SGS-14	0.977	-0.225	32.773	1.542	2.719	32.928	-1.117	-0.469	41.850
SGS-15	0.052	0.448	8.262	1.586	1.715	27.734	-1.239	-0.513	20.165
SGS-16	-0.679	7.835	-1.132	1.946	4.071	-0.181	0.519	8.365	1.381
SGS-17	-0.675	9.757	-0.810	1.813	3.511	-0.238	1.156	9.354	1.154
SGS-18	-1.459	0.681	-1.586	1.327	0.761	0.219	-1.101	-3.873	-0.123
SGS-19	-1.777	1.702	-1.679	1.777	1.402	0.552	-0.919	-1.965	0.477
SGS-20	0.075	3.175	0.194	2.079	8.525	1.092	0.533	8.185	0.919
SGS-21	-0.381	2.786	-0.042	2.094	8.663	0.829	0.656	8.975	0.792
SGS-22	-0.885	-3.066	-1.487	1.425	4.208	0.525	-0.675	-0.737	0.075
SGS-23	-1.110	-2.975	-1.298	1.248	3.677	-0.181	-0.677	-0.640	0.425
SGA-01	-4.488	-5.404	-3.409	-0.614	-0.644	-1.052	-1.479	-1.131	0.458
SGA-02	-2.041	-5.966	-4.508	-0.200	-0.755	-2.919	-1.634	-2.417	-1.579

ตารางที่ 6.12-7 ผลการตรวจวัดพฤติกรรมสะพานแบบสถิต ด้วยรถบรรทุกน้ำหนัก

Time (s)	Static 2-1			Static 2-2			Static 2-3		
	L/4	L/2	3L/4	L/4	L/2	3L/4	L/4	L/2	3L/4
DT-01	0.153	-0.079	-0.138	0.141	-0.028	-0.097	0.136	-0.045	-0.104
DT-02	-0.087	-0.034	0.181	-0.013	0.032	0.159	-0.032	0.024	0.196
DT-03	0.147	-0.033	-0.104	0.151	-0.071	-0.109	0.131	-0.052	-0.107
DT-04	-0.070	-0.006	0.147	-0.049	-0.020	0.156	-0.050	-0.021	0.144
SGC-01	38.675	-9.125	-7.190	18.138	-7.757	-6.707	29.776	-6.408	-0.748
SGC-02	1.615	-1.717	-1.713	3.367	-3.631	-3.646	2.806	-2.277	-1.696
SGC-03	-6.163	13.805	-7.625	-3.175	6.415	-3.137	-3.594	11.093	-2.460
SGC-04	-1.581	-2.354	-2.214	-0.242	-1.862	-1.081	-0.346	-2.704	-1.437
SGC-05	-2.336	-1.434	-1.434	-1.277	-1.275	-0.742	-0.077	-2.146	-0.548
SGC-06	-3.546	-2.777	2.754	-2.237	-1.004	8.563	-1.987	-3.248	5.644
SGC-07	-0.415	4.711	-0.967	0.713	2.508	0.038	-0.206	3.223	-0.538
SGC-08	-2.390	19.749	-2.152	0.567	55.290	-1.539	-0.540	47.220	-1.607
SGC-09	-1.918	-0.385	-2.048	-0.371	-0.187	-1.296	-0.552	0.950	-0.292
SGC-10	-1.300	-0.631	0.536	1.667	2.190	3.081	0.325	1.077	2.491
SGC-11	-1.507	0.190	-2.013	-1.089	-0.737	-1.485	-0.392	1.582	0.090
SGC-12	-13.710	-6.150	-14.000	-9.120	-11.550	-17.480	13.366	-10.340	48.300
SGC-13	0.235	3.404	-3.546	-1.048	6.417	-2.667	0.617	7.083	-1.896
SGC-14	-1.494	-1.527	-1.773	-1.482	-0.957	-1.932	-0.759	-0.302	-0.094
SGC-15	-1.913	-1.200	0.845	-0.596	0.845	1.679	-1.300	-1.964	-3.021
SGC-16	-1.569	-1.056	0.738	-0.919	-0.315	-0.346	-0.375	-0.079	1.315
SGC-17	-1.192	-0.481	-0.088	-1.196	-1.442	-0.683	0.527	-0.627	1.350
SGC-18	-1.871	-1.558	1.033	-1.594	-1.304	4.508	-0.894	-1.415	3.785
SGC-19	-2.065	-1.615	-0.554	-0.697	-0.352	1.773	-0.191	-1.177	0.923
SGC-20	-1.967	-1.446	-0.956	-0.263	1.016	2.562	-0.689	-2.243	-1.256



ตารางที่ 6.5-7 ผลการตรวจวัดพฤติกรรมสะพานแบบสถิต ด้วยรถบรรทุกน้ำหนัก (ต่อ)

Time (s)	Static 2-1			Static 2-2			Static 2-3		
	L/4	L/2	3L/4	L/4	L/2	3L/4	L/4	L/2	3L/4
SGS-01	21.320	-7.242	-5.898	10.739	-6.019	-5.816	17.697	-4.954	-2.771
SGS-02	9.918	-2.871	-2.684	20.054	-6.990	-5.544	15.479	-3.881	-1.073
SGS-03	-17.369	58.101	-19.009	-9.173	28.168	-3.775	-12.951	39.939	-9.234
SGS-04	-8.544	29.246	-8.561	-15.944	65.316	-13.504	-10.620	49.040	-10.290
SGS-05	-9.623	-6.550	28.979	-6.640	-3.486	16.215	-6.894	-5.742	23.377
SGS-06	-5.723	-3.961	12.202	-5.875	-3.869	25.108	-5.484	-5.636	18.366
SGS-07	60.563	1.338	0.560	18.598	1.483	1.002	41.327	-0.477	-2.715
SGS-08	67.636	0.706	0.210	65.160	1.398	0.856	79.440	0.058	-1.040
SGS-09	5.194	1.364	0.869	32.782	1.758	1.121	13.821	0.050	-1.071
SGS-10	0.185	48.297	-0.871	2.100	15.037	1.927	1.067	28.228	-1.142
SGS-11	0.127	83.842	0.261	1.165	75.226	0.484	1.040	94.875	-0.163
SGS-12	-0.113	15.732	0.659	2.293	52.283	1.102	1.446	33.935	-0.883
SGS-13	-1.427	-0.156	32.713	1.638	2.800	9.677	-0.210	-2.009	13.381
SGS-14	-0.898	0.481	63.558	2.091	3.575	66.036	-1.269	-1.619	76.399
SGS-15	-1.512	-0.600	13.151	0.706	2.525	50.257	-0.288	-0.213	34.087
SGS-16	0.385	18.502	-0.635	2.069	8.250	1.711	1.400	16.198	-1.248
SGS-17	0.637	23.402	-0.181	1.869	7.950	1.517	1.708	18.148	0.198
SGS-18	-1.156	11.965	-1.213	0.375	0.194	1.527	-1.100	-8.683	-2.683
SGS-19	-1.202	13.142	-1.210	0.469	1.244	1.438	-1.402	-5.798	-2.777
SGS-20	0.192	6.815	-0.506	1.838	14.678	1.515	1.334	13.949	-0.644
SGS-21	0.054	6.361	-0.225	1.186	15.803	1.281	1.317	14.877	-0.200
SGS-22	-1.082	-3.009	-0.917	1.081	6.902	2.335	-0.155	0.354	-2.350
SGS-23	-1.311	-2.996	-1.767	0.544	6.660	1.281	-0.244	-0.563	-2.717
SGA-01	-4.603	-3.380	-3.488	-0.891	1.921	3.846	-6.021	-7.963	-5.529
SGA-02	-2.934	-5.109	-4.230	2.775	4.946	6.046	-5.767	-9.872	-13.752

ตารางที่ 6.12-8 ผลการตรวจวัดพฤติกรรมสาย Cable ของสะพานแบบสลิต ด้วยรถบรรทุกเปล่า

Time (s)	Static 1-1			Static 1-2			Static 1-3		
	L/4	L/2	3L/4	L/4	L/2	3L/4	L/4	L/2	3L/4
SGL-01	8.588	-13.681	-6.005	14.815	3.193	0.974	9.733	-8.129	-2.491
SGL-02	9.503	-7.099	-4.989	11.619	-2.276	-0.198	6.347	-11.666	-9.017
SGL-03	23.323	26.893	12.393	10.388	15.901	12.441	16.948	20.318	10.438
SGL-04	23.061	24.801	7.481	12.553	18.113	12.803	19.778	21.048	11.448
SGL-05	42.509	-29.981	-28.381	31.302	2.792	0.837	41.353	-7.655	-2.594
SGL-06	31.683	-33.577	-28.157	27.891	1.455	-5.746	34.665	-9.059	-5.862
SGL-07	-7.258	25.540	3.189	0.418	29.589	25.459	-14.679	20.711	8.581
SGL-08	-8.810	28.390	7.360	-0.774	27.161	21.301	-14.718	22.092	10.582
SGL-09	37.753	-18.047	-21.387	27.537	-5.323	-15.993	41.607	2.726	-5.168
SGL-10	49.606	-18.454	-23.774	34.752	-5.190	-17.418	51.408	1.092	-8.215
SGL-11	-30.334	33.896	24.856	-11.886	22.234	13.334	-16.726	27.924	21.384
SGL-12	-37.149	41.781	28.691	-14.529	28.542	15.972	-17.606	39.674	28.934
SGL-13	32.214	21.034	-25.186	24.792	11.472	-15.078	31.033	17.483	-20.277
SGL-14	28.775	20.795	-23.625	26.690	16.200	-13.370	30.754	20.954	-16.506
SGL-15	-54.254	11.886	118.906	-31.688	12.743	64.153	-40.971	8.229	87.169
SGL-16	-45.386	6.108	98.634	-33.298	12.052	53.292	-36.033	7.670	78.147
SGL-17	18.408	24.898	-19.822	14.293	13.913	-9.044	19.429	20.659	-12.501
SGL-18	19.670	33.550	-17.920	19.090	20.550	-9.780	21.709	25.469	-14.671
SGL-19	1.248	-0.337	3.393	3.723	4.132	-2.453	3.931	3.257	0.671
SGL-20	-15.892	-16.662	66.488	-10.580	-5.055	32.947	-12.390	-10.261	47.520
SGL-21	8.991	22.912	9.691	7.789	12.457	-1.904	12.451	20.431	6.818
SGL-22	9.519	20.504	10.980	11.868	16.358	3.854	10.620	18.210	7.220
SGL-23	-13.824	-18.464	29.306	-3.301	-3.197	10.769	-8.800	-8.897	22.081
SGL-24	-11.016	-18.876	32.464	-2.611	-3.427	13.118	-9.517	-9.933	21.539



ตารางที่ 4.12-8 ผลการตรวจวัดพฤติกรรมสาย Cable ของสะพานแบบสถิติ ด้วยรถบรรทุกเปล่า (ต่อ)

Time (s)	Static 1-1			Static 1-2			Static 1-3		
	L/4	L/2	3L/4	L/4	L/2	3L/4	L/4	L/2	3L/4
SGR-01	-14.072	-50.652	-63.642	8.391	-4.379	0.901	1.567	-15.559	-12.969
SGR-02	-12.477	-59.740	-93.380	-7.211	-18.098	-20.828	2.928	-9.591	-9.681
SGR-03	-5.351	-8.109	-6.882	24.071	25.771	2.900	24.378	26.658	9.038
SGR-04	-5.664	-3.951	-7.486	12.475	18.075	0.106	14.701	19.031	5.533
SGR-05	32.893	-9.122	-15.453	62.887	6.634	16.597	27.691	-25.019	-22.169
SGR-06	16.892	-14.469	-17.308	55.319	0.253	5.730	29.573	-15.277	-9.756
SGR-07	-4.509	21.661	13.651	9.230	55.927	34.837	-10.573	29.518	11.098
SGR-08	-4.312	14.453	6.273	9.351	55.438	29.908	-5.287	37.441	17.871
SGR-09	23.264	-12.033	-16.056	60.201	-3.653	-13.719	44.449	6.136	-1.314
SGR-10	24.357	-14.883	-19.403	63.583	-4.858	-15.667	47.315	4.241	-3.644
SGR-11	-20.534	17.886	14.876	-17.845	60.025	33.285	-13.154	49.556	38.126
SGR-12	-16.227	12.733	12.813	-12.821	57.219	32.819	-14.657	41.333	29.613
SGR-13	18.752	11.802	-14.938	39.770	35.740	-19.020	33.255	31.485	-12.765
SGR-14	20.896	10.436	-15.904	43.350	37.070	-18.390	35.582	31.072	-13.188
SGR-15	-9.232	9.757	31.877	-19.364	25.566	54.766	-18.192	6.892	44.758
SGR-16	-12.867	3.454	26.643	-20.523	22.047	53.927	-19.175	7.937	40.835
SGR-17	19.268	21.528	-11.583	31.323	53.243	-19.687	26.910	34.920	-18.360
SGR-18	13.896	16.046	-13.964	24.174	43.614	-22.836	23.718	29.738	-15.872
SGR-19	-8.712	-8.832	57.398	-13.293	-10.383	104.247	-19.811	-20.931	77.819
SGR-20	-5.692	-8.753	44.364	-14.569	-12.919	82.651	-14.206	-17.246	34.924
SGR-21	7.993	8.818	3.560	14.918	31.078	13.598	13.805	21.705	17.625
SGR-22	7.431	10.209	-1.105	15.851	33.391	11.151	13.744	23.594	11.384
SGR-23	-3.054	-4.523	30.967	-1.212	-3.081	35.166	-7.225	-8.138	36.024
SGR-24	-3.179	-5.573	26.568	-3.441	-5.998	33.379	-6.743	-9.049	30.424

ตารางที่ 6.12-9 ผลการตรวจวัดพฤติกรรมสาย Cable ของสะพานแบบสลิต ด้วยรถบรรทุกน้ำหนัก

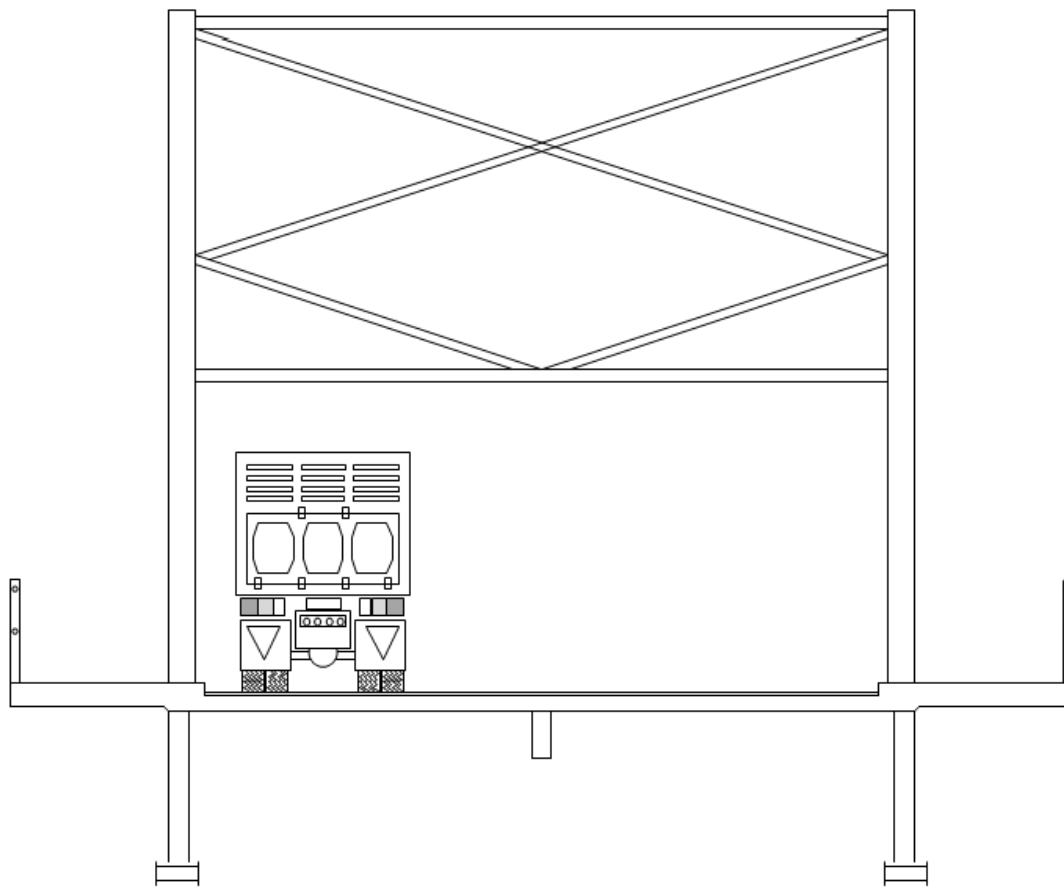
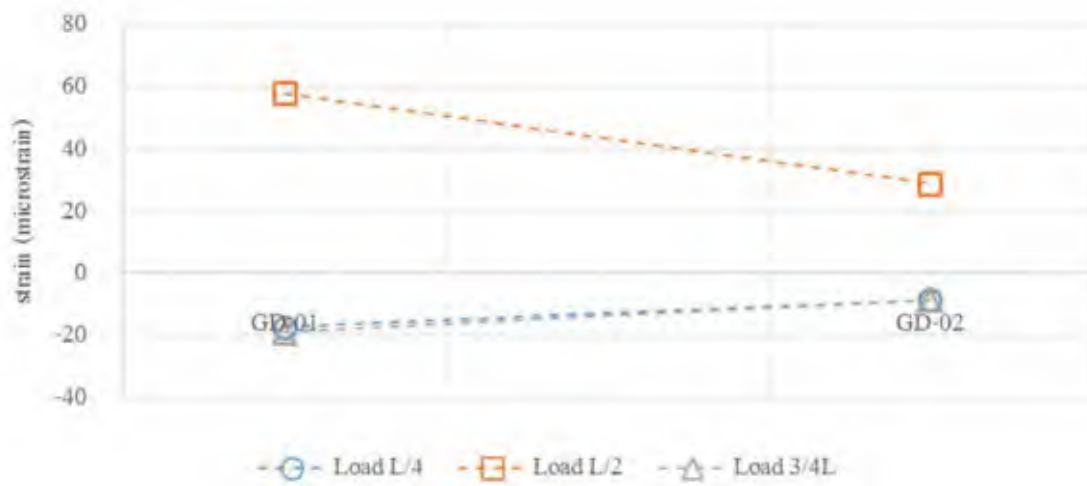
Time (s)	Static 2-1			Static 2-2			Static 2-3		
	L/4	L/2	3L/4	L/4	L/2	3L/4	L/4	L/2	3L/4
SGL-01	19.185	-15.775	-4.180	13.819	-7.843	-7.916	16.454	-16.586	-8.289
SGL-02	15.349	-21.271	-15.461	7.001	-20.200	-18.830	18.213	-10.254	6.475
SGL-03	36.839	48.699	26.909	7.646	21.632	12.290	20.820	28.510	14.010
SGL-04	33.635	43.105	21.935	14.075	24.455	12.635	27.227	29.447	15.607
SGL-05	88.958	-21.652	-10.882	57.394	12.774	26.284	59.425	-28.925	-36.295
SGL-06	75.046	-17.594	-7.627	54.309	11.459	18.689	52.885	-22.935	-32.405
SGL-07	-18.846	55.244	26.524	-1.768	67.246	72.216	-14.002	32.208	0.336
SGL-08	-22.050	56.590	24.240	-6.404	59.832	57.472	-16.166	35.014	5.164
SGL-09	80.948	-10.112	-23.462	46.924	3.366	-6.983	59.041	-11.489	-28.909
SGL-10	99.423	-14.277	-30.407	60.433	1.499	-10.577	77.586	-12.554	-31.184
SGL-11	-42.015	58.305	41.945	-18.467	38.003	38.843	-40.220	42.060	24.740
SGL-12	-49.271	73.619	50.289	-22.207	52.043	47.333	-46.645	55.115	31.375
SGL-13	57.105	47.285	-40.165	42.430	25.910	-18.040	43.068	29.768	-42.222
SGL-14	53.976	46.636	-37.494	38.922	26.312	-19.859	43.782	34.482	-35.868
SGL-15	-87.405	18.945	203.855	-48.596	19.244	118.594	-77.526	6.430	147.114
SGL-16	-75.675	17.845	181.435	-38.805	28.135	115.475	-68.763	5.381	128.027
SGL-17	33.256	51.346	-26.214	27.231	32.631	-14.269	20.889	30.349	-34.921
SGL-18	34.823	57.543	-33.297	26.805	30.585	-21.925	29.299	42.099	-29.401
SGL-19	4.022	3.561	14.766	8.106	7.586	2.624	1.433	-3.561	-6.977
SGL-20	-26.078	-25.088	114.332	-11.486	-4.501	66.894	-25.147	-27.147	72.553
SGL-21	17.110	41.270	18.610	21.457	29.797	10.415	15.541	24.271	-0.138
SGL-22	17.082	39.192	20.282	19.490	27.270	12.930	15.897	23.027	4.445
SGL-23	-16.585	-24.295	43.265	7.503	7.579	49.562	-18.063	-28.193	14.667
SGL-24	-19.221	-27.361	48.119	4.713	2.317	44.496	-16.298	-26.618	23.412



ตารางที่ 4.12-9 ผลการตรวจวัดพฤติกรรมสาย Cable ของสะพานแบบสถิติ ด้วยรถบรรทุกน้ำหนัก (ต่อ)

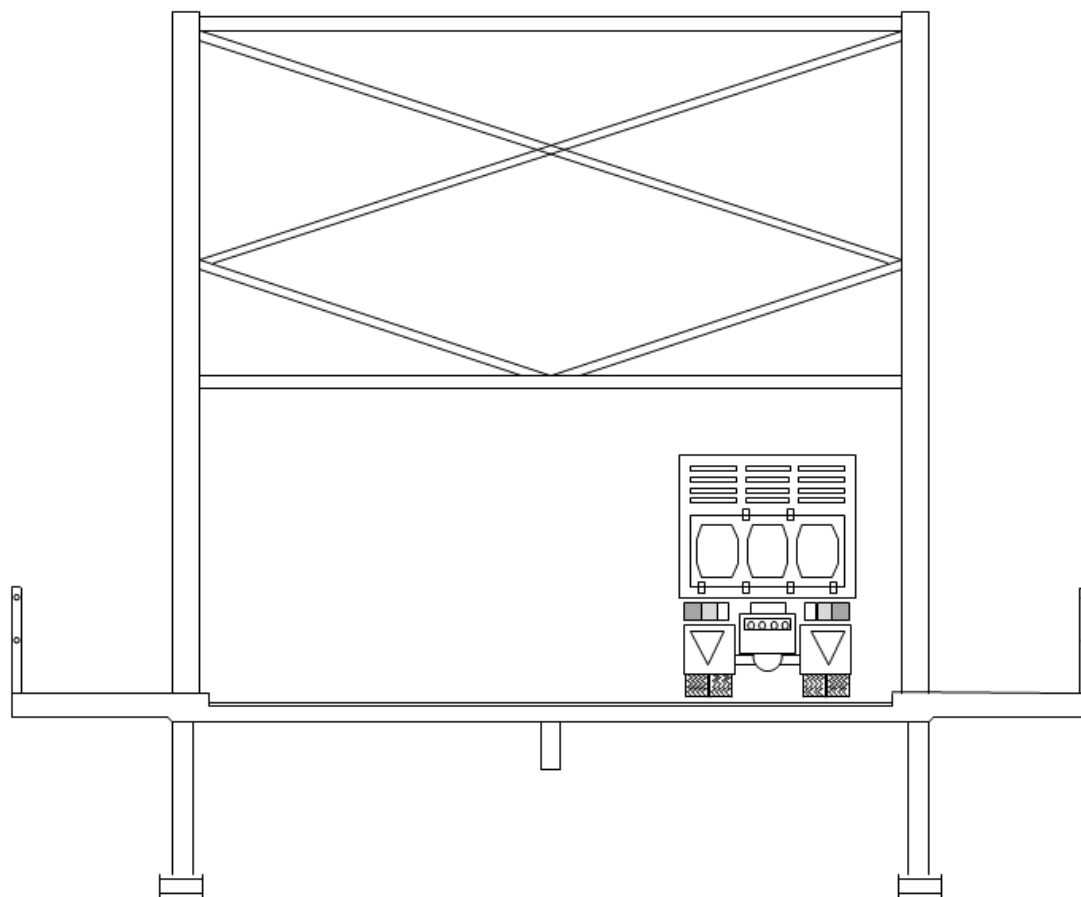
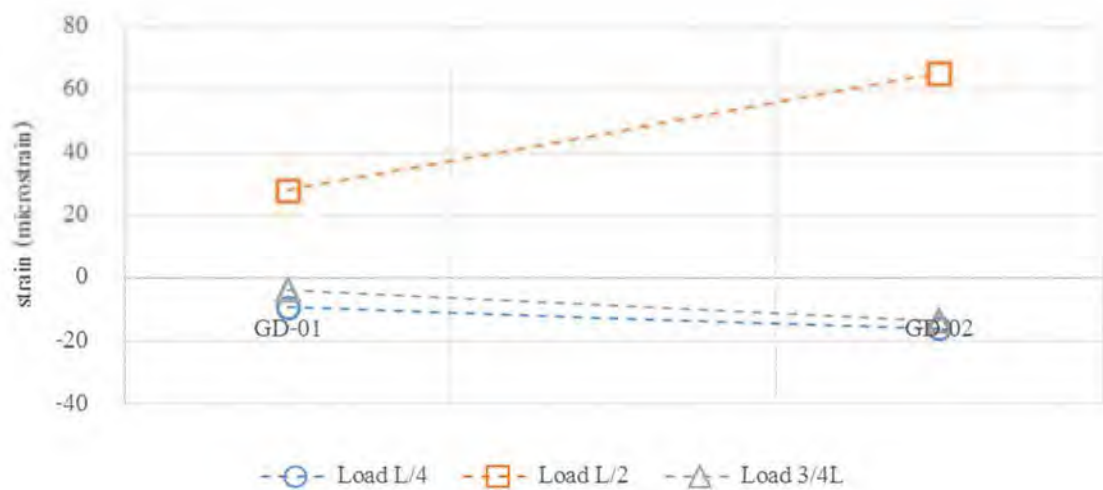
Time (s)	Static 2-1			Static 2-2			Static 2-3		
	L/4	L/2	3L/4	L/4	L/2	3L/4	L/4	L/2	3L/4
SGR-01	18.464	-9.206	-6.420	29.126	22.706	51.886	18.356	-17.044	-16.534
SGR-02	15.051	-5.245	-1.695	24.635	19.475	42.035	37.172	18.082	20.542
SGR-03	14.473	25.343	21.733	55.581	58.951	32.921	24.024	28.494	4.718
SGR-04	8.923	18.677	14.777	42.369	47.229	19.949	18.826	25.586	4.447
SGR-05	52.720	-21.030	-17.540	101.590	3.972	25.330	63.870	-37.690	-44.330
SGR-06	44.343	-17.747	-13.227	90.564	-0.916	16.444	53.771	-30.609	-28.679
SGR-07	-15.980	29.960	17.160	-5.079	80.066	55.156	-20.195	37.085	13.915
SGR-08	-15.329	33.631	21.481	-3.152	84.585	56.495	-20.250	44.290	9.275
SGR-09	54.725	-9.525	-18.375	97.362	-8.269	-15.148	68.781	-13.929	-32.739
SGR-10	58.216	-9.514	-18.064	102.570	-8.098	-16.450	73.459	-13.601	-32.111
SGR-11	-29.886	34.484	29.494	-32.899	91.381	65.841	-41.265	50.415	25.815
SGR-12	-27.264	28.836	26.646	-31.705	80.375	59.165	-37.784	44.036	23.256
SGR-13	40.701	25.131	-21.129	65.188	51.348	-30.622	48.921	35.041	-38.889
SGR-14	43.457	24.297	-21.493	69.311	52.221	-33.999	51.913	33.723	-41.517
SGR-15	-25.688	11.372	47.562	-26.221	35.629	95.869	-38.299	-3.103	41.491
SGR-16	-27.263	8.237	49.597	-30.597	27.613	96.543	-38.064	-2.067	52.656
SGR-17	30.255	42.205	-20.055	50.448	82.038	-37.022	31.851	47.831	-48.559
SGR-18	27.985	35.435	-17.085	44.040	73.160	-32.710	28.301	41.001	-43.279
SGR-19	-25.485	-15.775	92.995	-29.333	-29.573	175.137	-34.051	-35.441	125.519
SGR-20	-20.716	-8.438	76.674	-24.451	-22.111	145.669	-34.009	-39.069	89.331
SGR-21	13.111	29.038	6.701	27.541	55.501	28.761	7.340	20.632	0.024
SGR-22	15.178	26.848	1.946	27.875	57.005	23.195	11.532	26.132	1.556
SGR-23	-11.404	-10.098	42.594	-5.445	-3.409	72.375	-21.025	-32.745	37.785
SGR-24	-10.290	-8.064	36.780	-6.599	-6.393	65.106	-20.641	-31.411	33.399

เมื่อพิจารณาการกระจายค่าความเครียดของเหล็กตามขวางกรณีรถบรรทุกน้ำหนักสามารถแสดงผลได้ดังรูปที่ 6.12-6, รูปที่ 6.12-7 และรูปที่ 6.12-8 เมื่อพิจารณาค่าการแอ่นตัวของคานสะพานกรณีรถบรรทุกน้ำหนักสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 6.12-9 และรูปที่ 6.12-10 เมื่อพิจารณาการกระจายค่าความเครียดของ Rod Set ช่วงสะพานที่ 8 แสดงได้ดังรูปที่ 6.12-11 ถึงรูปที่ 6.12-13

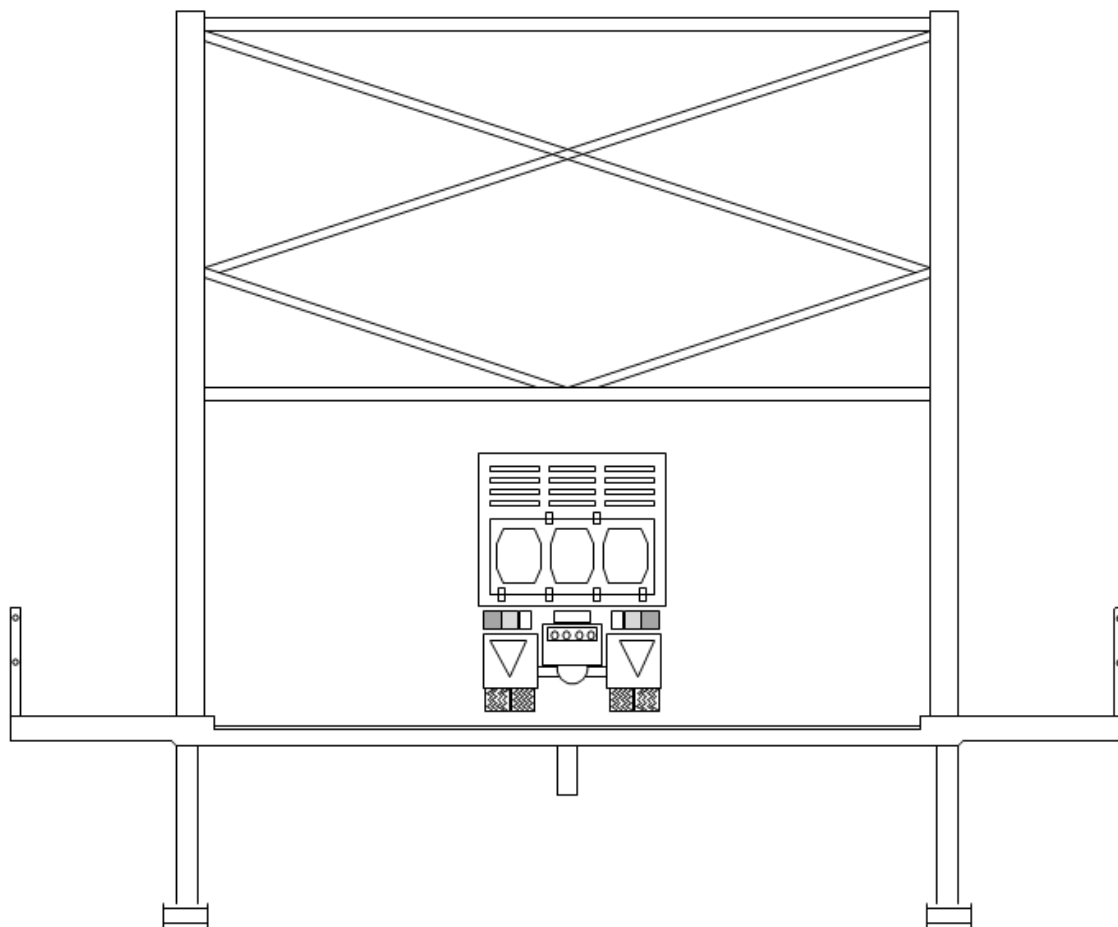
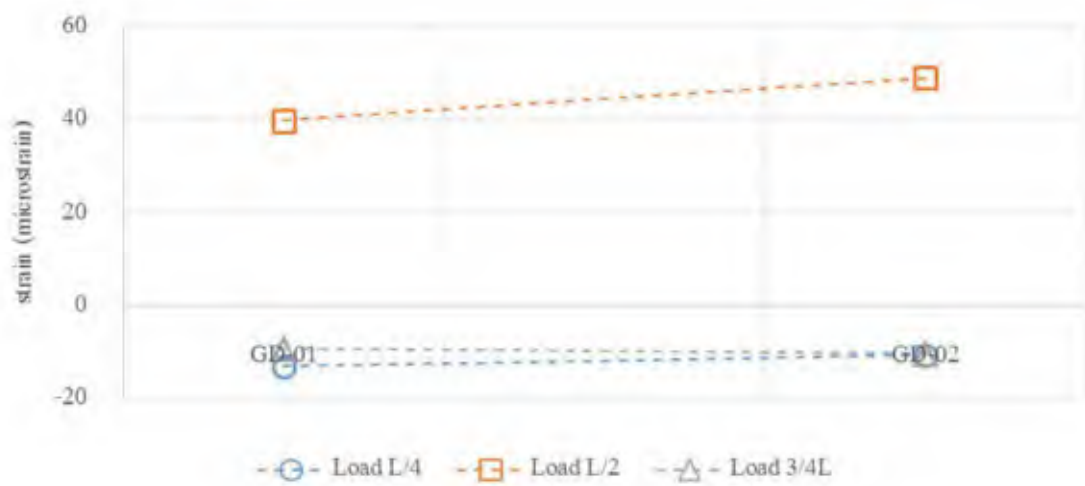


รูปที่ 6.12-6 การกระจายค่าความเครียดของเหล็กตามขวาง Static 2-1 สะพานช่วงที่ 8

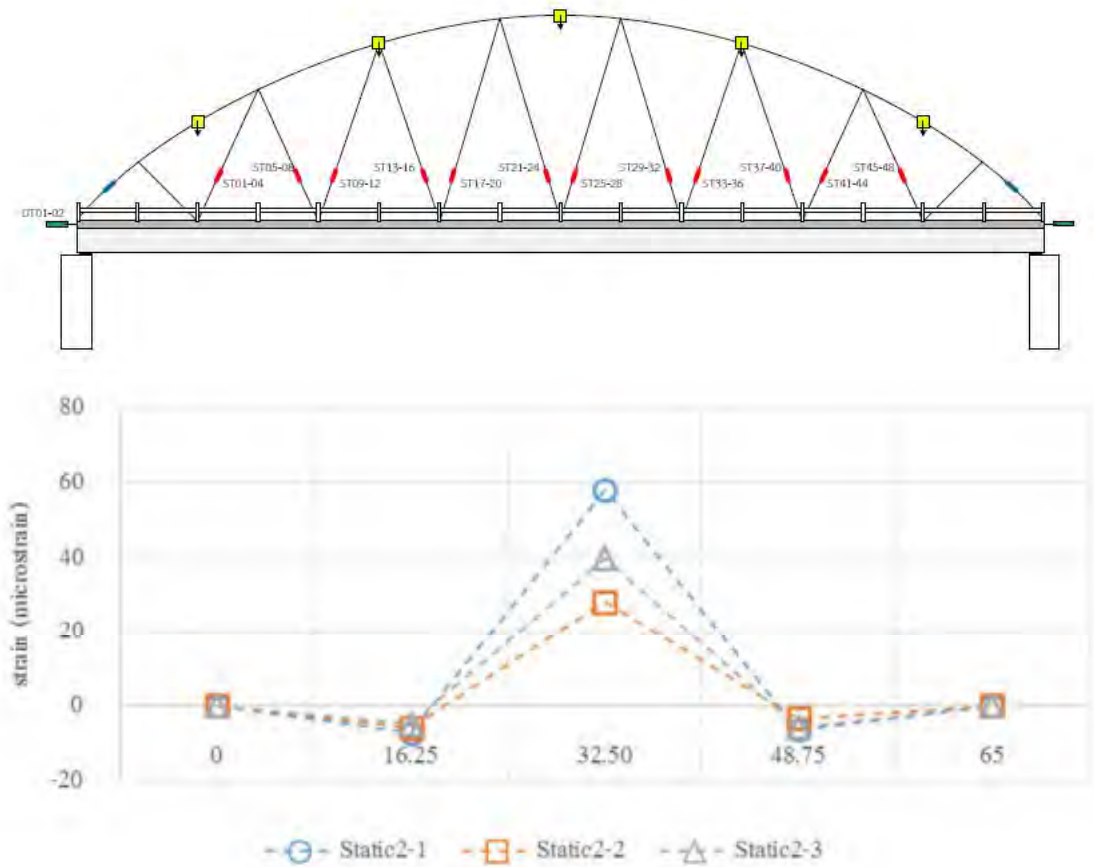




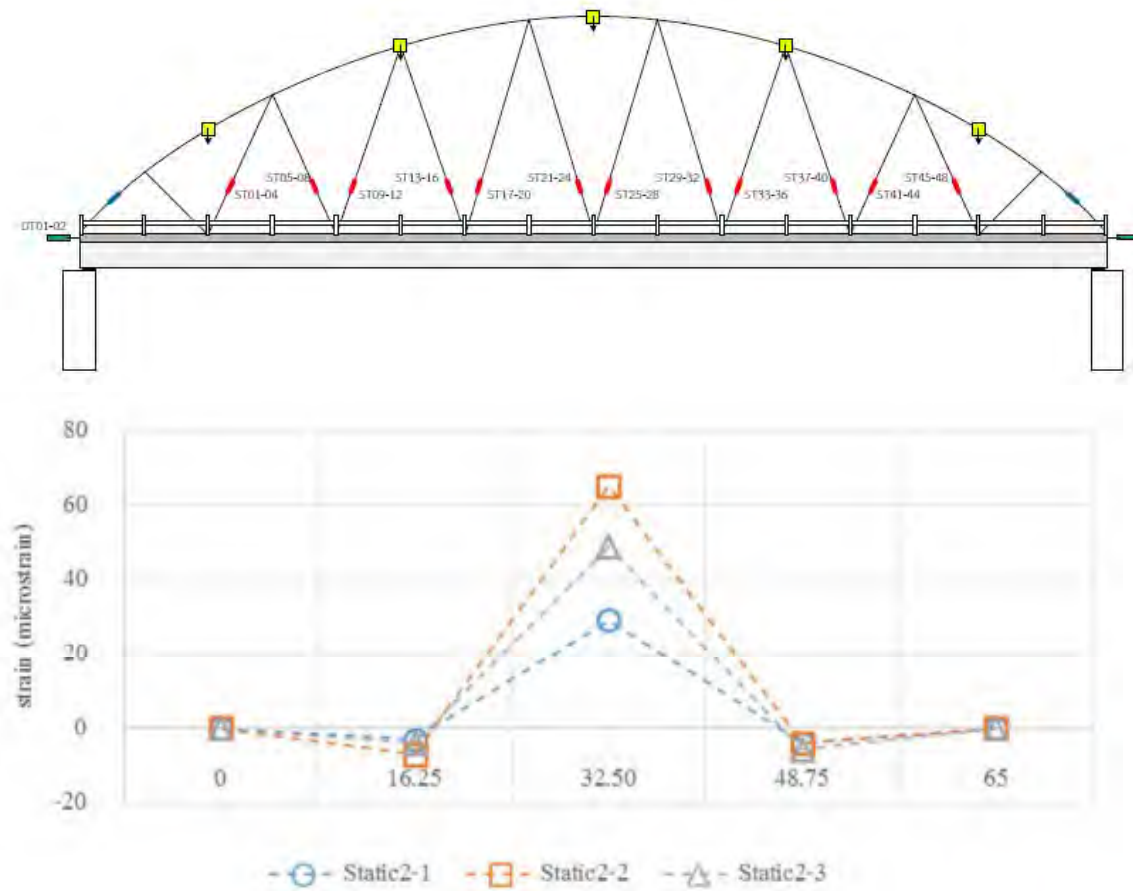
รูปที่ 6.12-7 การกระจายค่าความเครียดของเหล็กตามขวาง Static 2-2 สะพานช่วงที่ 8



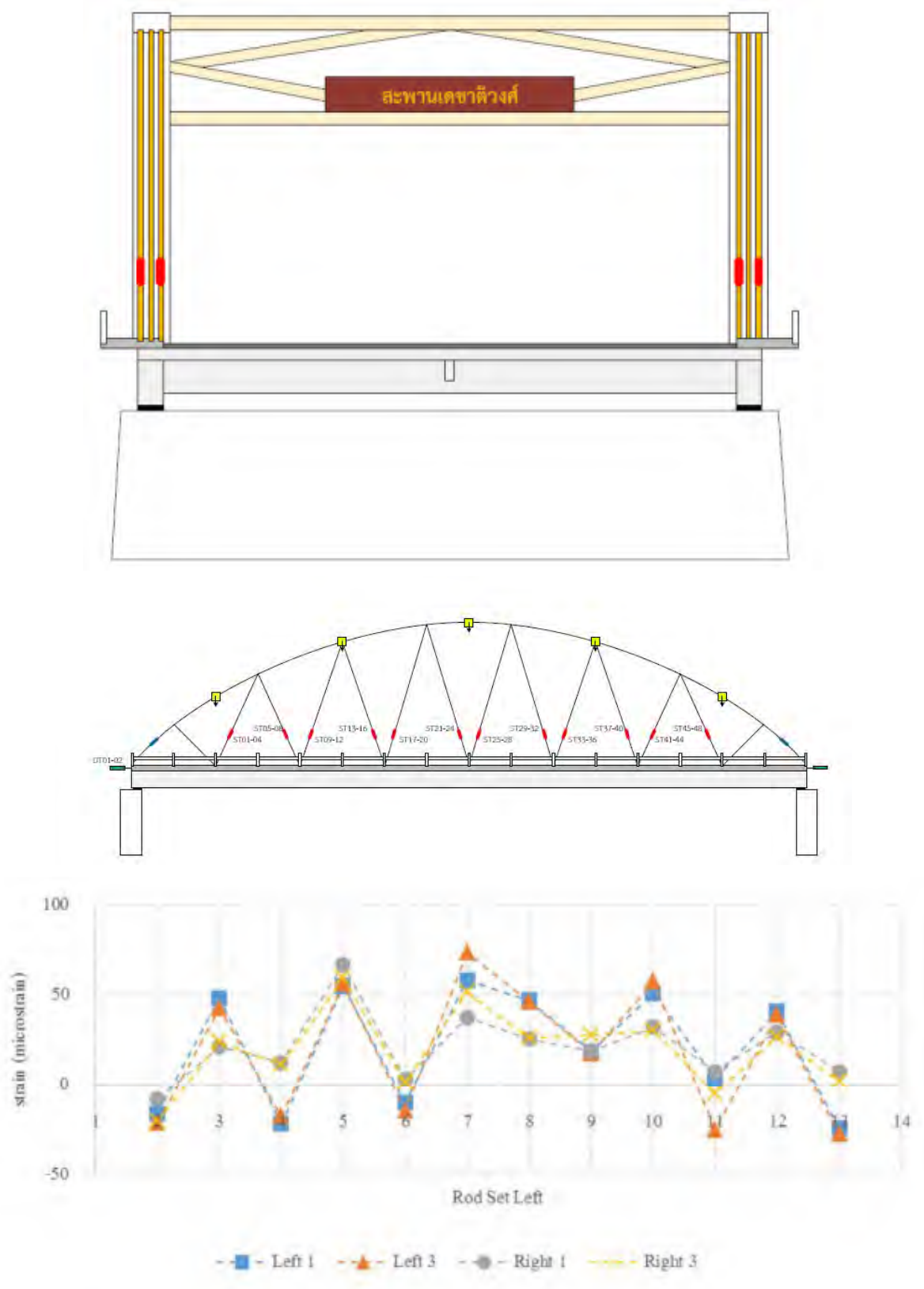
รูปที่ 6.12-8 การกระจายค่าความเครียดของเหล็กตามขวาง Static 2-3 สะพานช่วงที่ 8



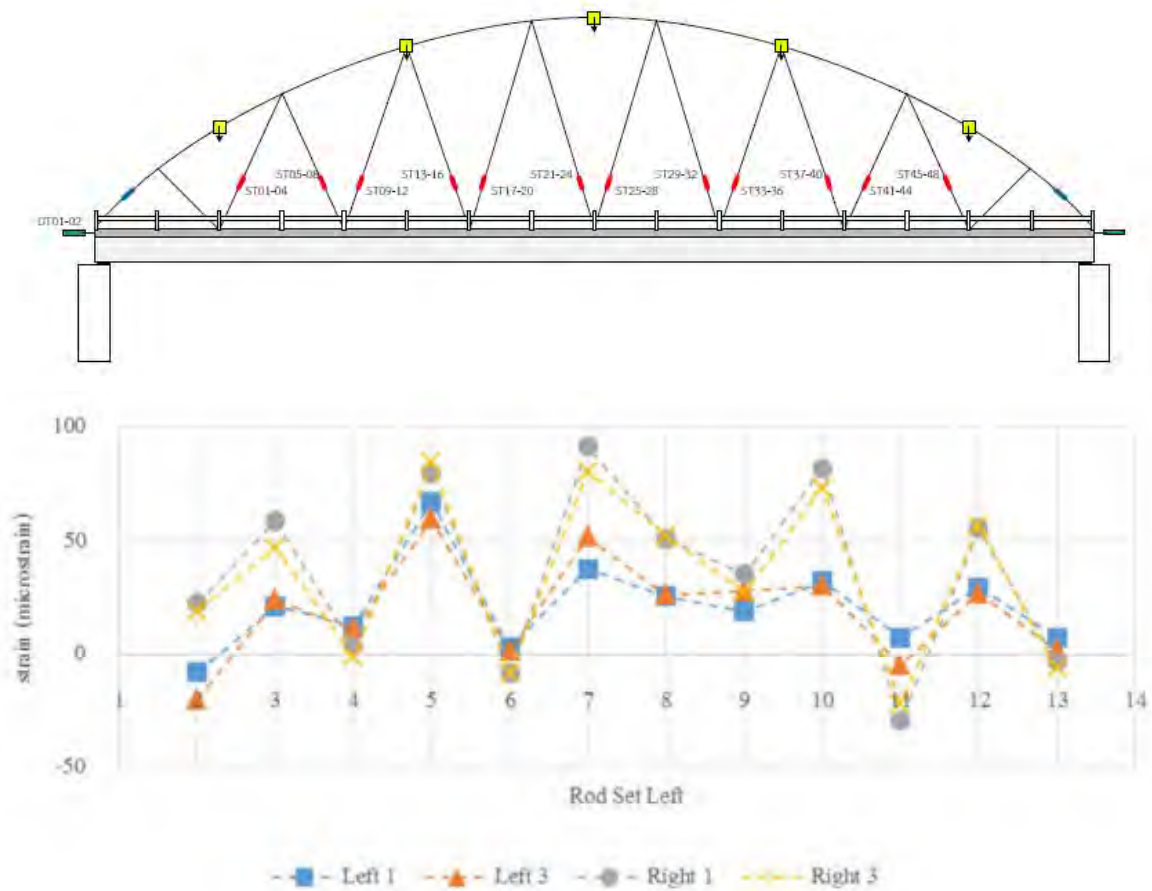
รูปที่ 6.12-9 การกระจายค่าความเครียดของเหล็กตามยาว GD1 สะพานช่วงที่ 8



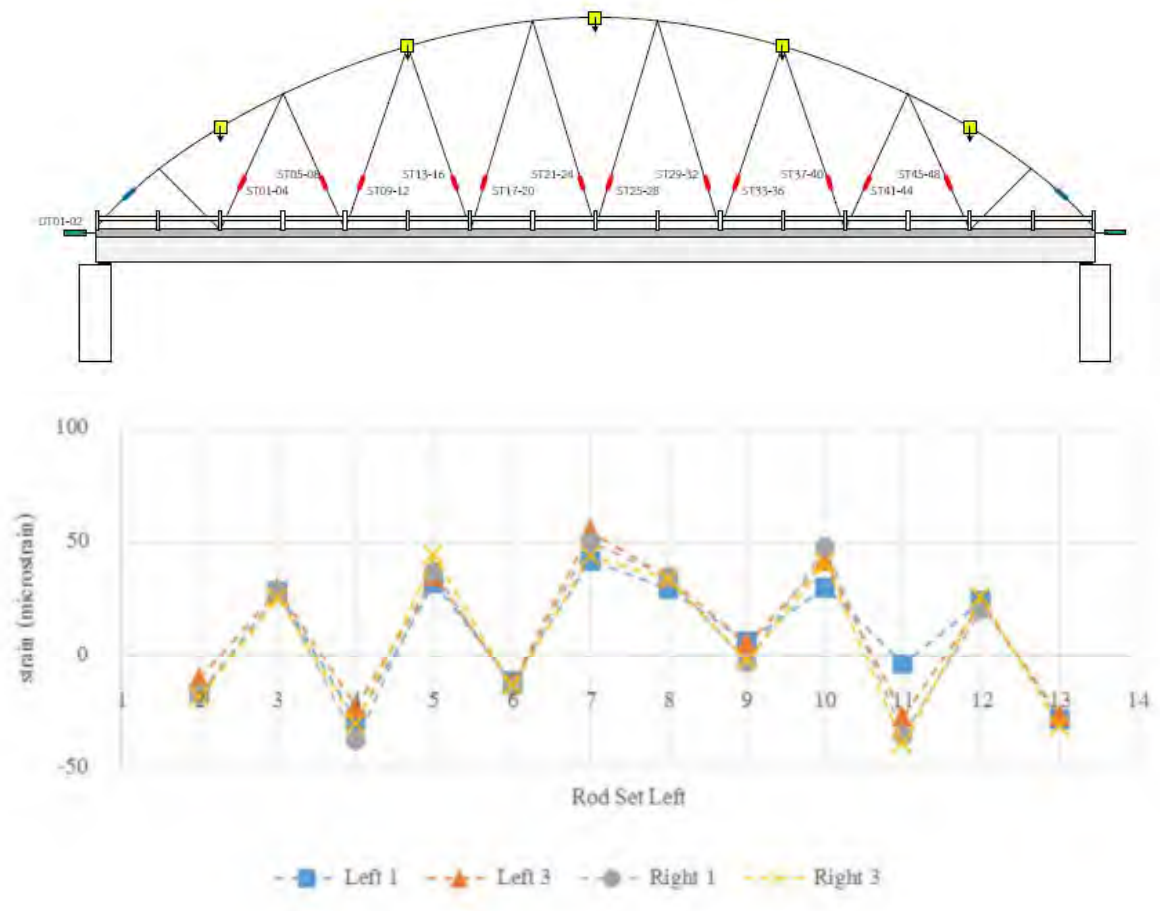
รูปที่ 6.12-10 การกระจายค่าความเครียดของเหล็กตามยาว GD2 สะพานช่วงที่ 8



รูปที่ 6.12-11 การกระจายค่าความเครียดของ Rod Set ทดสอบแบบสถิต Static 2-1
สะพานช่วงที่ 8



รูปที่ 6.12-12 การกระจายค่าความเครียดของ Rod Set ทดสอบแบบสถิต Static 2-2
สะพานช่วงที่ 8



รูปที่ 6.12-13 การกระจายค่าความเครียดของ Rod Set ทดสอบแบบสถิต Static 2-3
สะพานช่วงที่ 8

6.12.6. รูปแบบการทดสอบแบบพลวัต

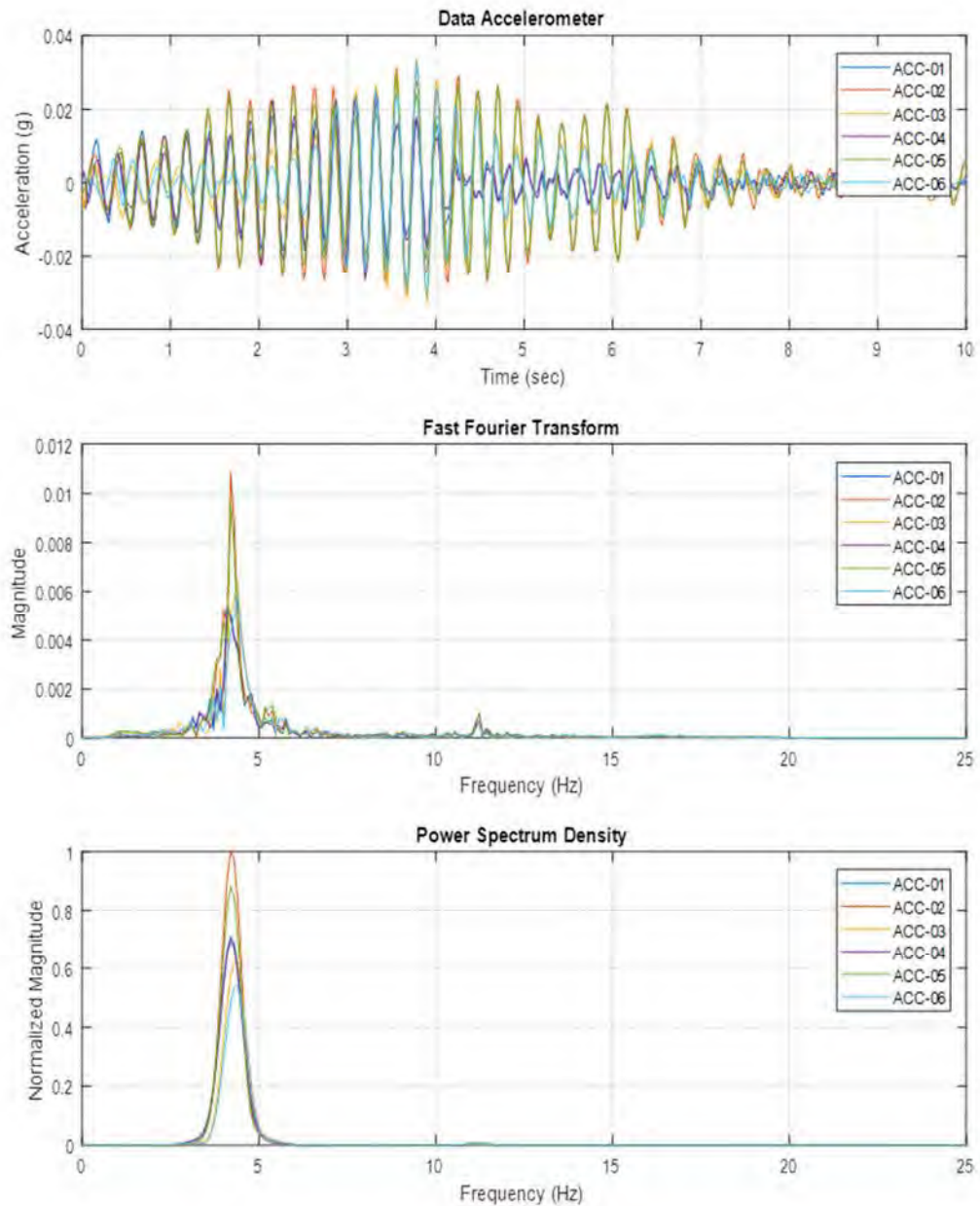
การทดสอบแบบพลวัต (Dynamic Test) เป็นการทดสอบโดยใช้รถบรรทุกน้ำหนัก หลายรูปแบบ โดยมีรายละเอียดดังนี้

- Dynamic 1 : ทดสอบด้วยรถบรรทุกน้ำหนัก วิ่งด้วยความเร็ว 20 กม./ชม. กึ่งกลางสะพาน
- Dynamic 2 : ทดสอบด้วยรถบรรทุกน้ำหนัก วิ่งด้วยความเร็ว 30 กม./ชม. กึ่งกลางสะพาน
- Dynamic 3 : ทดสอบด้วยรถบรรทุกน้ำหนัก วิ่งด้วยความเร็ว 50 กม./ชม. กึ่งกลางสะพาน

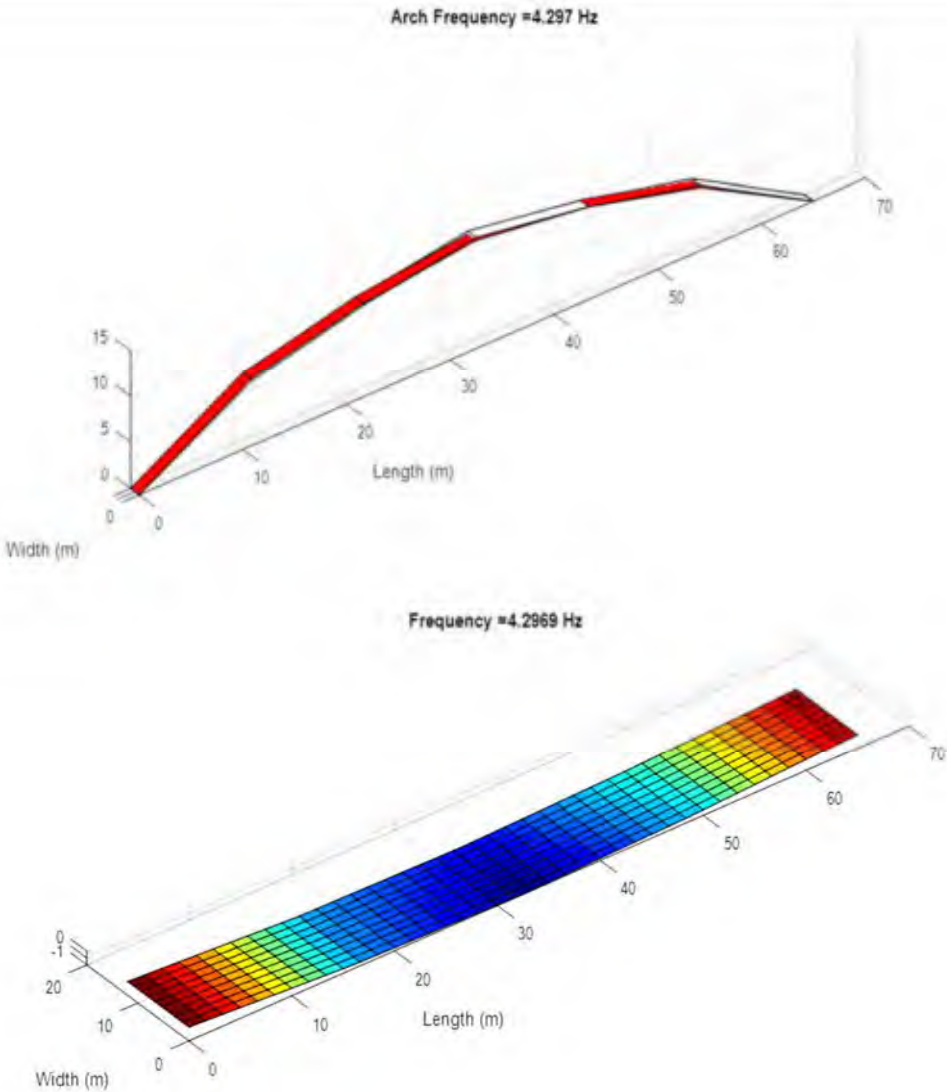


6.12.7. ผลการตรวจวัดพฤติกรรมแบบพลวัต

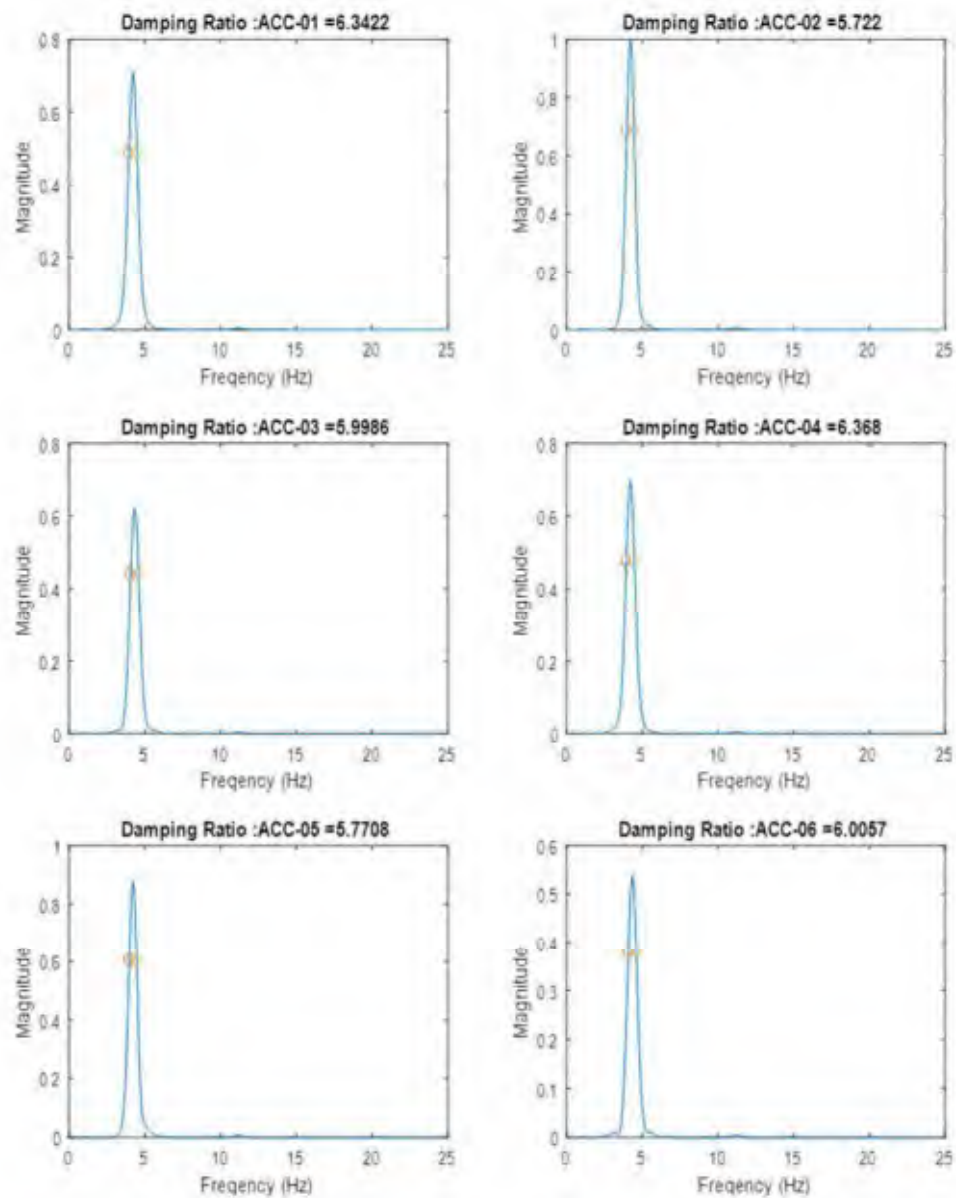
Dynamic Load Test 1 : 20 km/hr



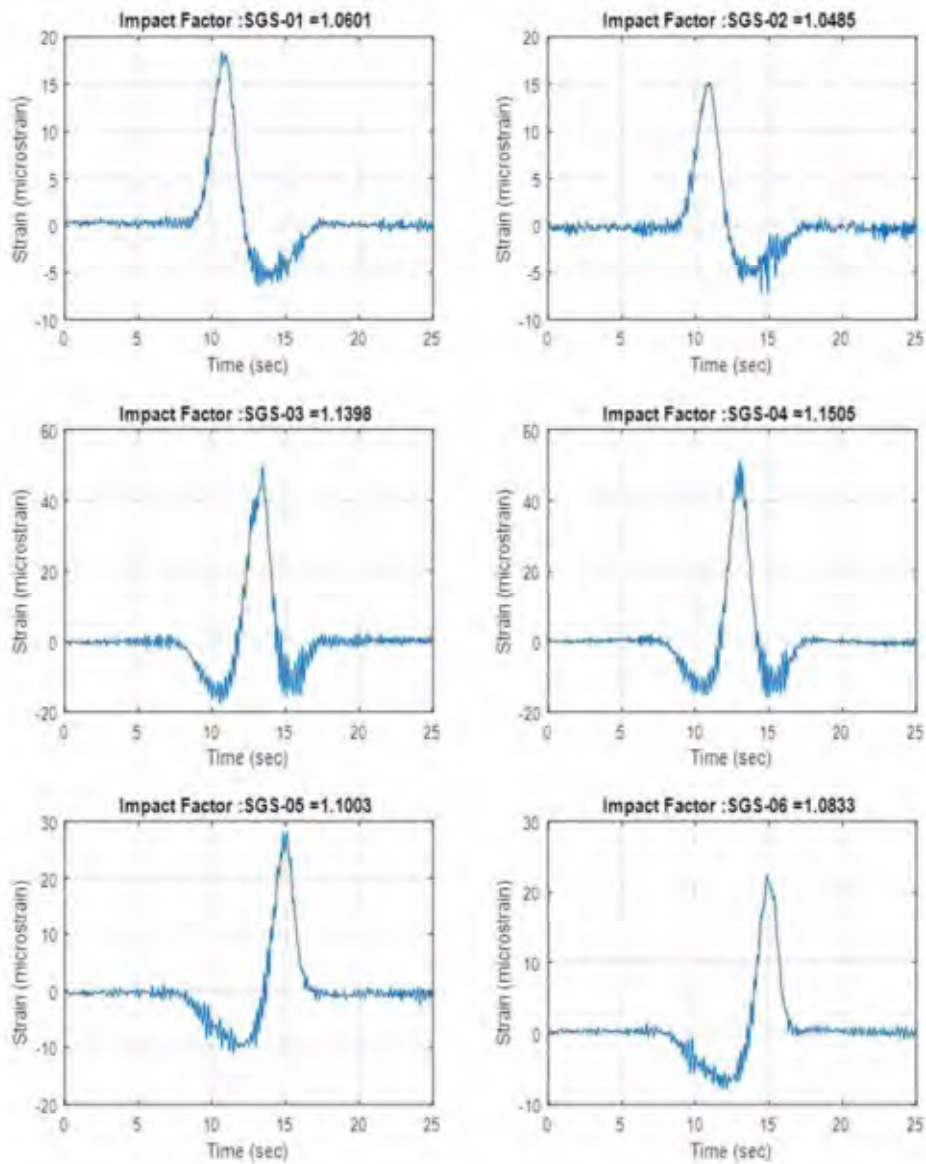
Dynamic Load Test 1 : 20 km/hr



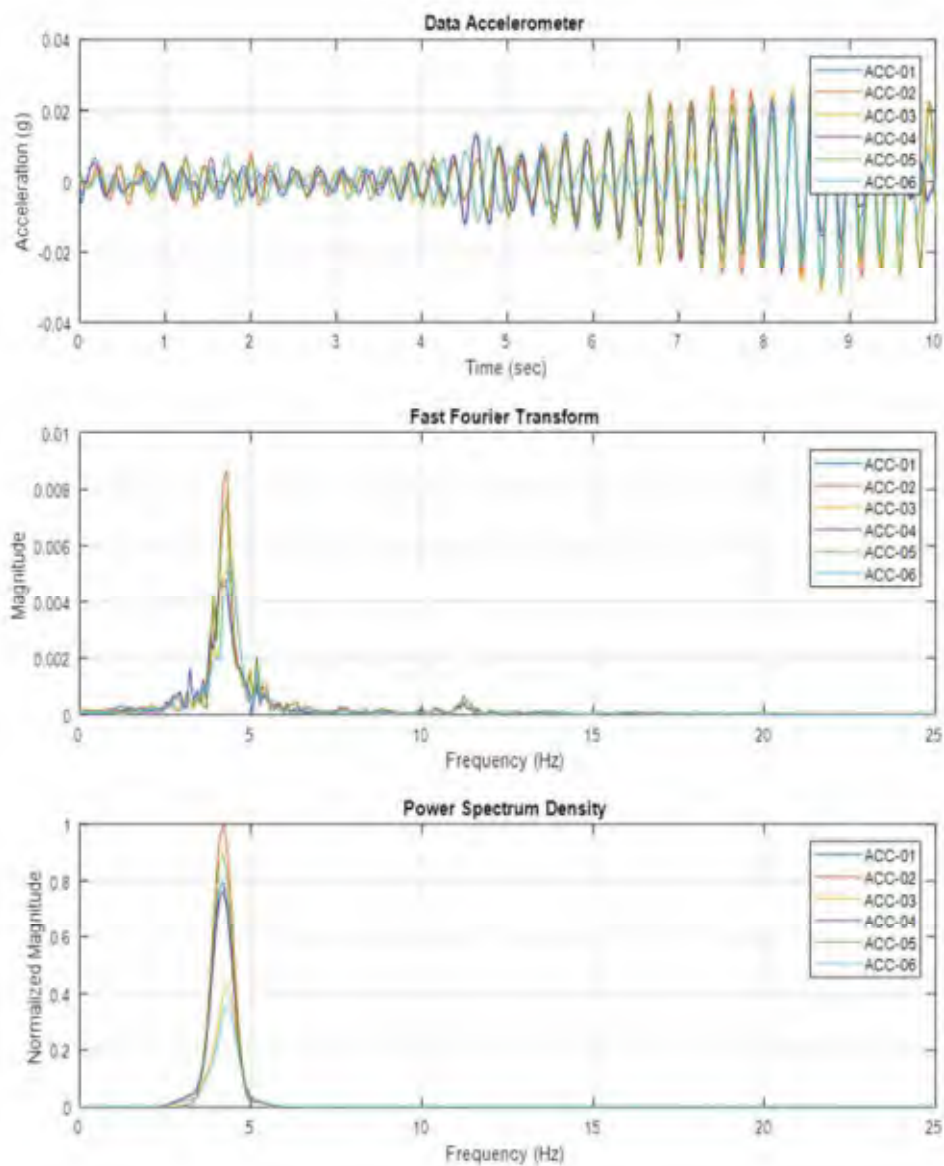
Dynamic Load Test 1 : 20 km/hr



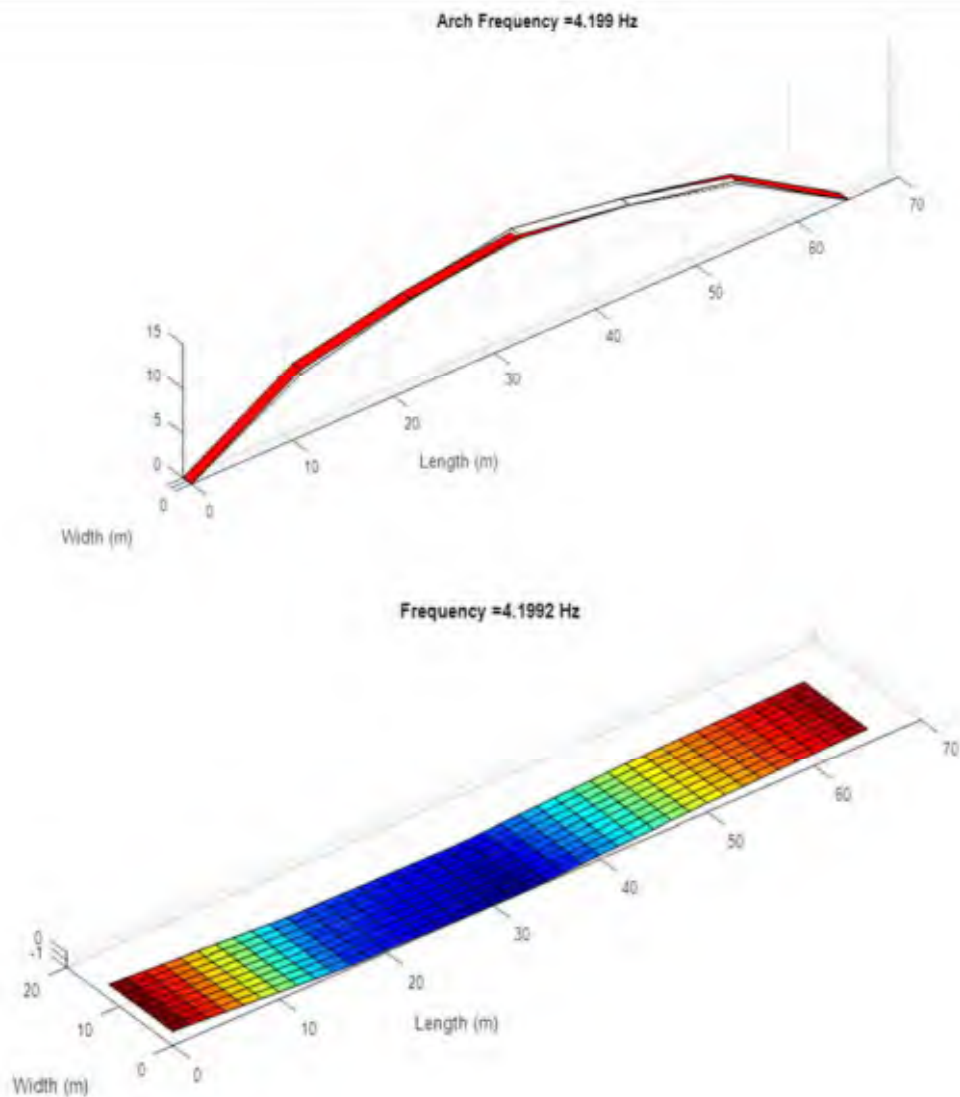
Dynamic Load Test 1 : 20 km/hr



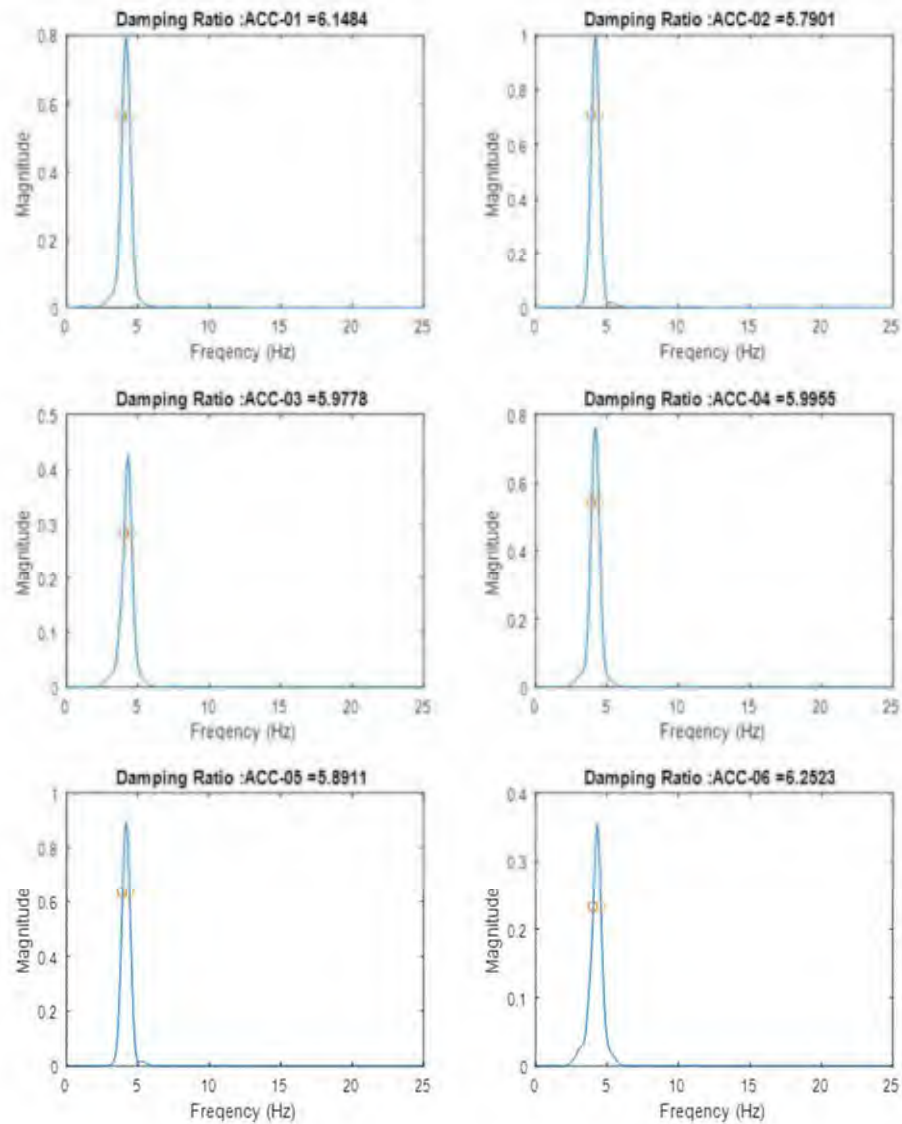
Dynamic Load Test 2 : 30 km/hr



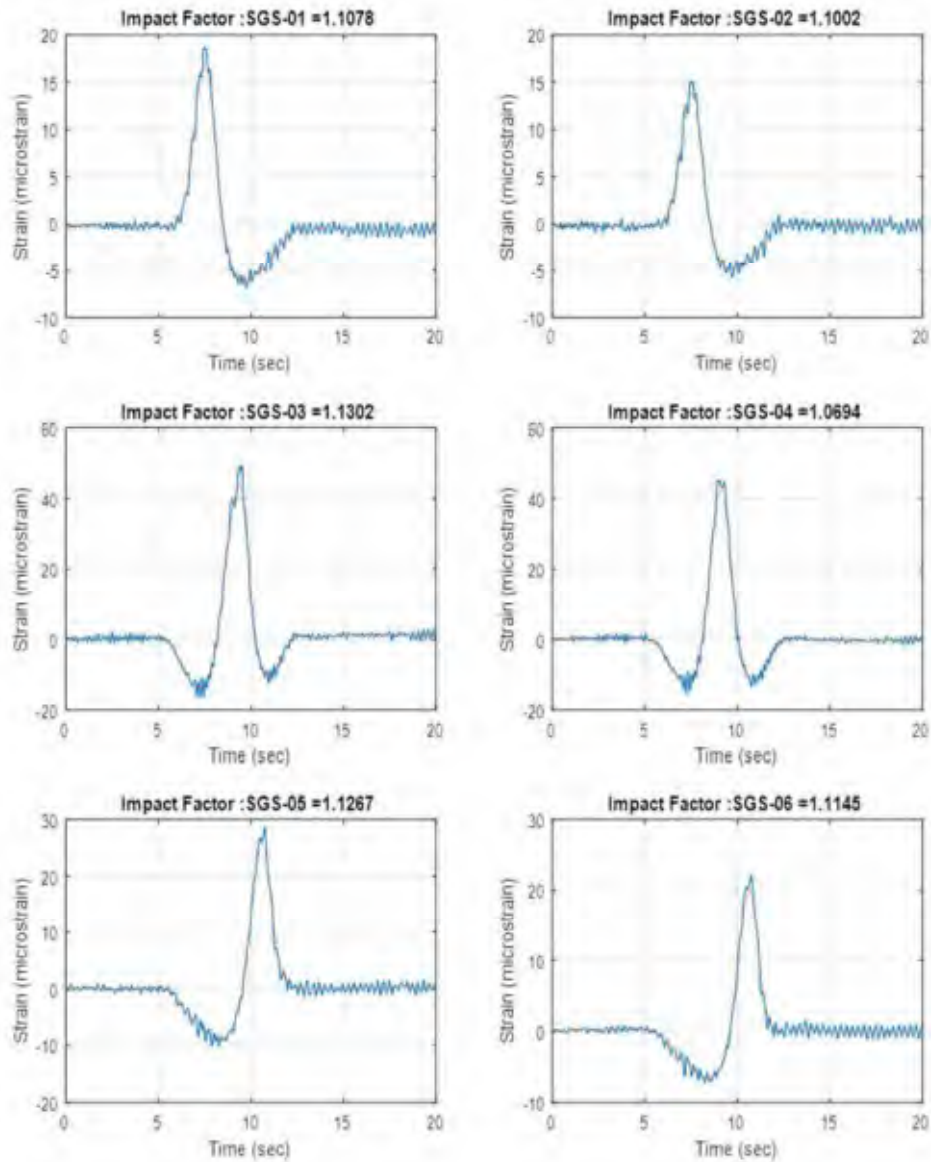
Dynamic Load Test 2 : 30 km/hr



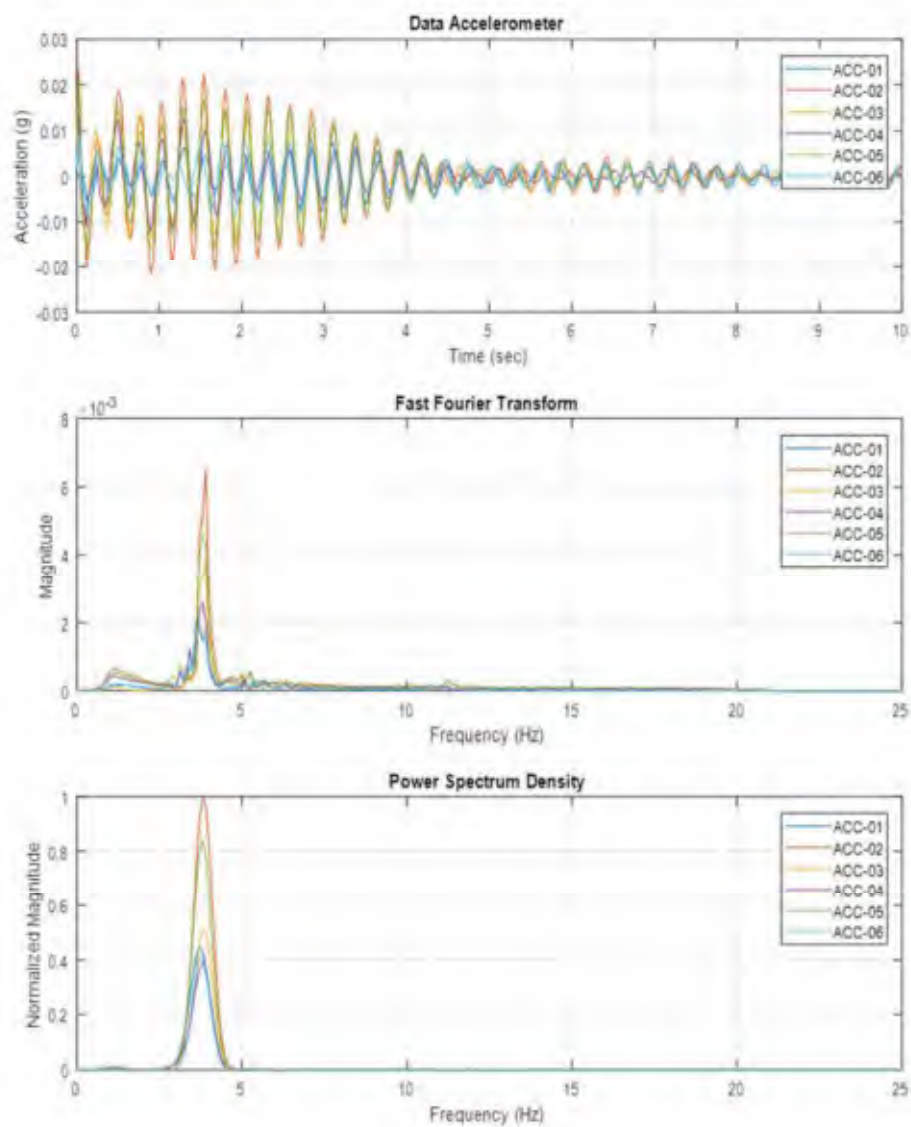
Dynamic Load Test 2 : 30 km/hr



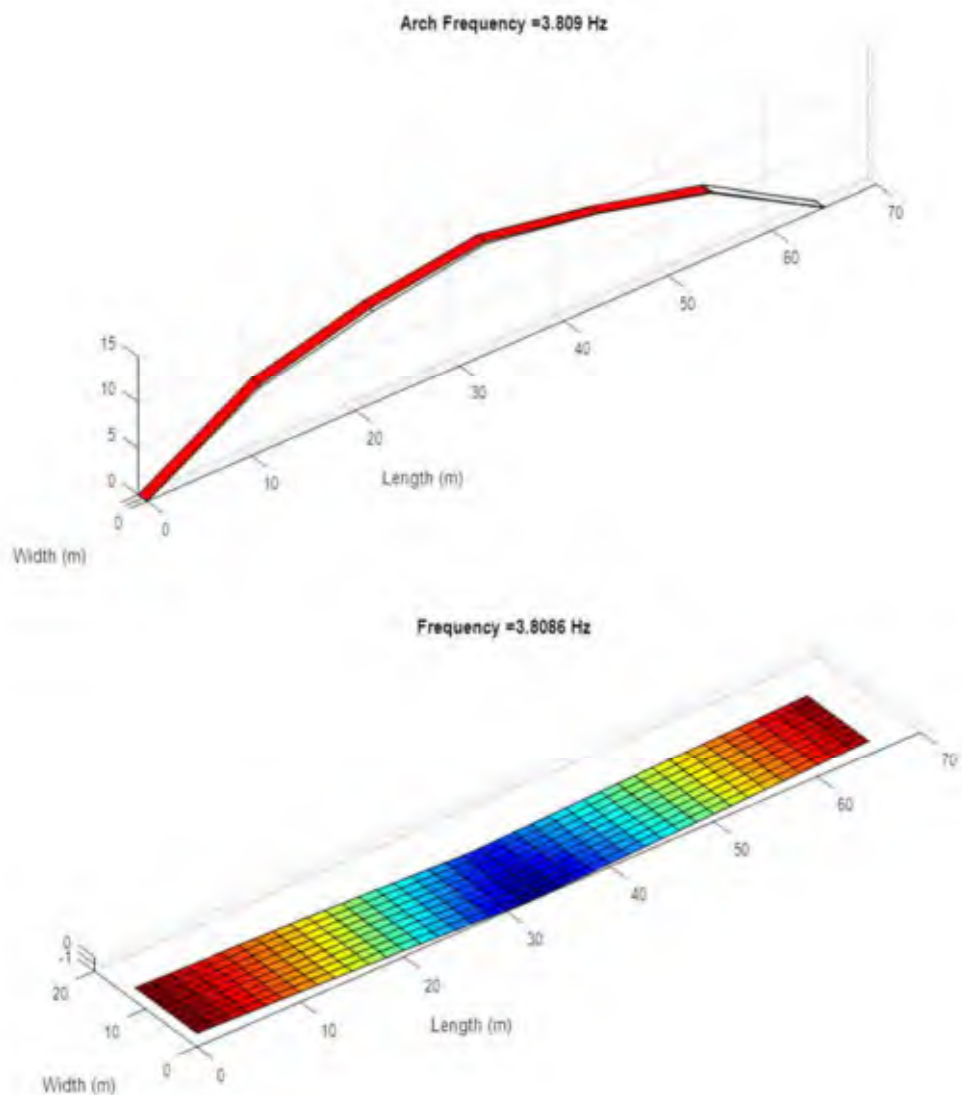
Dynamic Load Test 2 : 30 km/hr



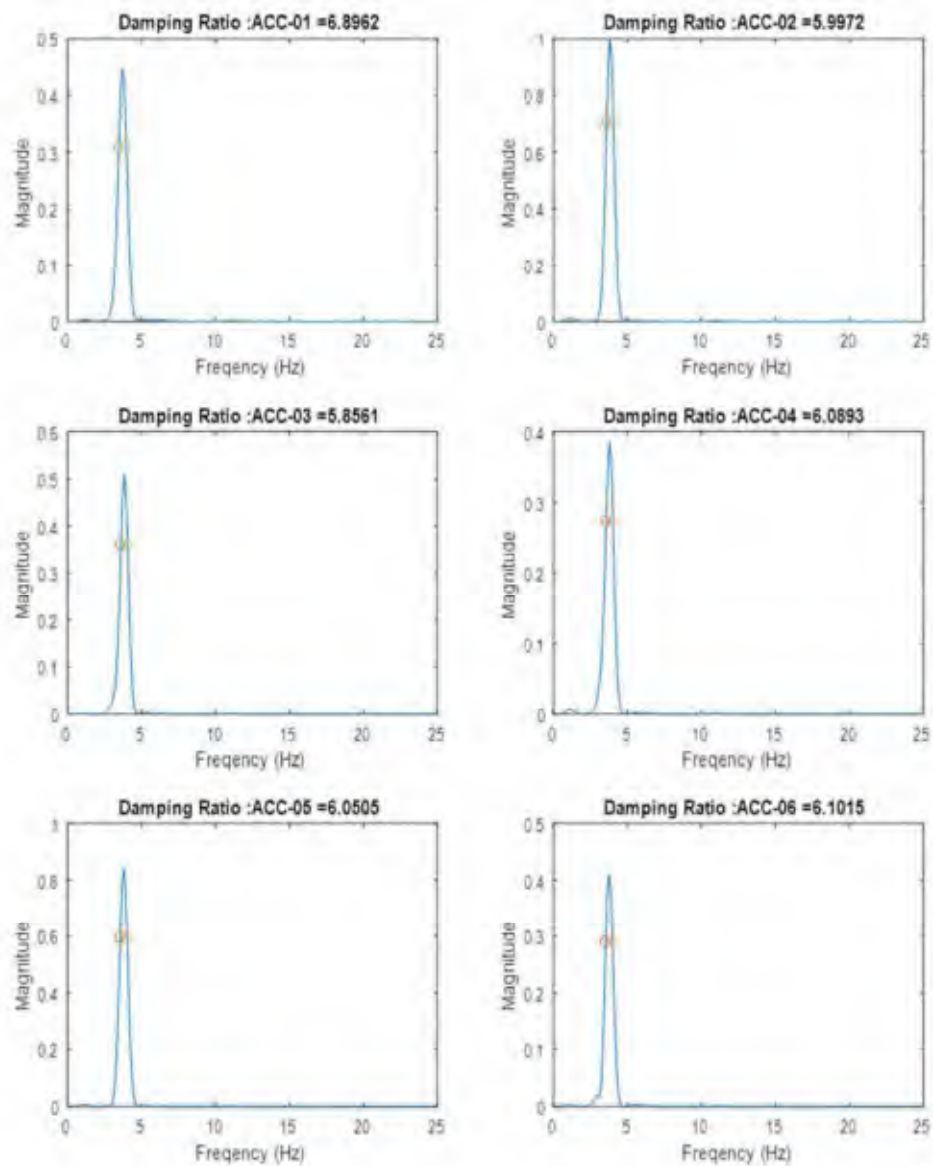
Dynamic Load Test 3 : 40 km/hr



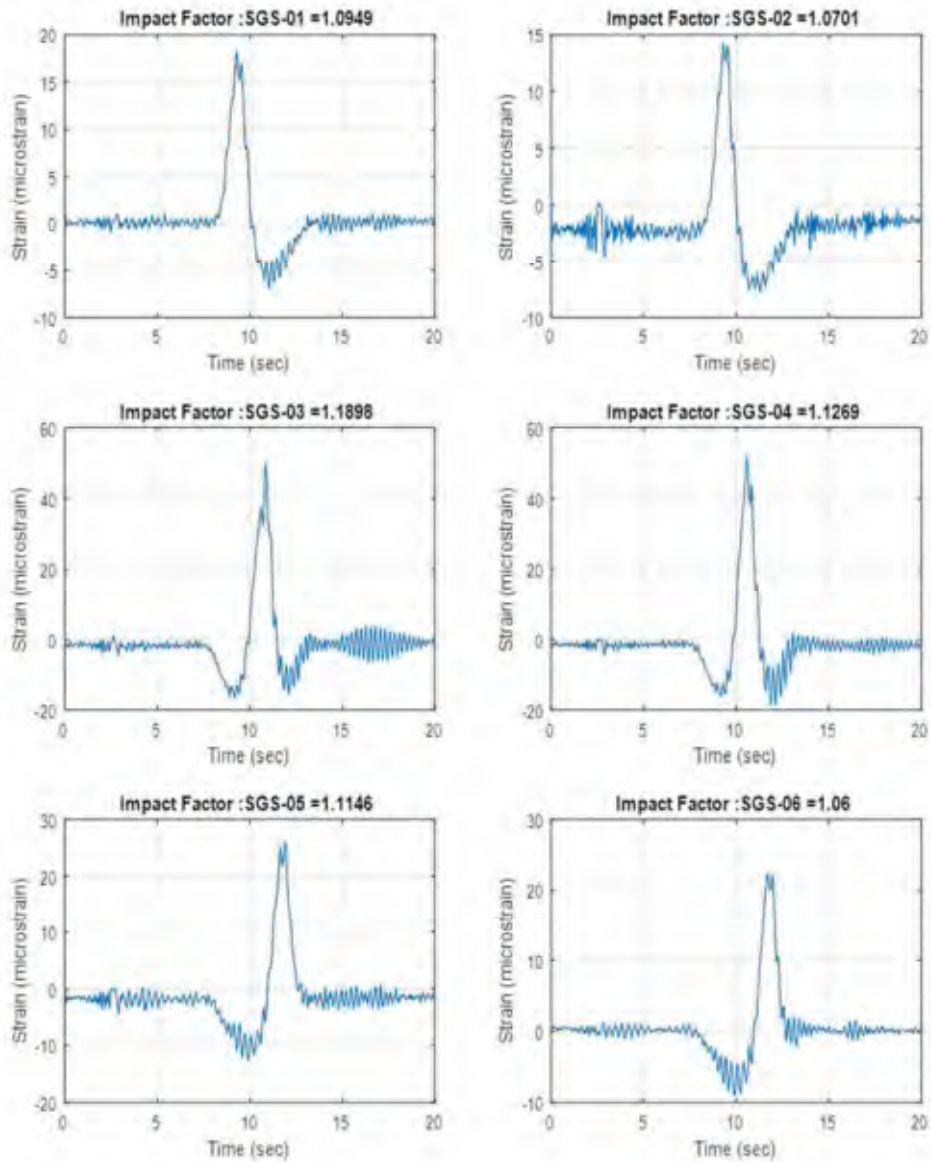
Dynamic Load Test 3 : 40 km/hr



Dynamic Load Test 3 : 40 km/hr



Dynamic Load Test 3 : 40 km/hr



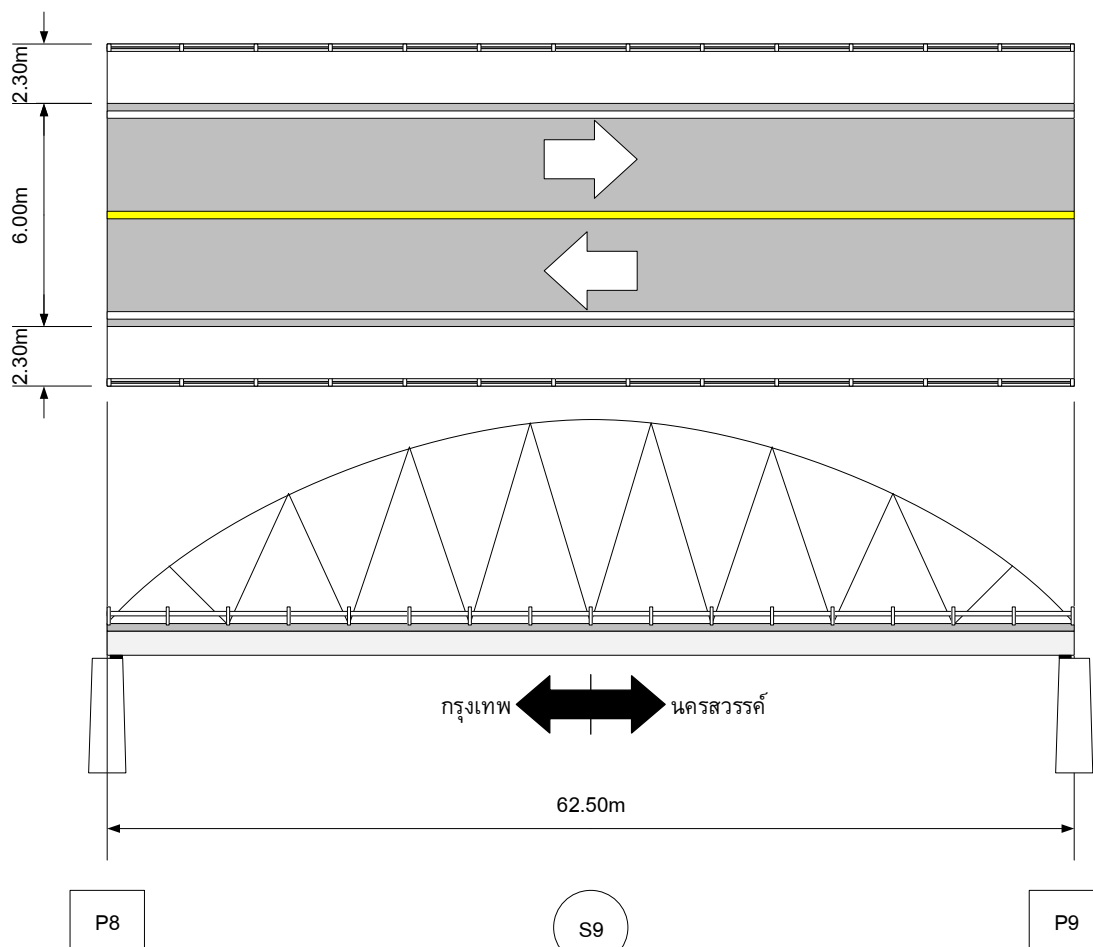
ตารางที่ 6.12-10 ผลการวิเคราะห์ Natural Frequency, Mode Shape, Damping Ratio และ Impact Factor

Dynamic Case	Speed (km/h)	Frequency (Hz)	Mode Shape (1st Mode)	Damping Ratio (%)	Impact Factor (IM)
Dynamic1	20	4.297	Bending Mode	5.722 - 6.368	1.048 - 1.151
Dynamic2	30	4.199	Bending Mode	5.790 - 6.252	1.069 - 1.130
Dynamic3	40	3.809	Bending Mode	5.856 - 6.896	1.060 - 1.190

6.13 ผลการตรวจวัดพฤติกรรมสะพานช่วงที่ 9 (Span 9)

โครงการนี้ได้ดำเนินการตรวจวัดพฤติกรรมโครงสร้างสะพานช่วงที่ 9 (Span 9) ความยาวช่วงสะพานเท่ากับ 62.5 เมตร โดยทำการทดสอบสะพานภายใต้สภาวะควบคุม ประกอบด้วย การทดสอบแบบสถิต และการทดสอบแบบพลวัต เมื่อวันที่ 9 มิถุนายน 2563 ซึ่งมีรายละเอียดการตรวจวัดพฤติกรรมโครงสร้างสะพาน ดังนี้

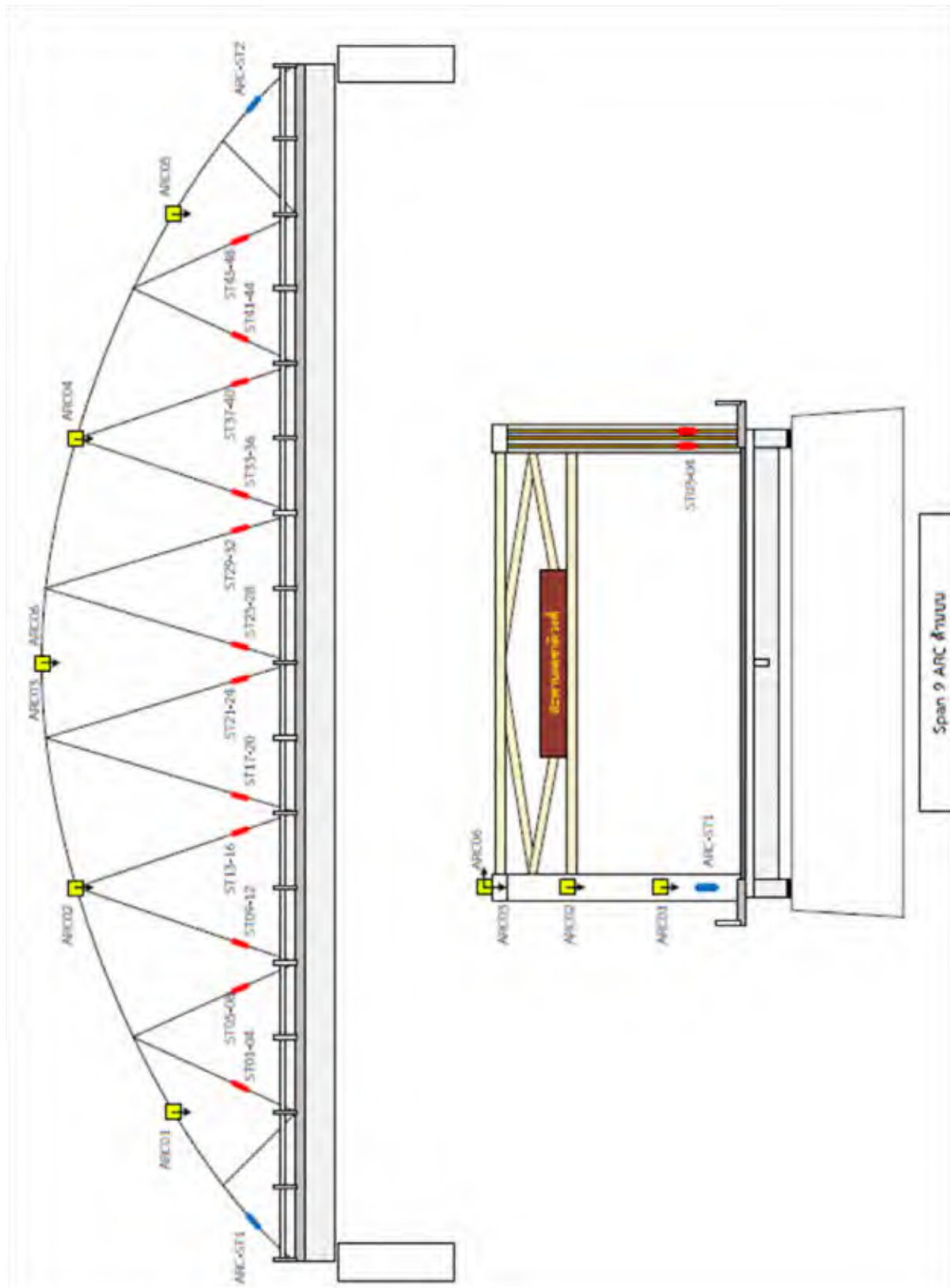
6.13.1. ช่วงสะพานทดสอบ



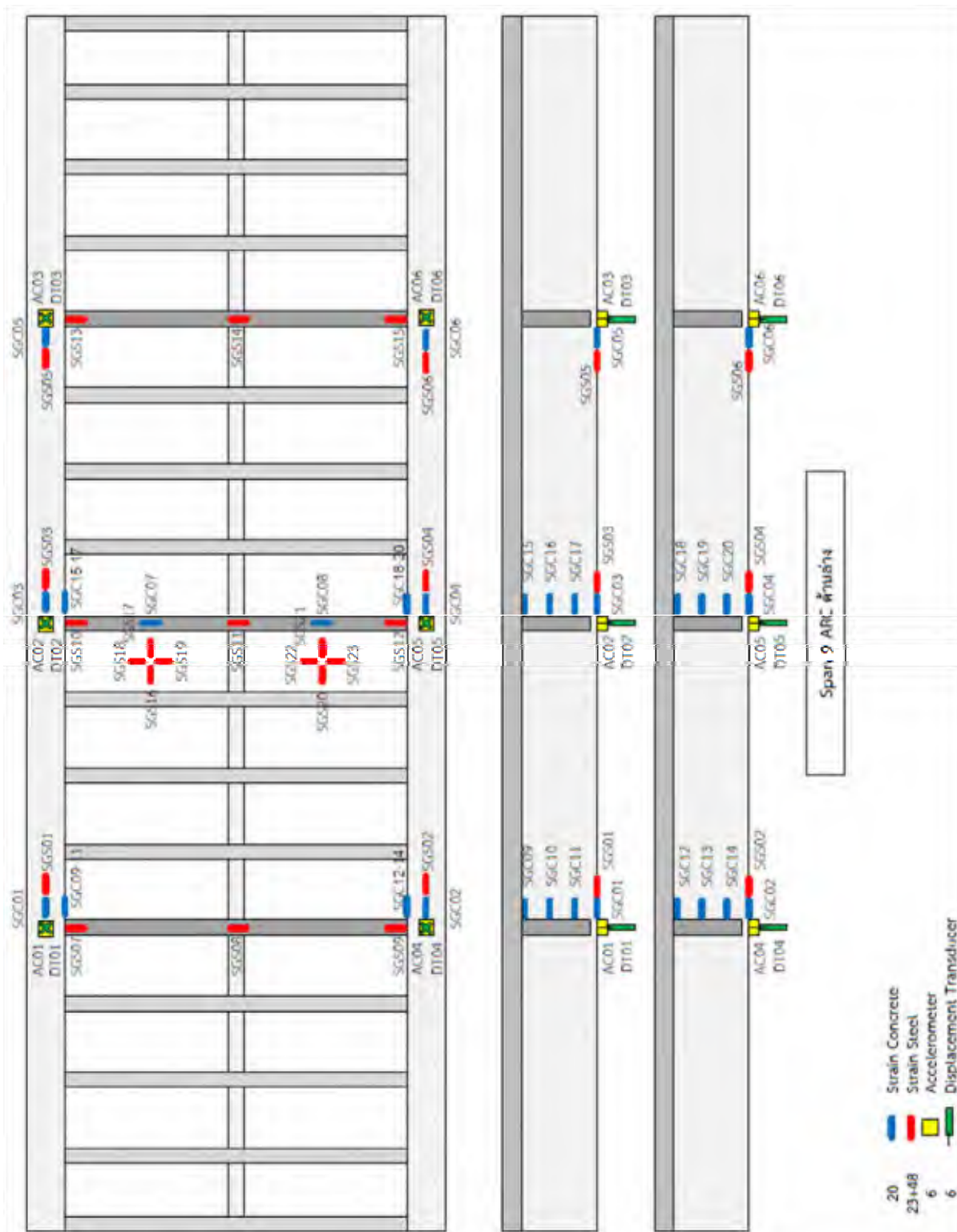
รูปที่ 6.13-1 ช่วงสะพานทดสอบ

6.13.2. ตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัด

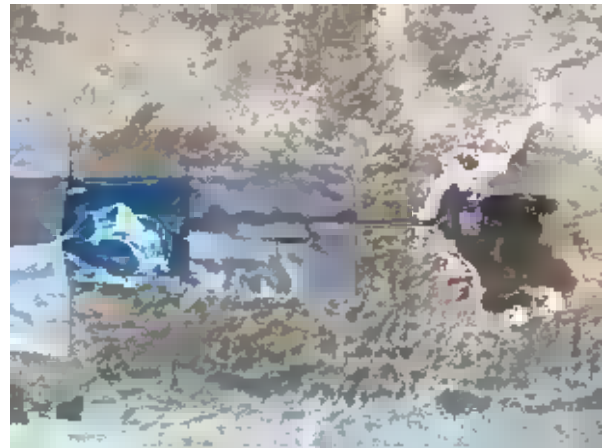
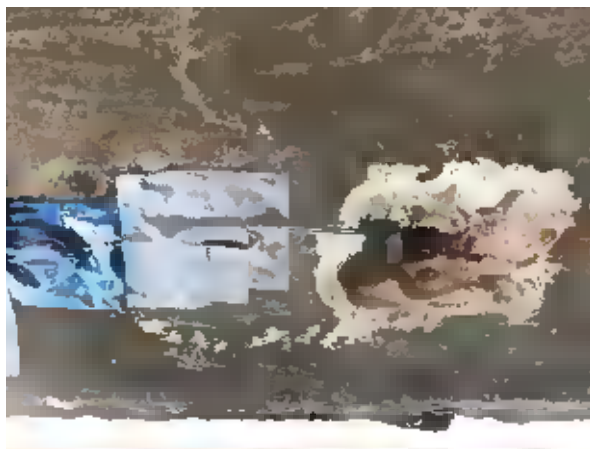
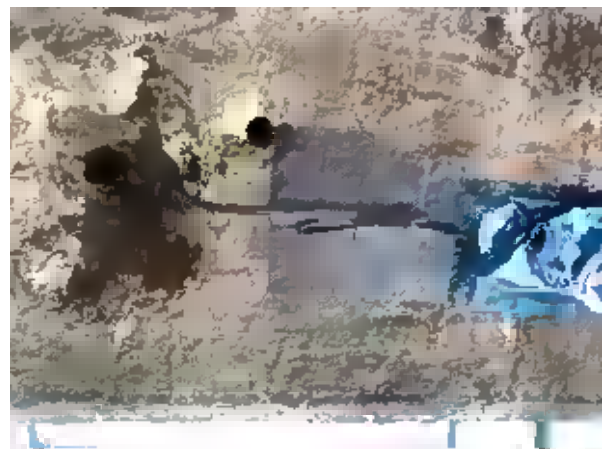
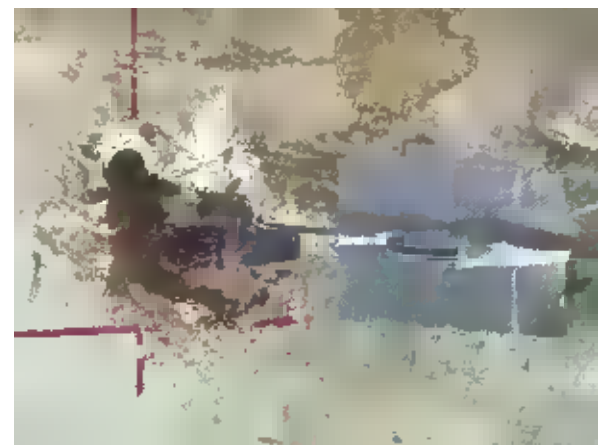
ในช่วงสะพานนี้ทำการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดความเครียดสำหรับคอนกรีต (Strain Gauge Concrete) จำนวน 20 ตำแหน่ง อุปกรณ์ตรวจวัดความเครียดสำหรับเหล็ก (Strain Gauge Steel) จำนวน 23 ตำแหน่ง อุปกรณ์ตรวจวัดการเคลื่อนที่ (Displacement Transducer) จำนวน 6 ตำแหน่ง และอุปกรณ์ตรวจวัดความเร่งจากการสั่นไหว (Accelerometer) จำนวน 12 ตำแหน่ง โดยมีรายละเอียดดังนี้



รูปที่ 6.13-2 ตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดด้านบน



รูปที่ 6.5-2 ตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดด้านล่าง (ต่อ)



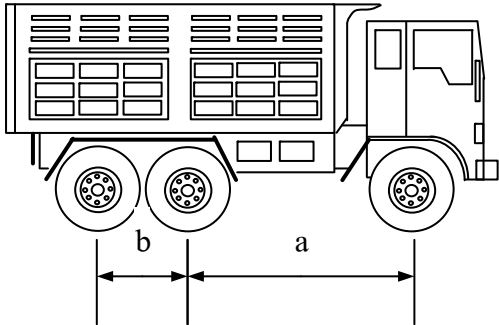
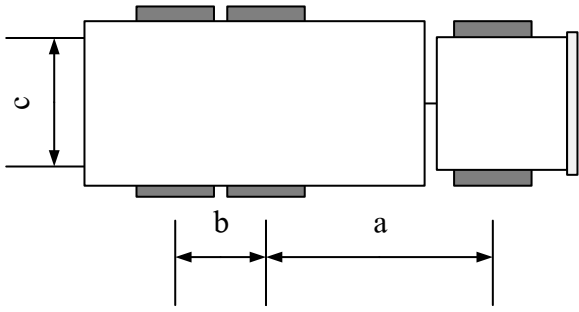
รูปที่ 6.13-3 ภาพการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดสะพานช่วงที่ 9 (Span 9)

6.13.3. น้ำหนักบรรทุกทดสอบ

ในช่วงสะพานนี้ได้ใช้รถบรรทุก 10 ล้อ จำนวน 2 คัน ประกอบด้วย รถบรรทุกเปล่าน้ำหนักรวมประมาณ 10 ตัน และรถบรรทุกน้ำหนักรวมประมาณ 18 ตัน ทดสอบสะพานภายใต้สภาวะควบคุม โดยมีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 6.13-1 น้ำหนักบรรทุกทดสอบ

คันที่	1	2
ประเภท	รถบรรทุกเปล่า (81-5301)	รถบรรทุกน้ำหนัก (81-5222)
น้ำหนักรถบรรทุก (ตัน)	10.570	18.280
ระยะเพลลาที่ 1 ถึง 2 (a, เมตร)	3.90	4.10
ระยะเพลลาที่ 2 ถึง 3 (b, เมตร)	1.30	1.30
ความกว้างฐานล้อ (c, เมตร)	1.90	1.90



รูปที่ 6.13-4 รถบรรทุกทดสอบ

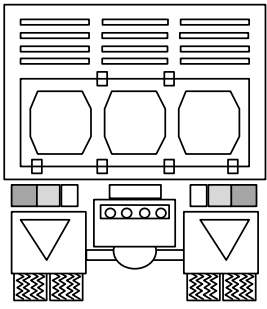
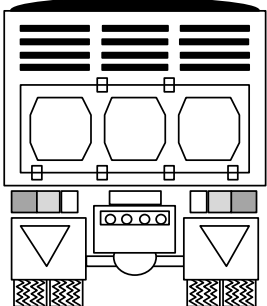


6.13.4. รูปแบบการทดสอบแบบสถิต

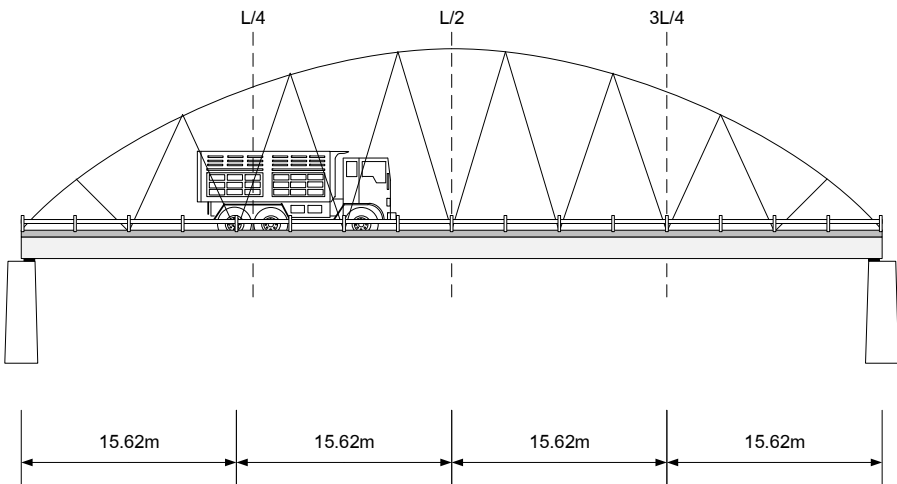
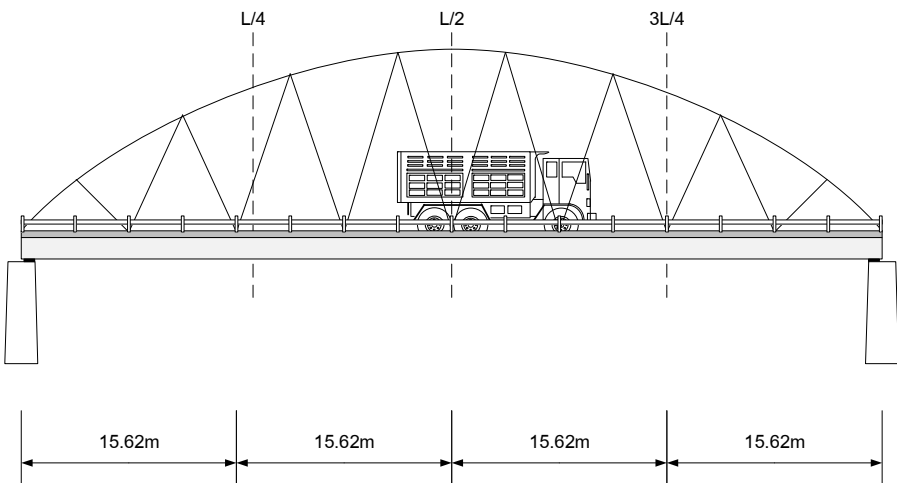
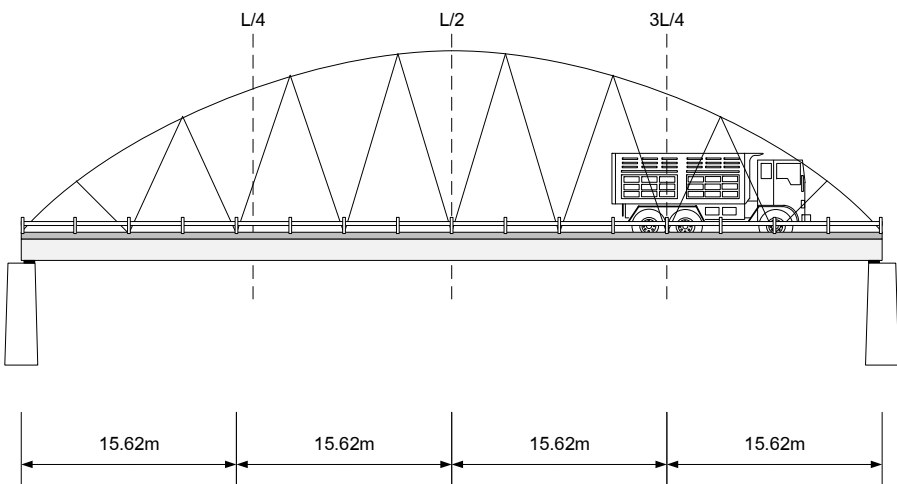
การทดสอบแบบสถิต (Static Test) ประกอบด้วย การทดสอบด้วยรถบรรทุกเปล่าและรถบรรทุกน้ำหนัก หลายรูปแบบโดยมีรายละเอียดดังนี้

- Static 1-1 : ทดสอบด้วยรถบรรทุกเปล่า จอดตามตำแหน่ง L/4, L/2, 3L/4 ของความยาวช่วงระหว่างตอม่อ ในช่องจราจรทางซ้าย
- Static 1-2 : ทดสอบด้วยรถบรรทุกเปล่า จอดตามตำแหน่ง L/4, L/2, 3L/4 ของความยาวช่วงระหว่างตอม่อ ในช่องจราจรทางขวา
- Static 1-3 : ทดสอบด้วยรถบรรทุกเปล่า จอดตามตำแหน่ง L/4, L/2, 3L/4 ของความยาวช่วงระหว่างตอม่อ กึ่งกลางสะพาน
- Static 2-1 : ทดสอบด้วยรถบรรทุกน้ำหนัก จอดตามตำแหน่ง L/4, L/2, 3L/4 ของความยาวช่วงระหว่างตอม่อ ในช่องจราจรทางซ้าย
- Static 2-2 : ทดสอบด้วยรถบรรทุกน้ำหนัก จอดตามตำแหน่ง L/4, L/2, 3L/4 ของความยาวช่วงระหว่างตอม่อ ในช่องจราจรทางขวา
- Static 2-3 : ทดสอบด้วยรถบรรทุกน้ำหนัก จอดตามตำแหน่ง L/4, L/2, 3L/4 ของความยาวช่วงระหว่างตอม่อ กึ่งกลางสะพาน

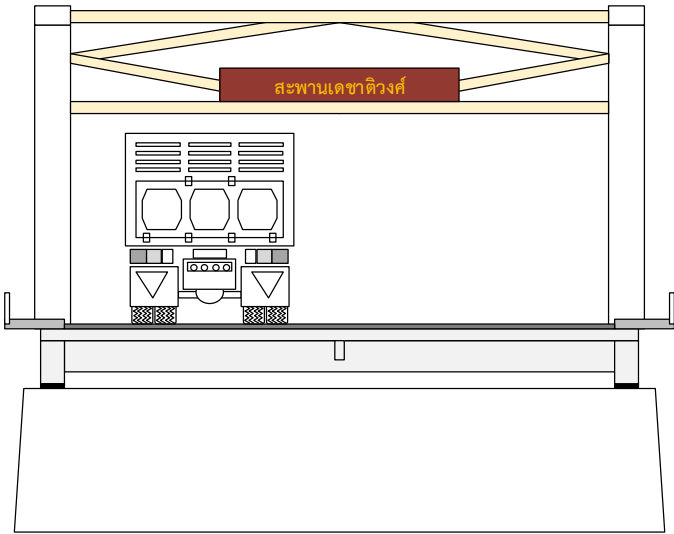
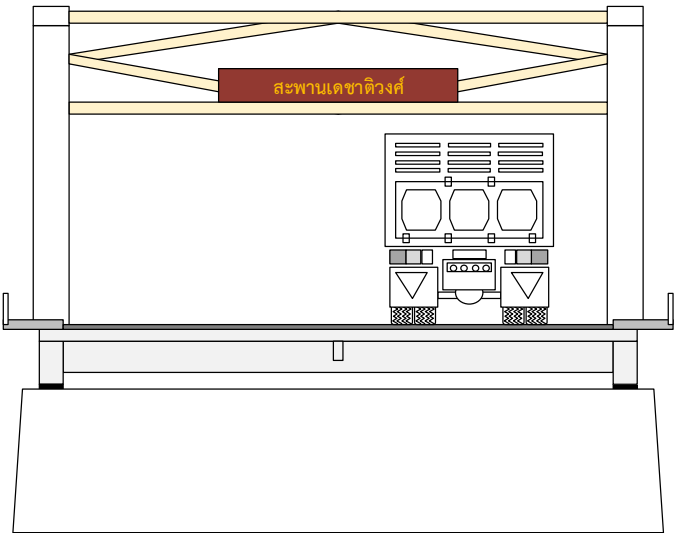
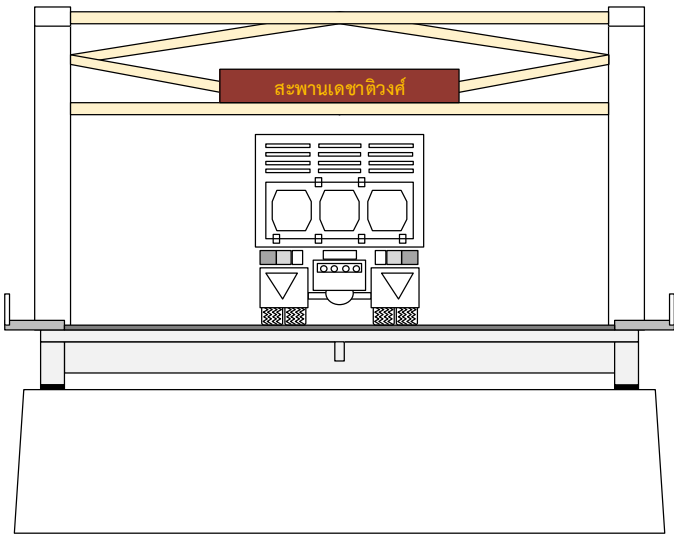
ตารางที่ 6.13-2 สัญลักษณ์รถบรรทุกทดสอบ

รถบรรทุก	สัญลักษณ์
รถบรรทุกเปล่า	
รถบรรทุกน้ำหนัก	

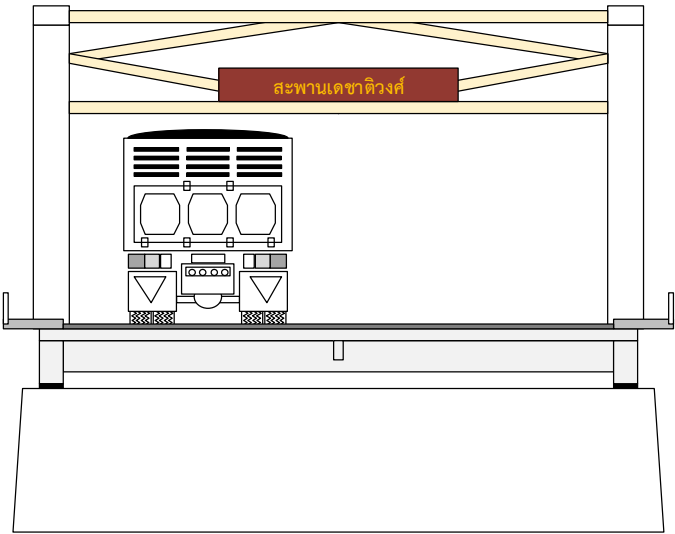
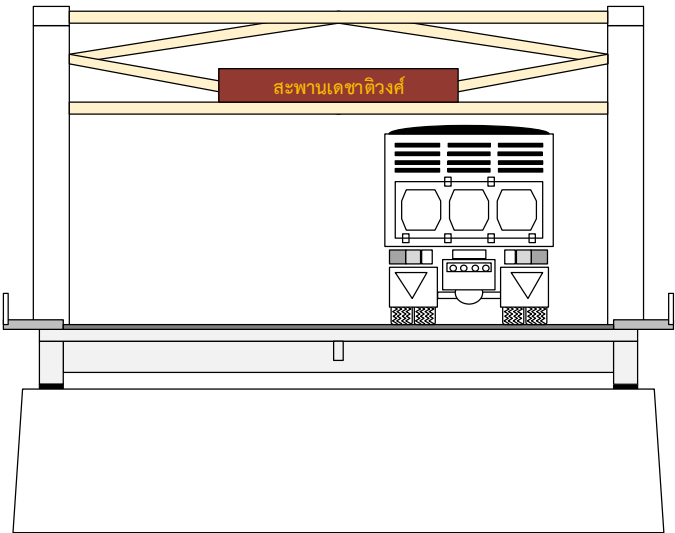
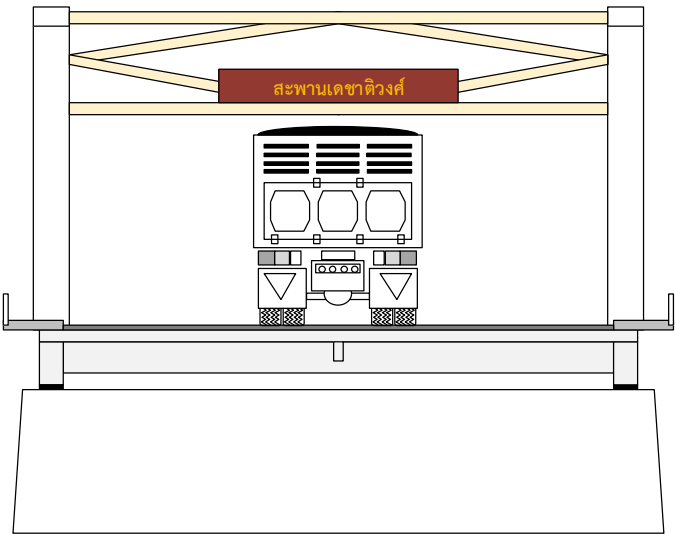
ตารางที่ 6.13-3 ระยะจอตรบรรทุกตามตำแหน่ง $L/4$, $L/2$ และ $3L/4$

ระยะ	ตำแหน่งจอตรบรรทุก
$L/4$	
$L/2$	
$3L/4$	

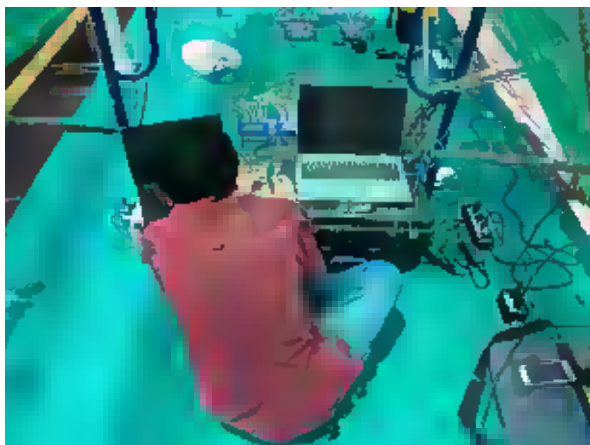
ตารางที่ 6.13-4 รูปแบบการทดสอบแบบสถิต ด้วยรถบรรทุกเปล่า

Case	Pattern
Static 1-1	
Static 1-2	
Static 1-3	

ตารางที่ 6.13-5 รูปแบบการทดสอบแบบสถิต ด้วยรถบรรทุกน้ำหนัก

Case	Pattern
Static 2-1	
Static 2-2	
Static 2-3	





รูปที่ 6.13-5 ภาพการทดสอบแบบสถิต

6.13.5. ผลการตรวจวัดพฤติกรรมสะพานแบบสถิต

ตารางที่ 6.13-6 ผลการตรวจวัดพฤติกรรมสะพานแบบสถิต ด้วยรถบรรทุกเปล่า

Time (s)	Static 1-1			Static 1-2			Static 1-3		
	L/4	L/2	3L/4	L/4	L/2	3L/4	L/4	L/2	3L/4
DT-01	-0.777	-0.015	0.375	-0.376	0.005	0.232	-0.455	0.294	0.555
DT-02	0.040	-1.332	-0.591	-0.014	-0.667	-0.292	0.043	-1.000	-0.457
DT-03	0.309	-0.235	-1.432	0.208	-0.121	-0.706	0.286	-0.137	-0.989
DT-04	-0.334	-0.013	0.122	-0.682	-0.073	0.160	-0.526	-0.013	0.149
DT-05	0.056	-0.599	-0.328	-0.022	-1.337	-0.565	0.057	-1.005	-0.458
DT-06	0.225	-0.136	-0.759	0.303	-0.214	-1.376	0.343	-0.096	-1.082
SGC-01	45.363	-9.707	-6.754	20.127	-5.062	-6.664	29.821	-8.971	-6.029
SGC-02	0.586	-1.508	-2.671	1.269	-5.223	-4.111	0.658	-2.059	-0.948
SGC-03	-4.365	21.155	-3.071	-2.038	7.918	0.131	-2.321	15.362	0.798
SGC-04	-4.913	13.250	1.575	-8.394	34.524	-2.302	-6.876	23.883	-0.777
SGC-05	-4.627	-4.519	30.755	-2.798	-4.196	11.473	-4.267	-3.256	21.096
SGC-06	-3.418	-4.350	15.030	-4.386	-7.467	31.873	-4.189	-5.425	26.647
SGC-07	0.008	81.906	4.042	-1.398	30.744	-0.179	2.536	76.999	4.275
SGC-08	-0.131	-0.692	-0.546	-0.794	8.573	0.629	-0.137	6.216	0.127
SGC-09	-0.975	0.823	-2.160	-1.096	0.896	1.339	-1.477	0.592	-0.835
SGC-10	0.879	-0.267	1.369	2.070	3.241	6.902	-0.606	-1.940	0.908
SGC-11	-0.292	0.290	-0.987	0.881	-0.027	0.417	0.684	0.638	1.444
SGC-12	-0.275	0.533	0.619	1.869	2.450	2.290	-1.279	-1.612	-2.052
SGC-13	0.725	26.322	-6.637	-5.390	37.104	2.767	-2.746	34.968	-1.846
SGC-14	-0.458	0.537	-0.265	0.004	0.946	0.446	0.871	1.192	1.233
SGC-15	-1.927	-1.006	3.508	-0.710	-1.100	1.327	-2.123	-1.698	2.352
SGC-16	-1.450	-0.771	4.830	0.850	0.435	2.417	-1.162	0.131	3.854
SGC-17	-0.450	2.873	10.402	0.963	-1.400	3.104	-0.650	0.971	8.607
SGC-18	-1.358	-1.071	1.285	0.225	0.844	7.182	-0.815	-0.479	4.337
SGC-19	-1.415	-1.427	-1.227	0.325	0.752	2.692	-0.113	0.223	2.867
SGC-20	-1.411	-1.171	1.123	0.450	-1.608	4.115	0.438	0.546	5.723



ตารางที่ 6.5-6 ผลการตรวจวัดพฤติกรรมสะพานแบบสถิต ด้วยรถบรรทุกเปล่า (ต่อ)

Time (s)	Static 1-1			Static 1-2			Static 1-3		
	L/4	L/2	3L/4	L/4	L/2	3L/4	L/4	L/2	3L/4
SGS-01	34.172	-8.558	-6.800	16.155	-3.633	-2.992	22.434	-8.141	-5.979
SGS-02	9.770	-2.238	-2.309	23.411	-4.758	-2.437	15.587	-5.571	-3.628
SGS-03	-7.400	31.186	-3.173	-2.690	12.375	0.265	-4.256	22.350	1.713
SGS-04	-4.129	16.699	-0.337	-7.319	35.399	-2.731	-4.762	29.046	0.371
SGS-05	-4.523	-4.204	27.459	-0.760	-2.594	11.003	-2.958	-2.727	19.063
SGS-06	-3.280	-3.609	10.048	-13.363	-14.073	16.888	-3.259	-3.969	20.805
SGS-07	35.149	2.513	1.619	11.442	0.421	-0.377	23.265	-0.739	0.017
SGS-08	41.444	1.109	0.194	41.338	0.415	0.760	54.624	-0.500	-0.406
SGS-09	10.551	0.210	-0.902	39.255	2.340	3.080	25.931	-2.529	-1.727
SGS-10	6.087	21.640	12.205	-2.731	12.629	-0.708	-1.930	12.080	6.390
SGS-11	0.259	41.387	-0.381	-1.287	36.945	-0.131	0.965	51.519	3.817
SGS-12	0.175	14.515	0.884	0.427	32.735	0.294	1.410	30.916	2.102
SGS-13	3.688	5.496	32.363	-1.123	4.434	5.232	-1.427	0.319	18.467
SGS-14	6.145	7.103	48.640	2.375	7.081	24.201	1.740	6.510	53.100
SGS-15	4.490	5.127	14.110	0.282	5.338	17.194	0.160	2.130	21.460
SGS-16	3.821	13.269	6.882	-0.871	5.214	-0.706	0.345	9.010	4.523
SGS-17	3.780	14.667	6.580	-0.810	5.604	-0.296	0.513	9.785	4.713
SGS-18	1.029	0.012	2.658	-0.963	-0.925	-0.648	0.175	-3.604	2.646
SGS-19	4.555	3.584	10.025	-2.405	3.210	-1.127	-1.362	-3.637	5.180
SGS-20	0.852	5.671	2.550	1.288	14.598	1.150	2.255	18.172	3.611
SGS-21	0.640	4.859	1.573	0.917	12.498	1.121	2.435	16.382	3.379
SGS-22	-0.285	-0.865	1.258	1.658	0.419	-0.285	1.198	2.635	2.056
SGS-23	-0.323	-1.331	0.471	1.073	0.288	0.117	0.713	0.044	1.375
SGA-01	1.188	0.254	1.957	-2.057	-4.094	-9.402	-1.335	0.482	1.821
SGA-02	1.227	2.323	0.613	-1.169	-8.913	-10.567	-4.442	-1.323	-5.778

ตารางที่ 6.13-7 ผลการตรวจวัดพฤติกรรมสะพานแบบสถิต ด้วยรถบรรทุกน้ำหนัก

Time (s)	Static 2-1			Static 2-2			Static 2-3		
	L/4	L/2	3L/4	L/4	L/2	3L/4	L/4	L/2	3L/4
DT-01	-0.984	0.864	1.400	-0.687	0.015	0.368	-0.874	-0.027	0.456
DT-02	0.033	-2.253	-0.907	0.088	-1.034	-0.595	0.043	-1.606	-0.782
DT-03	0.612	-0.304	-2.284	0.358	-0.188	-1.270	0.418	-0.284	-1.757
DT-04	-0.541	-0.026	0.216	-1.168	-0.100	0.310	-0.910	-0.078	0.242
DT-05	0.135	-0.888	-0.456	0.065	-2.234	-1.008	0.066	-1.633	-0.763
DT-06	0.376	-0.172	-1.220	0.586	-0.282	-2.356	0.539	-0.206	-1.858
SGC-01	74.487	-16.603	-11.403	32.620	-5.342	-5.109	49.125	-13.775	-9.144
SGC-02	3.002	1.222	3.772	2.757	-2.141	-2.273	1.442	-3.146	-2.187
SGC-03	-5.448	36.840	-0.706	-1.600	14.891	0.819	-6.406	21.619	-2.086
SGC-04	-8.900	20.045	3.196	-15.264	63.106	-6.346	-12.714	39.086	-3.248
SGC-05	-6.085	-6.765	50.255	-2.598	-2.508	24.502	-6.466	-11.104	31.284
SGC-06	-4.238	-3.296	28.740	-6.189	-9.137	58.633	-9.031	-12.048	40.722
SGC-07	-0.392	142.628	4.687	-4.648	45.978	-6.681	5.534	132.671	6.721
SGC-08	1.996	-0.673	1.463	0.558	13.306	0.452	-0.754	5.144	-0.931
SGC-09	0.923	3.790	0.700	-0.069	1.429	-0.663	-0.465	0.487	-0.613
SGC-10	2.223	-0.469	2.029	0.681	-2.559	-1.279	0.994	-1.531	5.009
SGC-11	1.867	1.986	0.698	1.508	0.458	1.646	-0.296	-1.596	-0.002
SGC-12	-4.015	-5.315	-7.894	-4.150	-6.704	-8.625	2.257	1.798	3.390
SGC-13	3.171	43.272	-10.698	-10.415	59.395	3.436	-4.554	57.746	-5.246
SGC-14	0.875	1.919	0.690	0.469	1.959	0.815	-0.781	0.262	-0.421
SGC-15	-0.586	-0.375	7.548	-0.013	0.610	4.523	-2.671	-5.844	0.789
SGC-16	-0.230	0.616	10.325	0.769	1.904	7.083	-2.292	-5.180	3.452
SGC-17	0.781	3.054	15.203	0.886	-0.554	8.832	-3.034	-3.707	7.818
SGC-18	0.206	0.652	5.421	-1.167	-0.788	8.777	-1.025	-1.746	5.671
SGC-19	0.296	0.631	1.150	-0.571	-0.306	2.475	-0.533	-1.873	-0.300
SGC-20	0.350	1.217	5.675	-0.229	-0.508	11.916	-2.252	-3.421	5.302



ตารางที่ 6.5-7 ผลการตรวจวัดพฤติกรรมสะพานแบบสถิต ด้วยรถบรรทุกน้ำหนัก (ต่อ)

Time (s)	Static 2-1			Static 2-2			Static 2-3		
	L/4	L/2	3L/4	L/4	L/2	3L/4	L/4	L/2	3L/4
SGS-01	58.309	-15.951	-11.111	24.420	-5.523	-6.092	39.698	-9.823	-6.544
SGS-02	17.371	-4.373	-4.783	38.411	-9.187	-6.375	27.835	-8.658	-5.802
SGS-03	-10.906	53.054	-3.800	-5.675	20.399	1.690	-9.273	32.968	-1.236
SGS-04	-6.525	26.894	-1.027	-14.421	60.069	-3.386	-11.300	43.950	-3.677
SGS-05	-5.377	-5.947	44.263	-2.073	-1.435	23.468	-6.250	-9.602	27.612
SGS-06	-2.941	-2.719	21.424	-6.102	-9.032	41.281	-7.235	-8.350	31.543
SGS-07	63.866	0.915	-0.017	19.607	2.142	1.386	43.532	0.308	0.063
SGS-08	75.076	0.390	-1.036	72.352	0.742	-0.146	99.233	0.635	0.235
SGS-09	20.534	0.225	-0.463	72.246	-0.656	-1.123	52.897	0.575	0.555
SGS-10	-2.885	23.389	10.569	-3.084	7.360	10.900	20.378	36.568	24.820
SGS-11	1.433	59.634	1.037	1.304	62.938	1.652	0.661	83.904	4.675
SGS-12	1.615	23.997	2.280	1.340	55.498	1.460	0.388	49.638	0.446
SGS-13	-1.605	0.904	45.858	-1.433	0.433	19.669	11.490	7.684	37.860
SGS-14	0.200	4.800	70.090	2.041	4.401	66.171	19.531	16.189	92.250
SGS-15	-1.077	2.252	18.386	-0.981	-0.062	44.725	14.648	11.223	42.860
SGS-16	0.058	13.691	5.446	-0.269	3.283	6.208	10.431	17.700	12.006
SGS-17	0.417	16.450	5.657	-0.300	3.338	5.963	10.466	19.535	12.210
SGS-18	-0.606	-2.991	2.417	-0.435	-3.561	2.396	4.187	-4.706	5.212
SGS-19	-3.052	-4.921	7.056	-2.667	-4.969	8.491	14.877	4.440	18.252
SGS-20	2.571	7.852	2.754	2.016	23.485	2.741	0.921	26.168	1.979
SGS-21	2.571	7.077	3.029	1.835	20.969	2.512	0.902	23.488	1.396
SGS-22	0.994	-1.004	1.217	2.137	3.131	2.306	-0.460	8.287	0.215
SGS-23	0.854	-1.392	1.565	1.840	1.480	1.257	-0.165	3.571	0.181
SGA-01	-2.212	-1.535	-1.783	-9.392	-3.025	4.746	-12.182	-6.844	-2.023
SGA-02	-6.375	-4.458	-7.887	-1.146	-10.856	-10.296	-6.358	-7.119	-12.233

ตารางที่ 6.13-8 ผลการตรวจวัดพฤติกรรมสาย Cable ของสะพานแบบสลิต ด้วยรถบรรทุกเปล่า

Time (s)	Static 1-1			Static 1-2			Static 1-3		
	L/4	L/2	3L/4	L/4	L/2	3L/4	L/4	L/2	3L/4
SGL-01	11.710	-1.488	3.092	6.825	-3.843	-12.002	6.301	-3.243	0.193
SGL-02	8.937	-8.628	-1.870	14.052	-9.148	-28.068	10.219	-0.716	2.043
SGL-03	28.121	51.051	44.771	14.296	28.116	14.006	14.894	27.384	21.684
SGL-04	19.150	24.480	9.101	13.050	20.710	10.330	16.424	22.744	16.624
SGL-05	51.793	-15.557	-13.744	6.111	-12.233	6.324	31.139	-26.301	-15.731
SGL-06	48.299	-8.170	-0.730	22.585	-0.244	4.670	36.575	-9.895	-4.816
SGL-07	-10.304	55.286	51.576	21.453	32.373	-11.413	4.579	64.019	49.409
SGL-08	-8.708	59.822	54.282	25.155	30.885	-21.575	3.574	66.964	48.114
SGL-09	88.108	-12.422	-20.302	46.023	-10.737	-27.797	60.622	-8.568	-22.418
SGL-10	96.333	-10.277	-19.217	51.873	-11.177	-28.967	67.638	-5.955	-19.812
SGL-11	-23.961	55.047	40.284	-14.214	20.540	9.994	-24.383	39.014	26.349
SGL-12	-24.450	52.930	41.530	-13.410	19.750	10.410	-25.666	37.514	27.164
SGL-13	49.962	41.802	-20.508	28.272	8.341	-25.268	29.731	24.781	-20.189
SGL-14	35.297	30.647	-15.253	20.327	8.023	-19.013	20.177	19.077	-15.273
SGL-15	-15.089	9.494	42.431	-11.662	4.851	24.208	-14.361	7.205	31.379
SGL-16	-20.088	12.273	56.812	-10.024	5.638	25.166	-18.570	11.280	40.730
SGL-17	32.322	48.102	-17.858	17.707	15.117	-23.853	16.946	32.046	-13.434
SGL-18	33.199	45.419	-21.591	17.958	16.198	-22.972	17.448	33.068	-14.472
SGL-19	-11.173	-12.113	95.547	-7.690	-15.384	32.356	-19.579	-14.179	58.141
SGL-20	-9.906	-10.126	75.764	-6.119	-6.673	30.859	-10.403	-7.180	49.627
SGL-21	20.503	36.043	15.625	10.103	7.571	-6.275	9.833	25.985	8.091
SGL-22	22.395	37.735	18.225	9.786	8.269	-3.332	8.147	23.130	6.605
SGL-23	7.046	1.531	24.640	-5.901	-17.737	-4.944	-10.502	-6.323	9.519
SGL-24	1.244	-5.656	26.074	-5.912	-14.470	4.851	-9.128	-5.686	15.095



ตารางที่ 4.13-8 ผลการตรวจวัดพฤติกรรมสาย Cable ของสะพานแบบสถิติ ด้วยรถบรรทุกเปล่า (ต่อ)

Time (s)	Static 1-1			Static 1-2			Static 1-3		
	L/4	L/2	3L/4	L/4	L/2	3L/4	L/4	L/2	3L/4
SGR-01	9.198	-6.360	-4.409	8.796	-5.473	27.291	7.251	-8.191	-5.387
SGR-02	7.575	-6.336	-4.466	12.475	-3.288	4.062	7.523	-9.703	-9.423
SGR-03	12.432	22.725	24.515	50.889	52.829	18.959	26.518	39.468	33.288
SGR-04	16.328	27.658	28.608	44.656	38.486	0.317	19.985	35.625	27.025
SGR-05	20.331	-5.121	-1.215	54.094	6.824	10.414	34.479	-3.619	2.046
SGR-06	24.824	-10.956	-8.677	51.514	-14.657	-1.751	35.006	-15.094	-10.394
SGR-07	-5.459	19.818	15.958	-12.196	46.744	33.804	-15.951	27.009	14.309
SGR-08	3.156	43.637	50.787	15.340	59.840	7.669	-4.368	48.748	32.358
SGR-09	36.379	-4.729	-7.075	67.102	-10.618	-28.788	46.502	-8.680	-19.728
SGR-10	35.849	-8.303	-13.931	74.222	-9.777	-23.938	54.417	-9.623	-19.273
SGR-11	-17.767	29.493	26.113	-27.057	51.083	26.123	-23.730	44.230	30.150
SGR-12	-14.290	27.650	29.370	-25.464	48.626	25.876	-26.302	38.598	25.268
SGR-13	22.081	16.431	-11.669	42.017	26.847	-31.803	31.667	22.137	-18.773
SGR-14	27.697	15.917	-14.813	51.671	32.291	-37.340	39.786	26.836	-23.334
SGR-15	-18.060	-3.967	6.630	-23.686	14.204	53.294	-14.012	13.998	46.858
SGR-16	-1.242	18.426	29.388	-22.257	2.091	29.213	-14.865	17.465	40.075
SGR-17	21.313	28.833	-7.977	21.928	31.228	-35.242	15.952	36.612	-11.158
SGR-18	21.167	28.217	-9.143	23.556	32.626	-38.424	17.458	37.288	-13.142
SGR-19	-7.354	-2.439	42.456	-14.238	-24.268	75.702	-12.627	-5.938	69.333
SGR-20	-2.127	1.212	29.229	-7.958	-16.804	47.946	-11.169	-4.012	41.711
SGR-21	16.733	24.926	10.182	12.985	16.775	6.626	11.212	31.450	17.650
SGR-22	15.239	23.649	5.647	13.163	21.813	9.098	11.245	30.325	12.235
SGR-23	3.312	4.725	22.320	-8.052	-17.305	14.285	-6.133	-0.280	20.577
SGR-24	5.534	5.724	20.429	-8.685	-20.729	8.755	-6.088	1.177	21.992

ตารางที่ 6.13-9 ผลการตรวจวัดพฤติกรรมสาย Cable ของสะพานแบบสลิต ด้วยรถบรรทุกน้ำหนัก

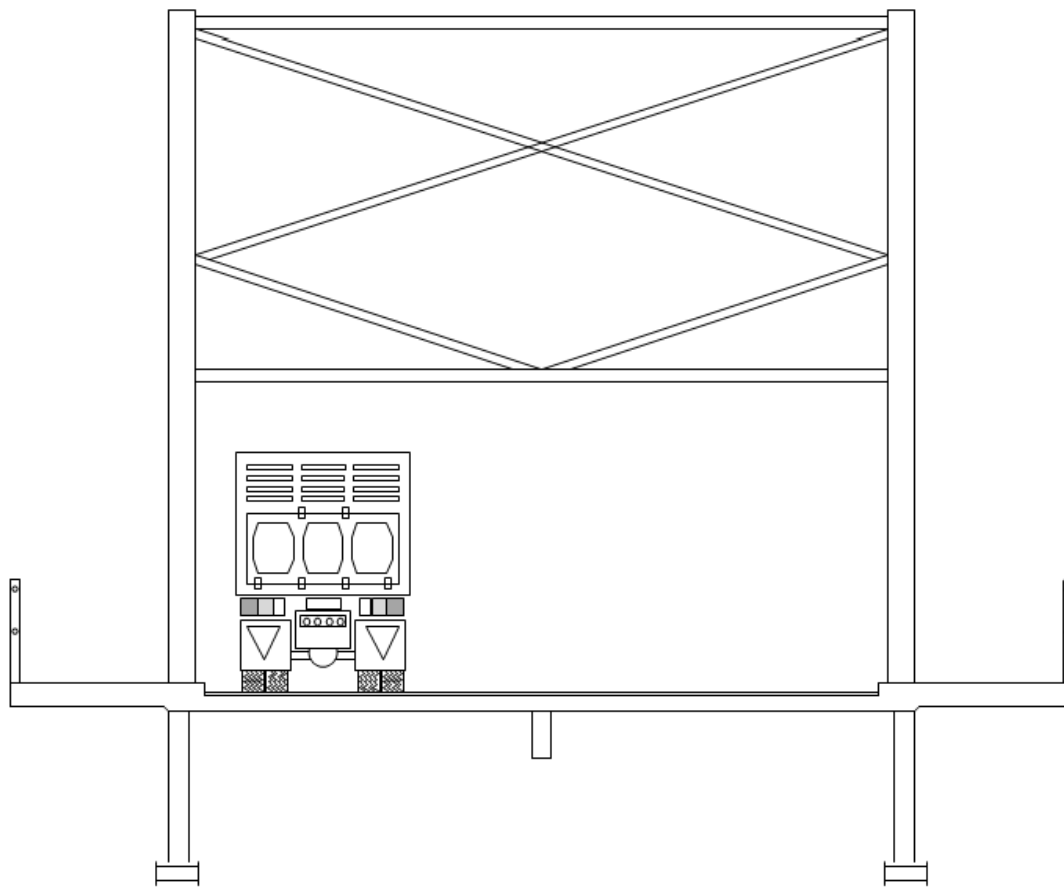
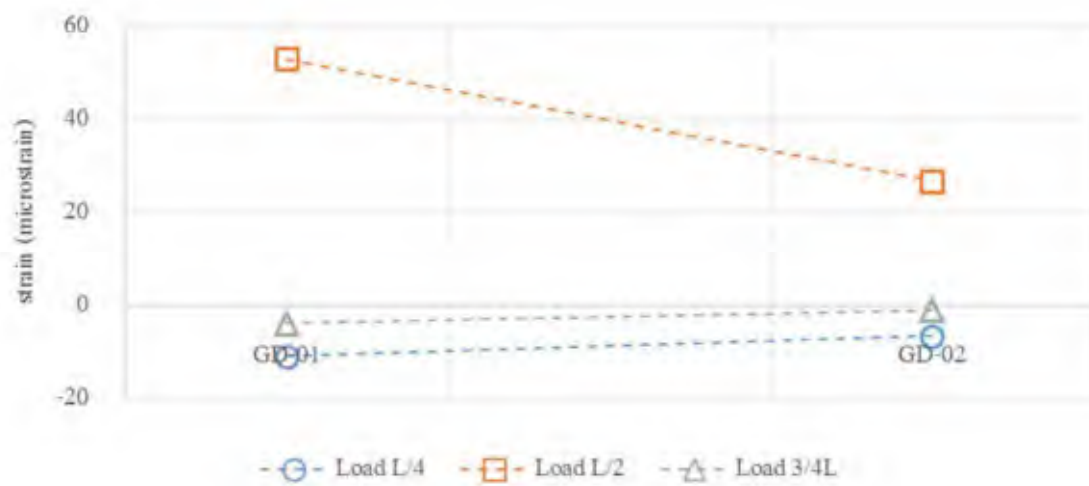
Time (s)	Static 2-1			Static 2-2			Static 2-3		
	L/4	L/2	3L/4	L/4	L/2	3L/4	L/4	L/2	3L/4
SGL-01	14.746	-12.434	-7.069	7.233	-6.827	-2.825	6.489	-11.751	-6.450
SGL-02	22.208	-10.556	-7.869	15.359	-3.738	2.300	8.093	-14.935	-4.806
SGL-03	28.510	32.040	-0.962	15.438	37.498	45.368	22.140	32.830	19.320
SGL-04	31.297	32.987	4.724	14.363	27.573	29.703	21.319	24.859	11.259
SGL-05	87.763	-29.757	-10.227	26.959	-27.471	-29.131	61.566	-23.654	-22.734
SGL-06	77.485	-25.825	-16.515	39.143	-13.107	-10.067	62.065	-18.365	-14.185
SGL-07	-37.302	55.698	8.998	7.296	66.246	79.296	-14.606	59.080	49.740
SGL-08	-37.915	62.665	13.315	4.665	66.865	75.195	-18.755	62.190	50.300
SGL-09	141.371	-22.029	-51.349	67.677	-11.783	-30.223	101.693	-15.687	-37.457
SGL-10	151.409	-23.611	-53.201	76.697	-12.933	-32.873	112.559	-15.561	-36.201
SGL-11	-54.146	83.437	48.525	-26.463	34.514	41.358	-42.250	53.287	47.136
SGL-12	-52.063	81.007	50.547	-27.003	36.717	39.017	-41.422	57.298	44.468
SGL-13	69.980	59.810	-55.710	37.480	20.630	-27.800	48.720	35.460	-38.370
SGL-14	48.464	42.534	-42.296	26.883	17.293	-21.727	35.050	28.400	-29.040
SGL-15	-30.639	9.971	66.251	-20.192	0.398	37.458	-25.151	7.907	53.919
SGL-16	-40.880	11.070	83.670	-23.398	5.002	52.242	-34.251	7.304	65.959
SGL-17	36.260	71.560	-49.070	20.104	23.084	-25.616	25.614	44.724	-33.686
SGL-18	37.028	72.078	-49.292	20.871	26.381	-26.439	27.529	49.189	-32.161
SGL-19	-36.824	-41.014	137.816	-16.200	-17.060	77.100	-28.082	-24.092	106.588
SGL-20	-23.610	-27.050	108.300	-12.639	-12.739	61.261	-22.355	-18.125	80.815
SGL-21	18.456	49.286	11.236	15.991	19.391	4.087	14.676	35.176	6.314
SGL-22	18.040	49.160	13.650	15.362	20.082	8.805	13.455	33.165	9.542
SGL-23	-14.133	-16.353	23.440	-0.552	-6.366	22.239	-14.888	-11.738	19.652
SGL-24	-13.656	-19.899	33.541	-2.258	-6.411	28.544	-13.916	-13.856	27.684



ตารางที่ 4.13-9 ผลการตรวจวัดพฤติกรรมสาย Cable ของสะพานแบบสถิติ ด้วยรถบรรทุกน้ำหนัก (ต่อ)

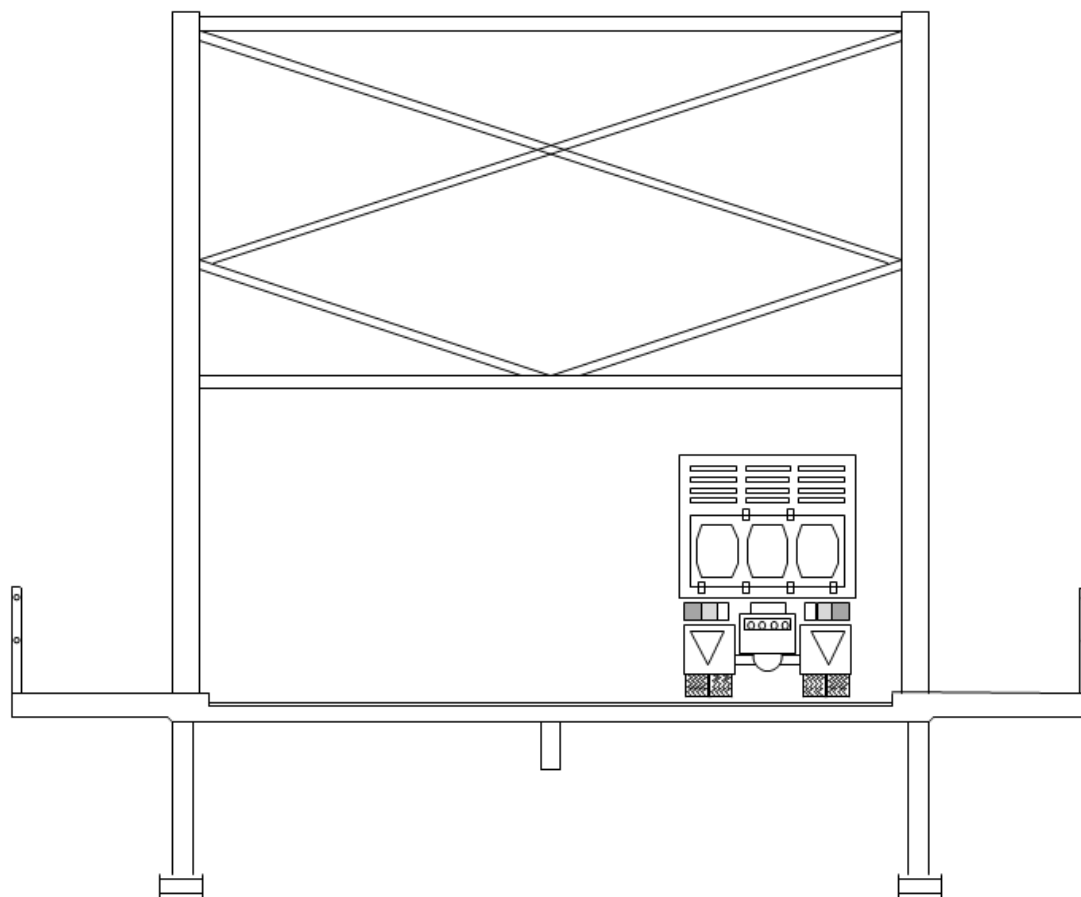
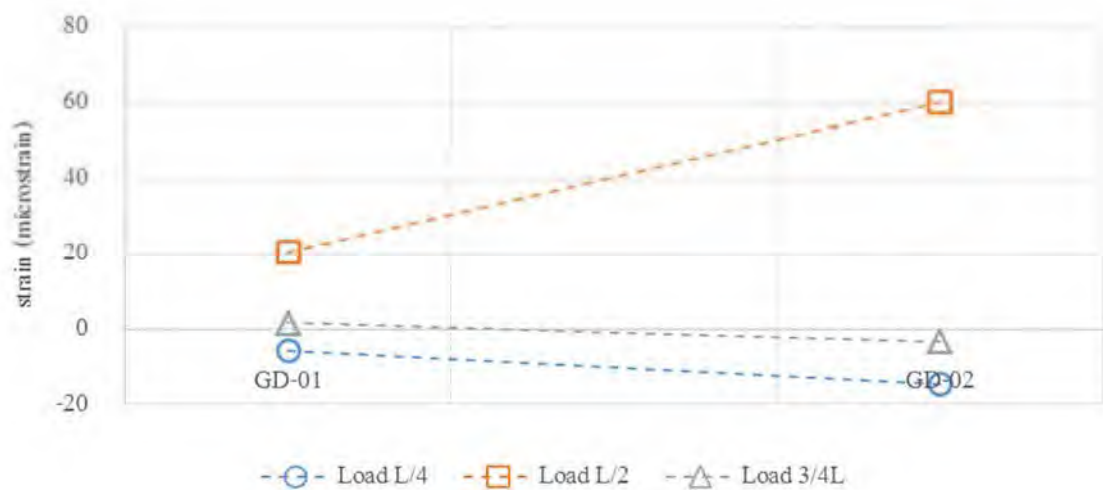
Time (s)	Static 2-1			Static 2-2			Static 2-3		
	L/4	L/2	3L/4	L/4	L/2	3L/4	L/4	L/2	3L/4
SGR-01	10.192	-14.128	-8.489	29.130	-6.112	8.175	14.471	-13.829	-8.606
SGR-02	6.054	-17.678	-12.988	23.501	-15.229	-7.992	19.973	-6.892	1.982
SGR-03	2.542	2.962	-13.345	36.142	38.882	9.275	32.834	51.104	51.584
SGR-04	0.134	10.124	-5.011	38.978	46.138	15.828	22.224	41.754	30.704
SGR-05	29.812	-20.608	-16.328	80.873	-10.007	1.123	55.918	-12.695	-4.828
SGR-06	35.195	-21.855	-13.995	93.849	-27.481	-16.281	64.490	-20.050	-10.880
SGR-07	-23.560	16.620	14.720	-23.638	66.043	38.713	-22.735	48.425	24.035
SGR-08	-20.013	28.167	13.187	-12.998	87.432	67.812	-32.128	45.692	21.902
SGR-09	50.272	-11.366	-22.858	103.912	-15.349	-31.219	74.994	-11.196	-28.786
SGR-10	59.127	-11.257	-22.403	126.006	-18.214	-36.874	92.894	-14.526	-32.336
SGR-11	-35.401	39.599	32.649	-54.880	95.610	71.890	-50.155	69.315	47.745
SGR-12	-34.167	30.223	29.173	-53.316	88.834	68.384	-49.180	62.140	45.990
SGR-13	34.117	21.217	-27.593	63.843	51.573	-40.027	47.356	36.746	-34.774
SGR-14	42.744	22.524	-33.266	81.563	61.253	-53.437	60.129	43.419	-44.351
SGR-15	-12.872	15.770	45.418	-33.165	11.794	80.035	-23.010	10.940	68.210
SGR-16	-10.670	16.610	34.050	-24.794	16.236	78.246	-28.401	3.749	54.709
SGR-17	24.619	33.609	-23.111	44.076	67.366	-32.904	21.873	44.303	-34.377
SGR-18	26.279	31.849	-26.641	45.685	69.715	-37.706	23.689	45.059	-35.651
SGR-19	-14.062	-10.657	72.638	-19.243	-33.753	142.018	-26.486	-20.316	108.804
SGR-20	-9.949	-5.850	46.311	-11.999	-22.599	92.751	-19.268	-16.098	66.743
SGR-21	13.739	21.649	5.379	31.689	49.109	33.509	9.133	38.383	9.393
SGR-22	13.915	20.915	-1.392	31.116	51.506	28.346	11.596	42.016	5.956
SGR-23	-5.125	-6.031	19.402	1.896	-16.007	34.783	-14.564	-9.199	17.686
SGR-24	-3.793	-3.472	17.075	3.522	-17.744	36.536	-15.926	-8.459	19.664

เมื่อพิจารณาการกระจายค่าความเครียดของเหล็กตามขวางกรณีรถบรรทุกน้ำหนักสามารถแสดงผลได้ดังรูปที่ 6.13-6, รูปที่ 6.13-7 และรูปที่ 6.13-8 เมื่อพิจารณาค่าการแอ่นตัวของคานสะพานกรณีรถบรรทุกน้ำหนักสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 6.13-9 และรูปที่ 6.13-10 เมื่อพิจารณาการกระจายค่าความเครียดของ Rod Set ช่วงสะพานที่ 9 แสดงได้ดังรูปที่ 6.13-11 ถึงรูปที่ 6.13-13

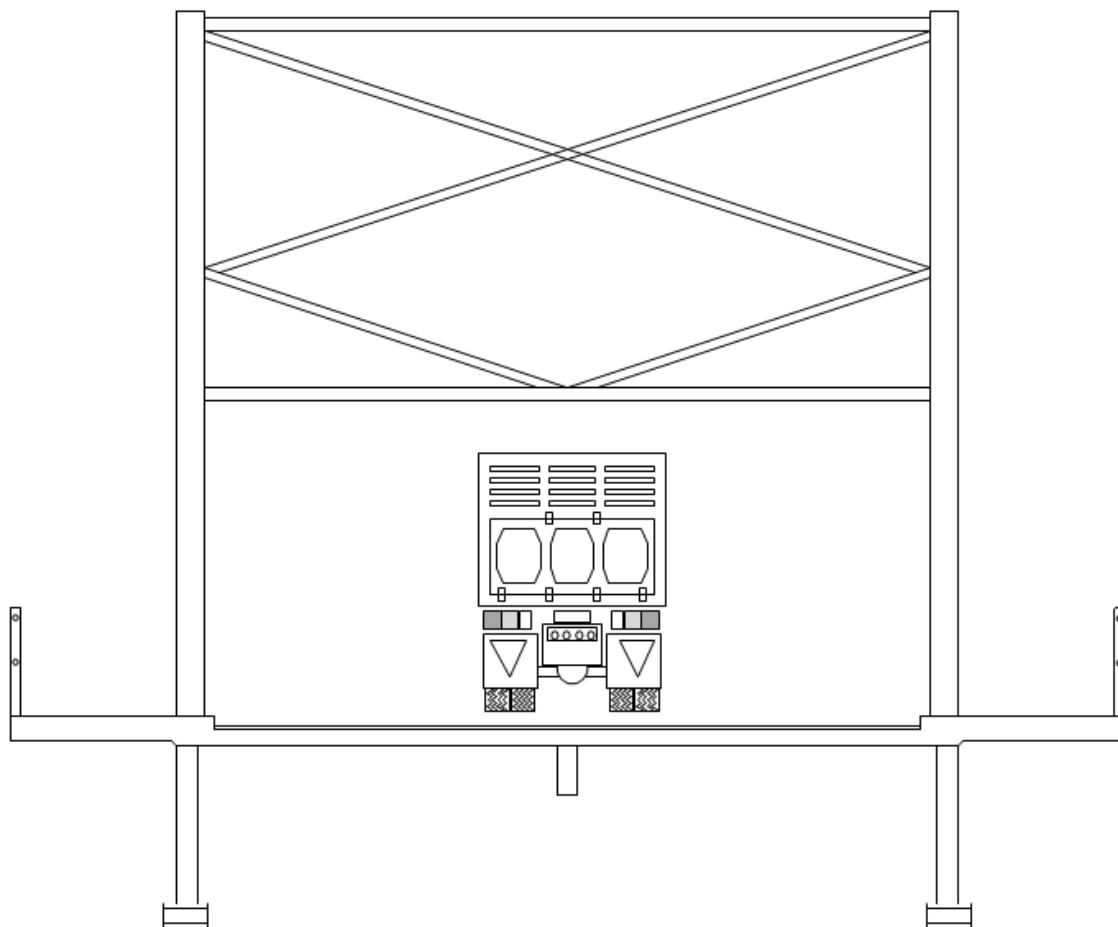
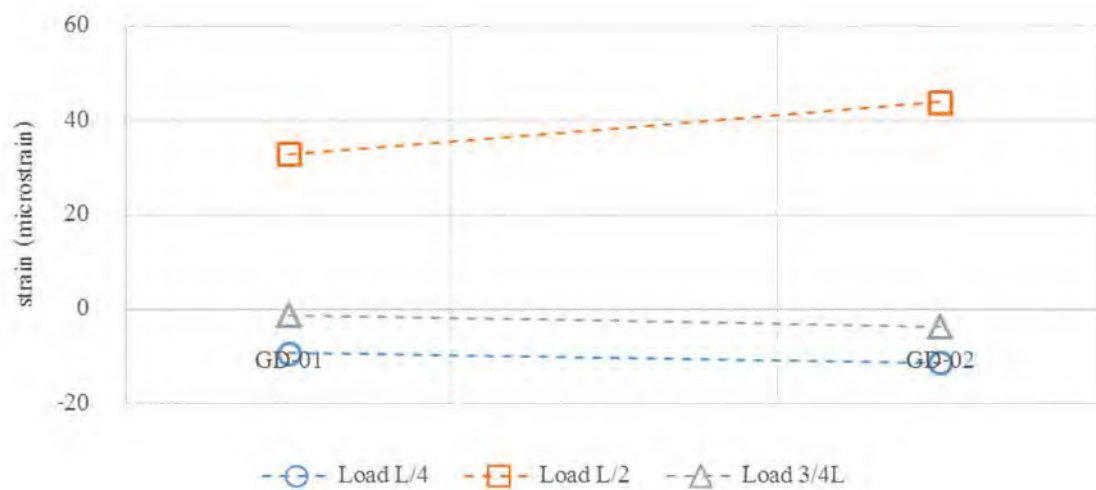


รูปที่ 6.13-6 การกระจายค่าความเครียดของเหล็กตามขวาง Static 2-1 สะพานช่วงที่ 9



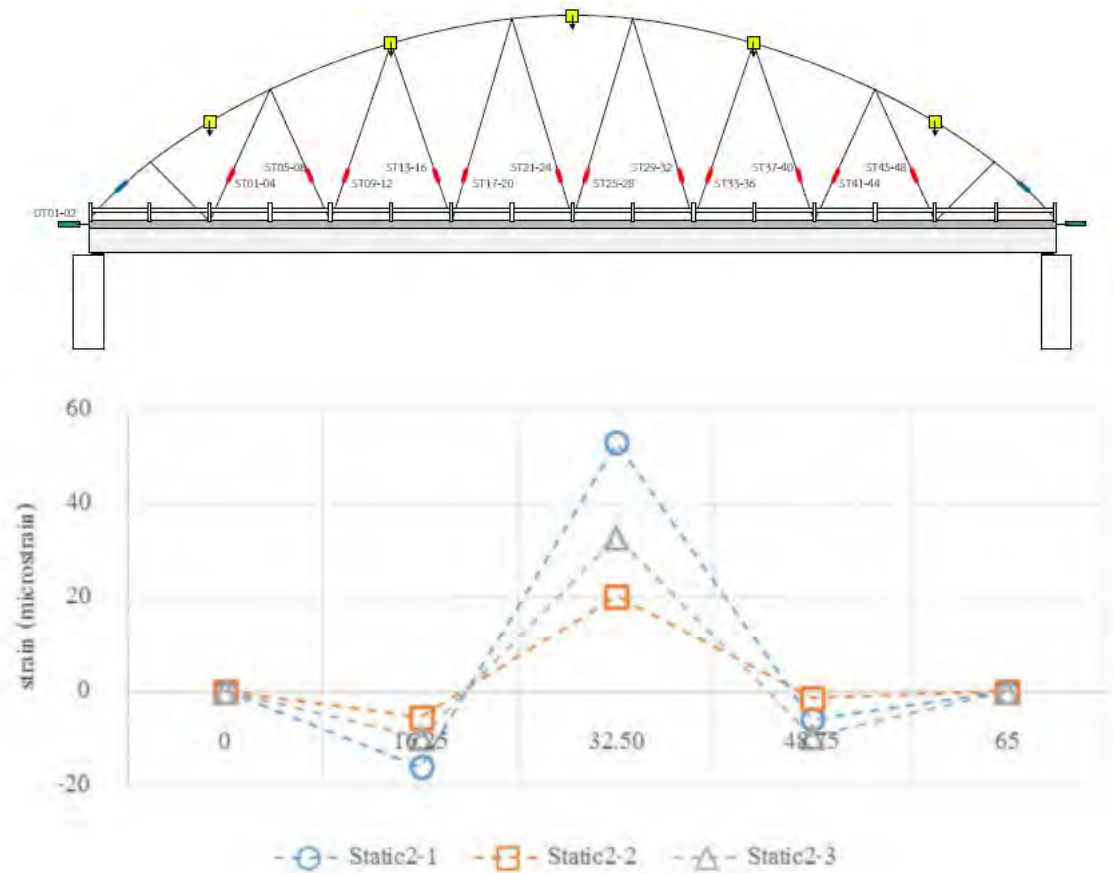


รูปที่ 6.13-7 การกระจายค่าความเครียดของเหล็กตามขวาง Static 2-2 สะพานช่วงที่ 9

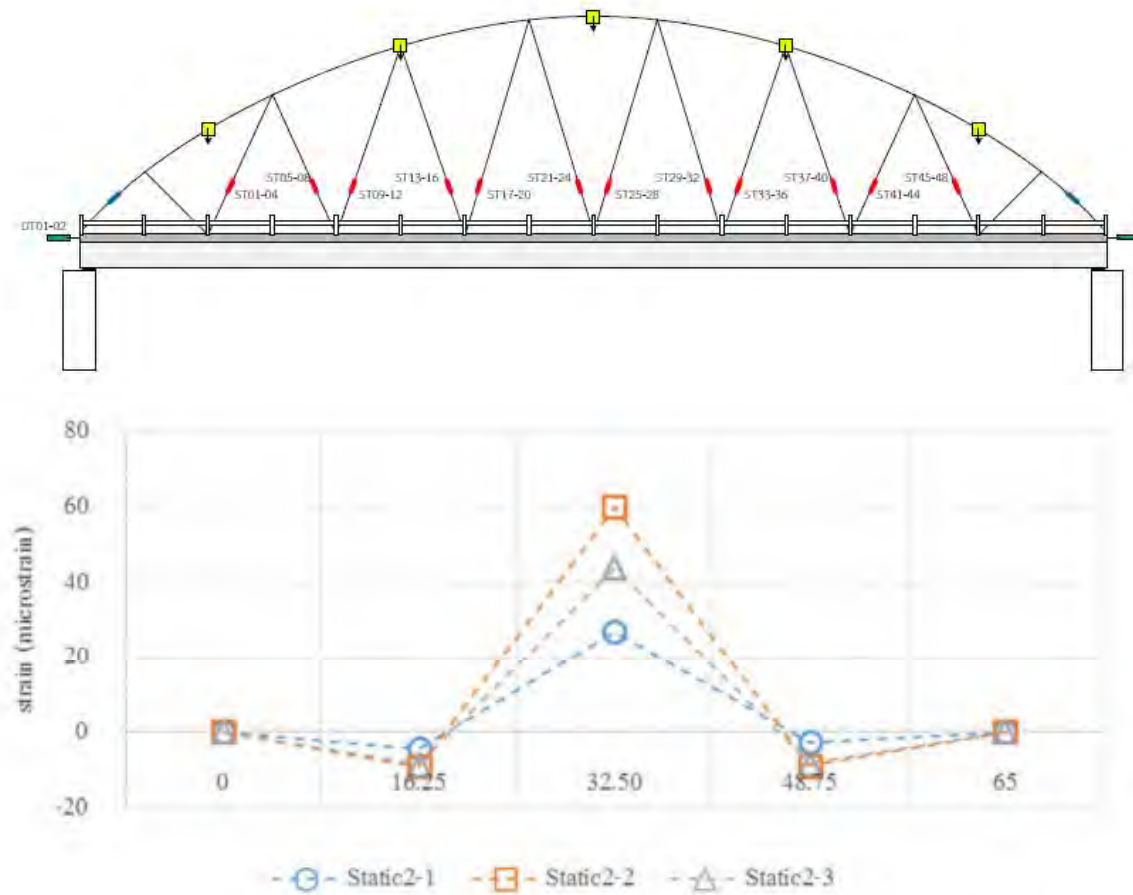


รูปที่ 6.13-8 การกระจายค่าความเครียดของเหล็กตามขวาง Static 2-3 สะพานช่วงที่ 9

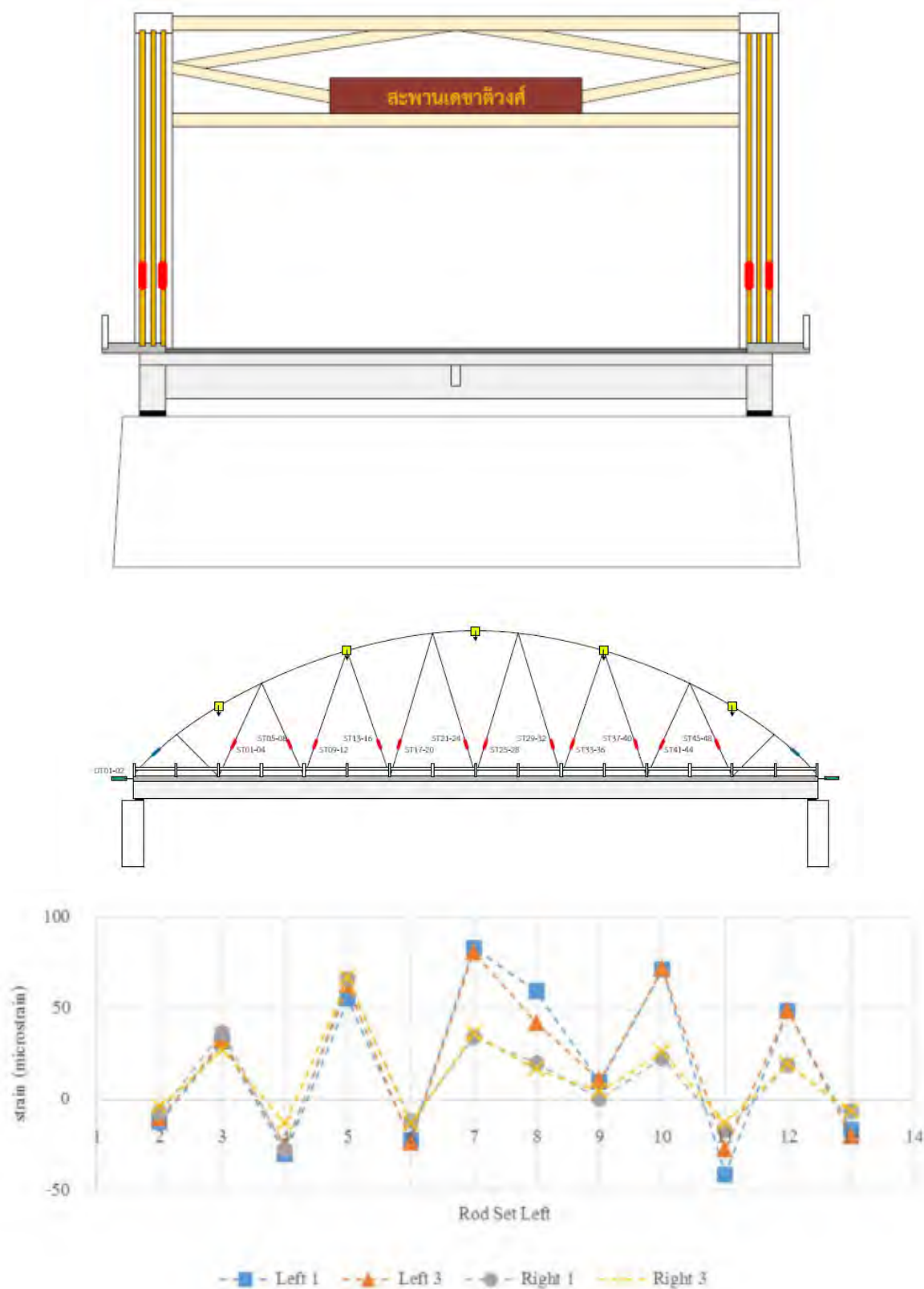




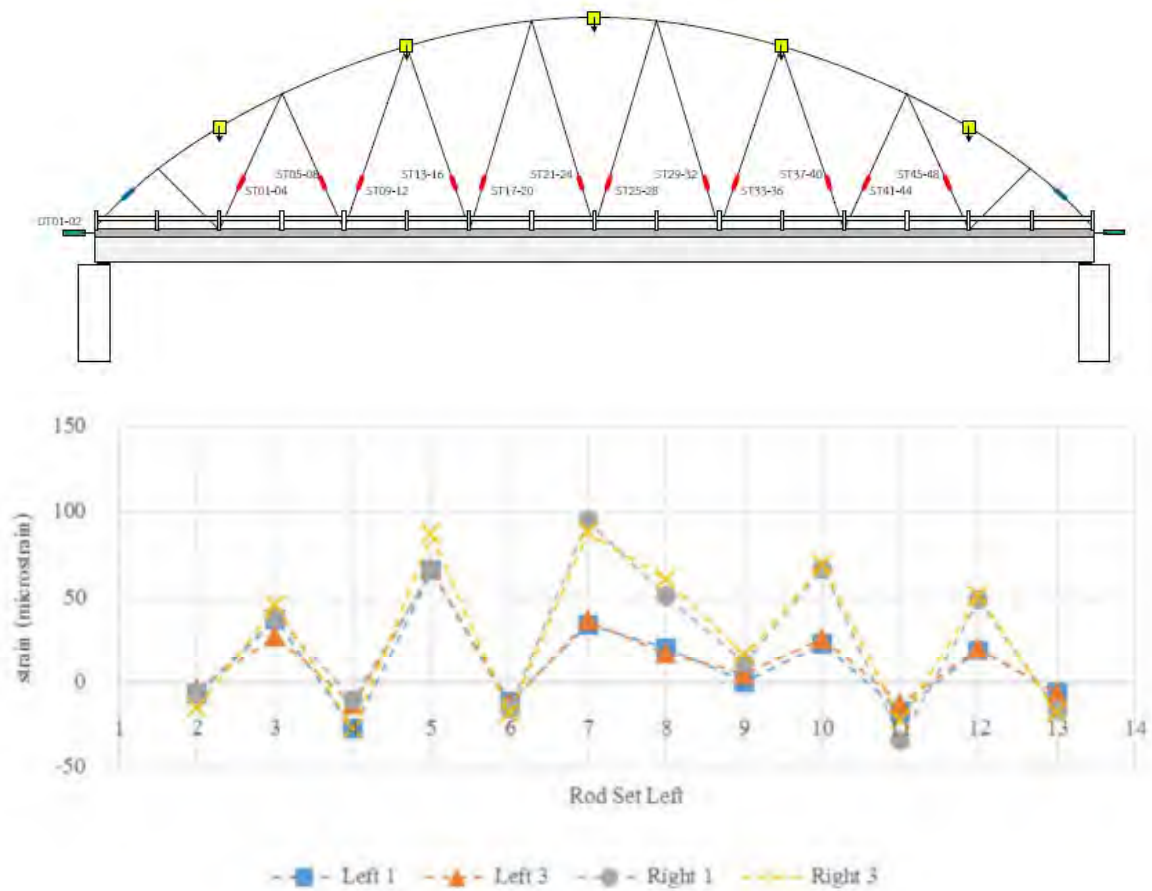
รูปที่ 6.13-9 การกระจายค่าความเครียดของเหล็กตามยาว GD1 สะพานช่วงที่ 9



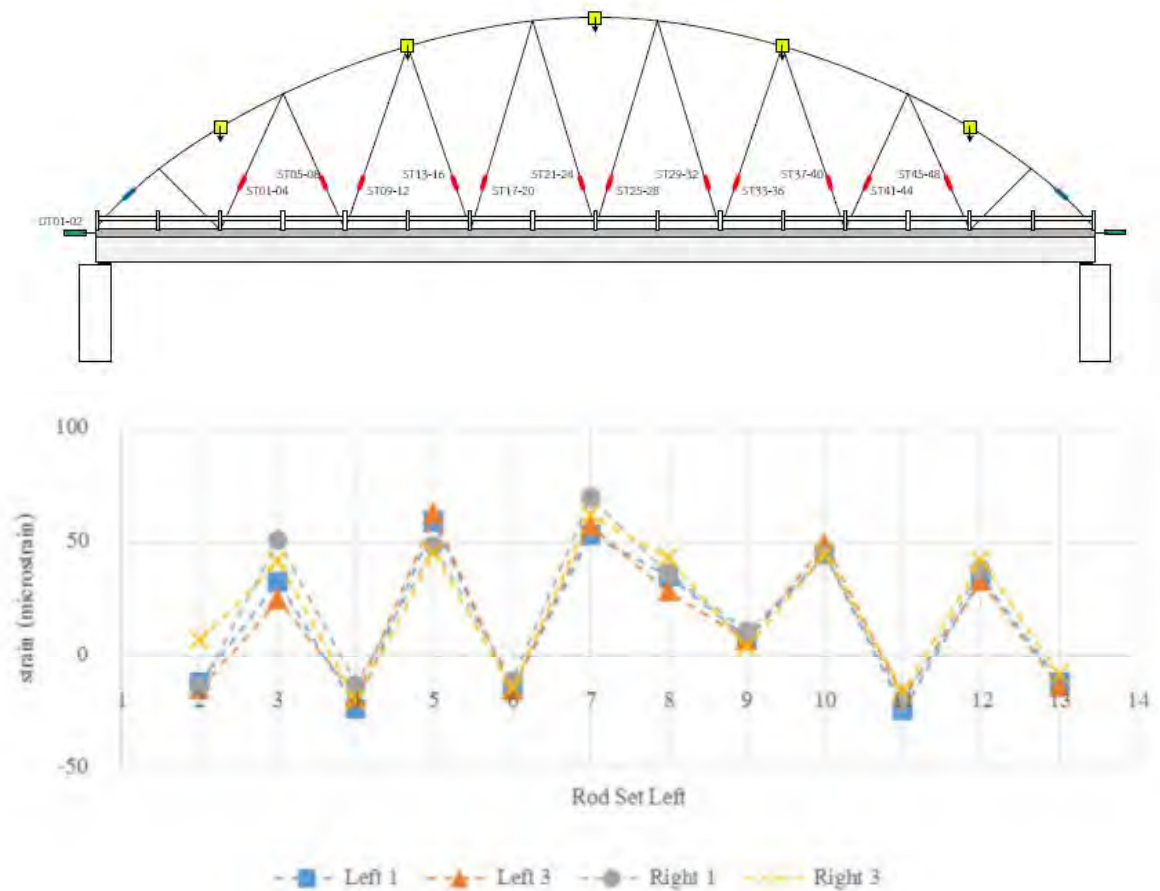
รูปที่ 6.13-10 การกระจายค่าความเครียดของเหล็กตามยาว GD2 สะพานช่วงที่ 9



รูปที่ 6.13-11 การกระจายค่าความเครียดของ Rod Set ทดสอบแบบสถิต Static 2-1
สะพานช่วงที่ 9



รูปที่ 6.13-12 การกระจายค่าความเครียดของ Rod Set ทดสอบแบบสถิต Static 2-2
สะพานช่วงที่ 9



รูปที่ 6.13-13 การกระจายค่าความเครียดของ Rod Set ทดสอบแบบสถิต Static 2-3 สะพานช่วงที่ 9

6.13.6. รูปแบบการทดสอบแบบพลวัต

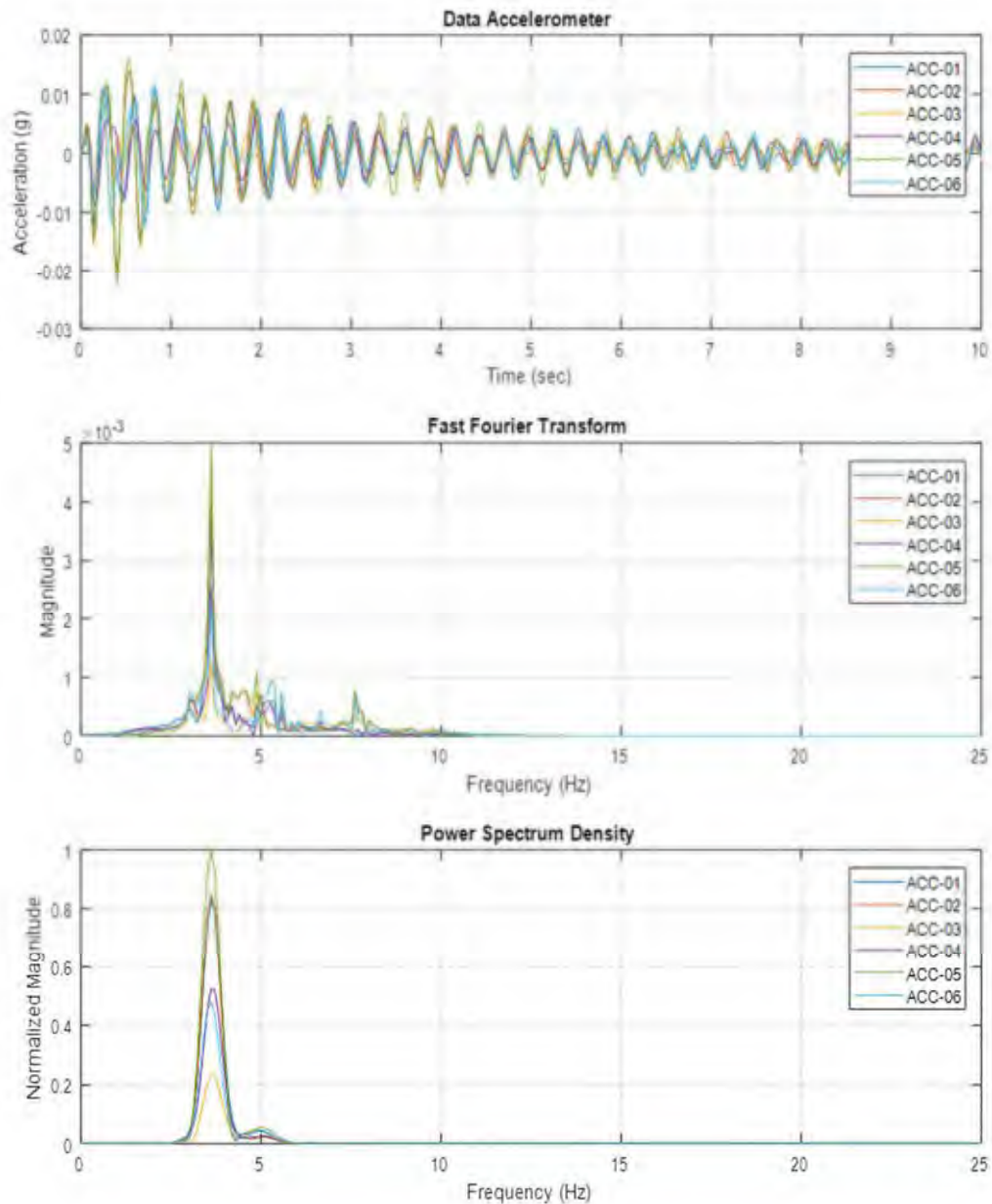
การทดสอบแบบพลวัต (Dynamic Test) เป็นการทดสอบโดยใช้รถบรรทุกน้ำหนัก หลายรูปแบบ โดยมีรายละเอียดดังนี้

- Dynamic 1 : ทดสอบด้วยรถบรรทุกน้ำหนัก วิ่งด้วยความเร็ว 20 กม./ชม. กึ่งกลางสะพาน
- Dynamic 2 : ทดสอบด้วยรถบรรทุกน้ำหนัก วิ่งด้วยความเร็ว 30 กม./ชม. กึ่งกลางสะพาน
- Dynamic 3 : ทดสอบด้วยรถบรรทุกน้ำหนัก วิ่งด้วยความเร็ว 50 กม./ชม. กึ่งกลางสะพาน

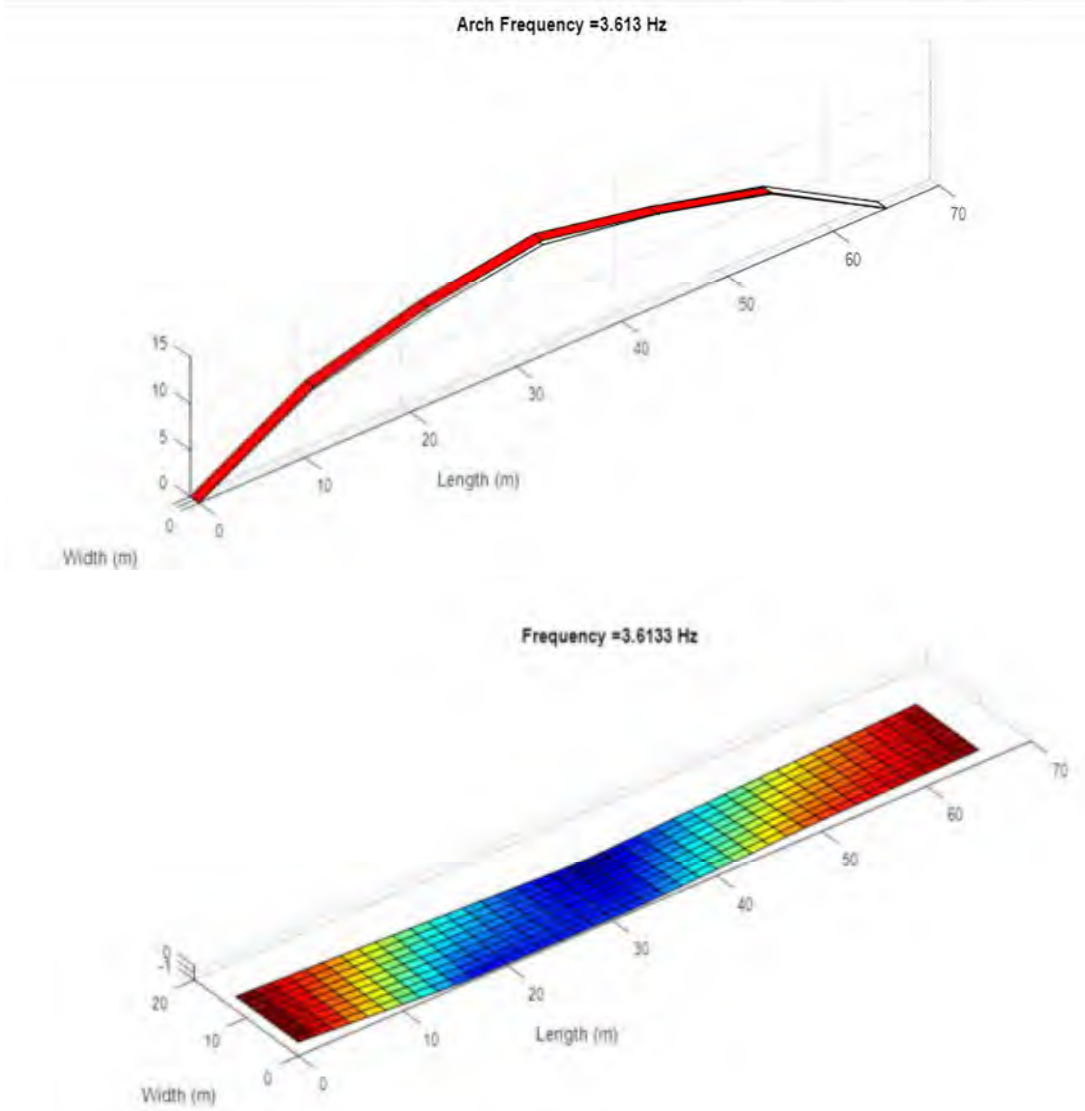


6.13.7. ผลการตรวจวัดพฤติกรรมแบบพลวัต

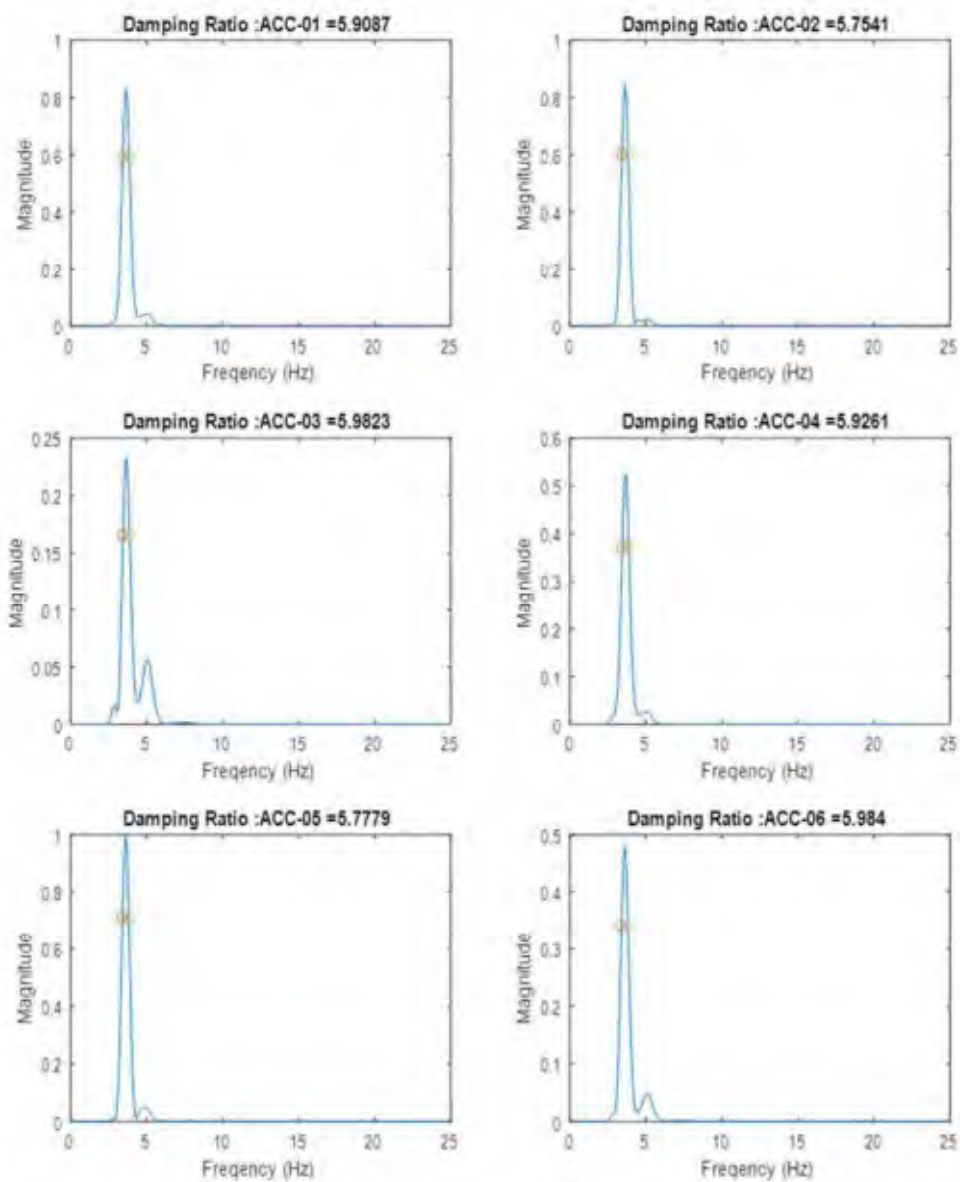
Dynamic Load Test 1 : 20 km/hr



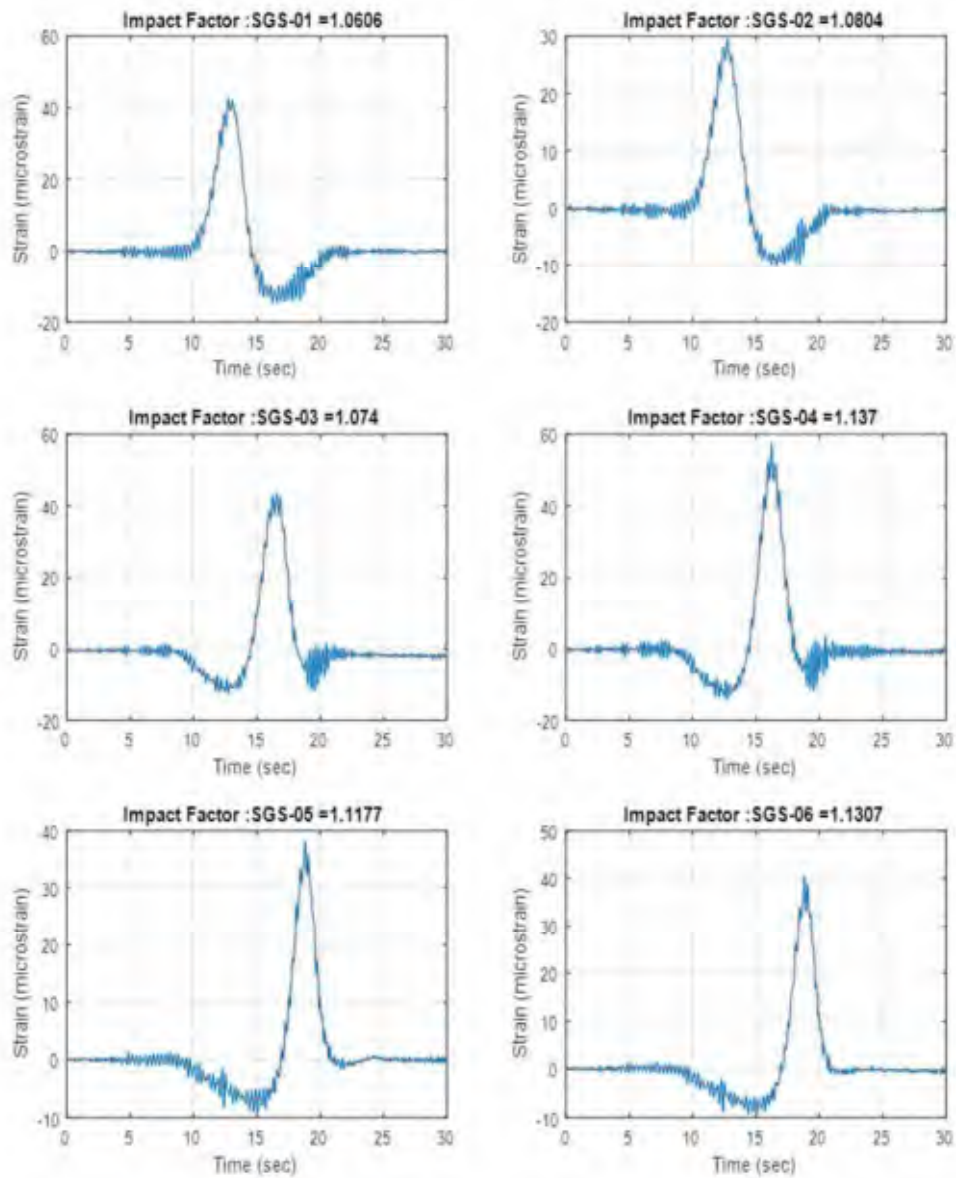
Dynamic Load Test 1 : 20 km/hr



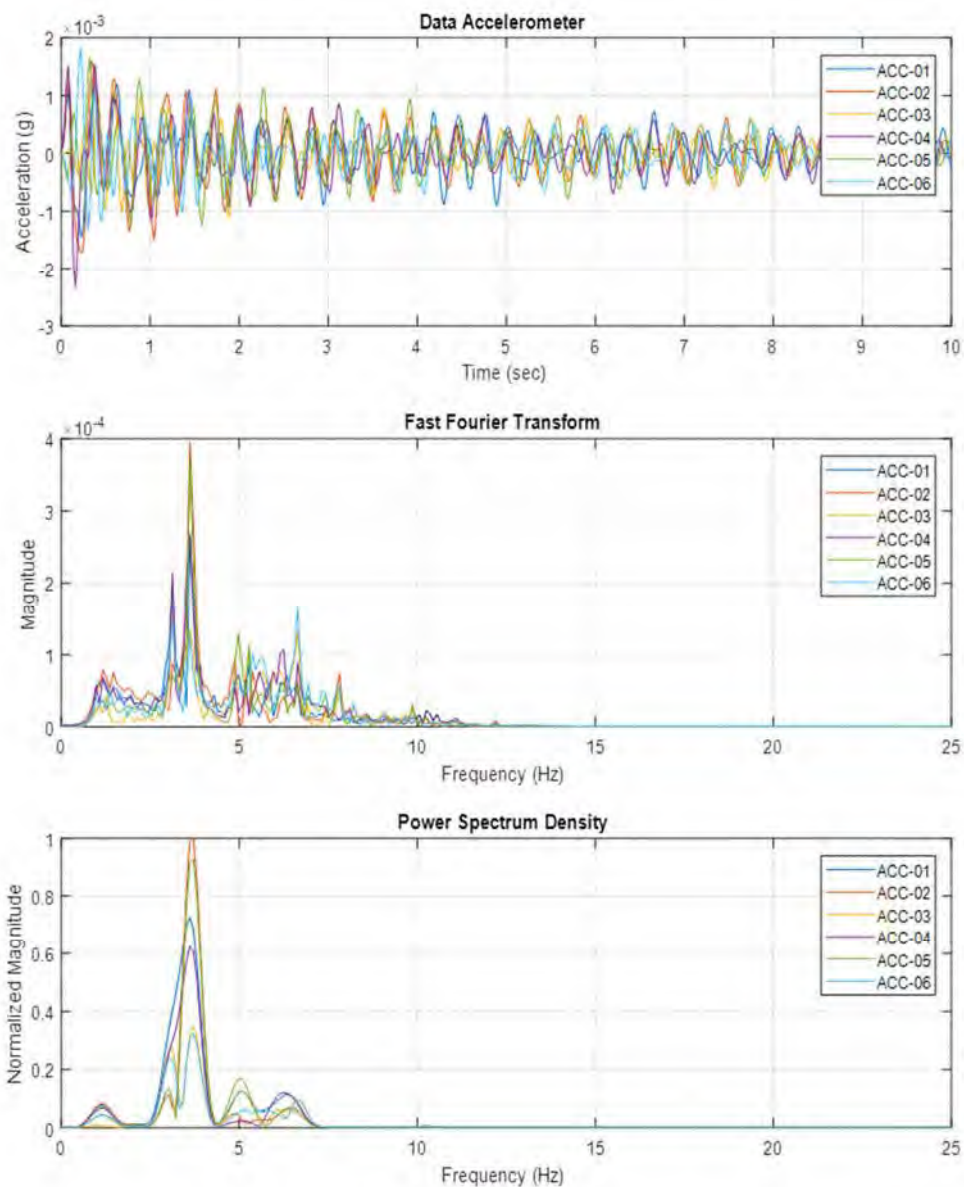
Dynamic Load Test 1 : 20 km/hr



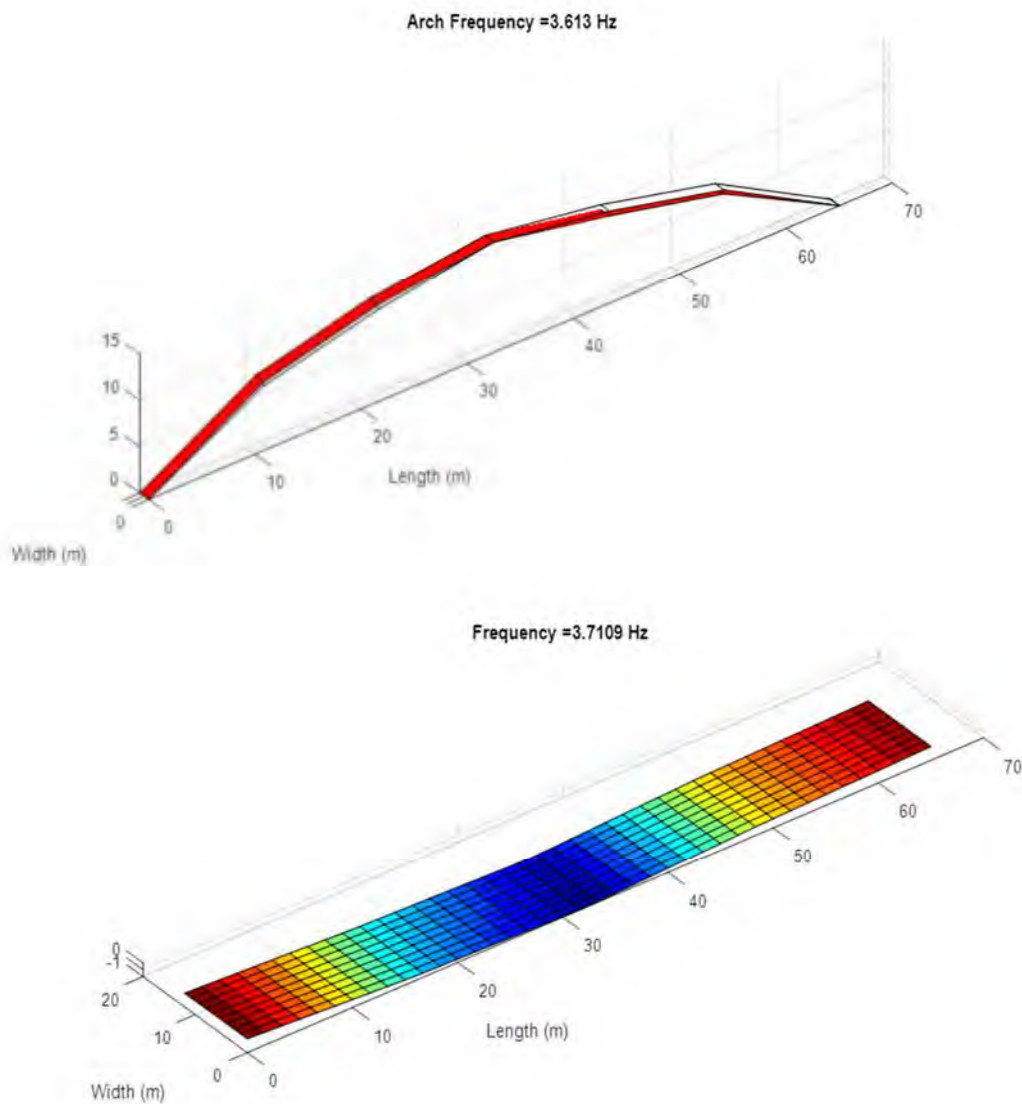
Dynamic Load Test 1 : 20 km/hr



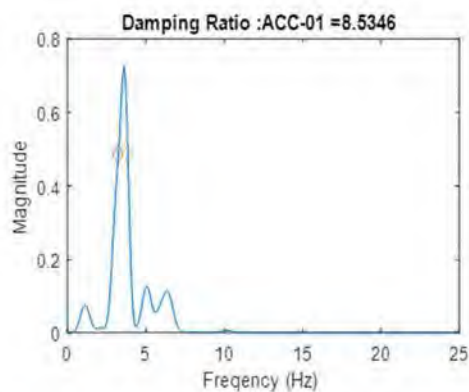
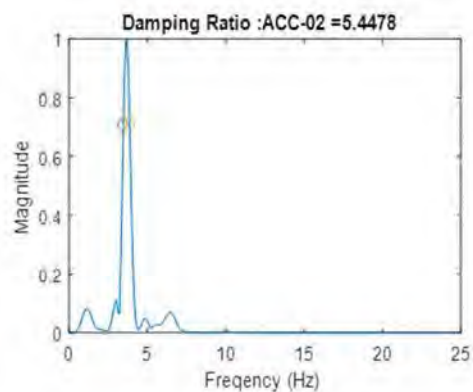
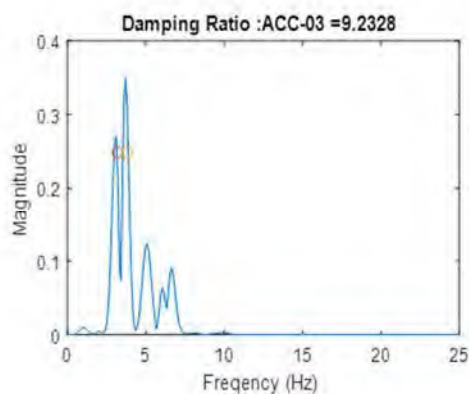
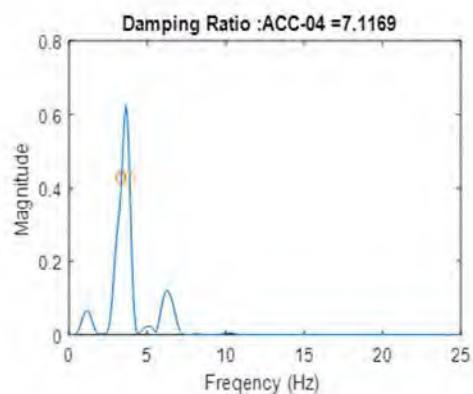
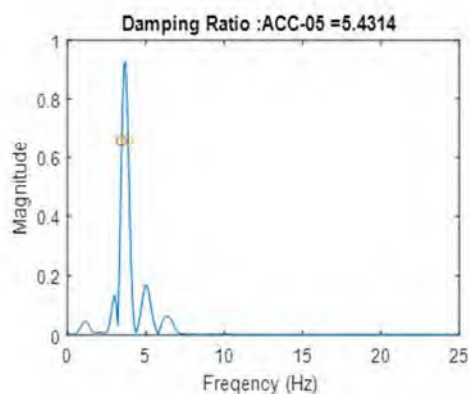
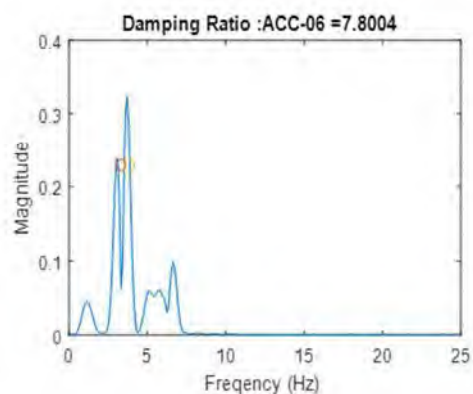
Dynamic Load Test 2 : 30 km/hr



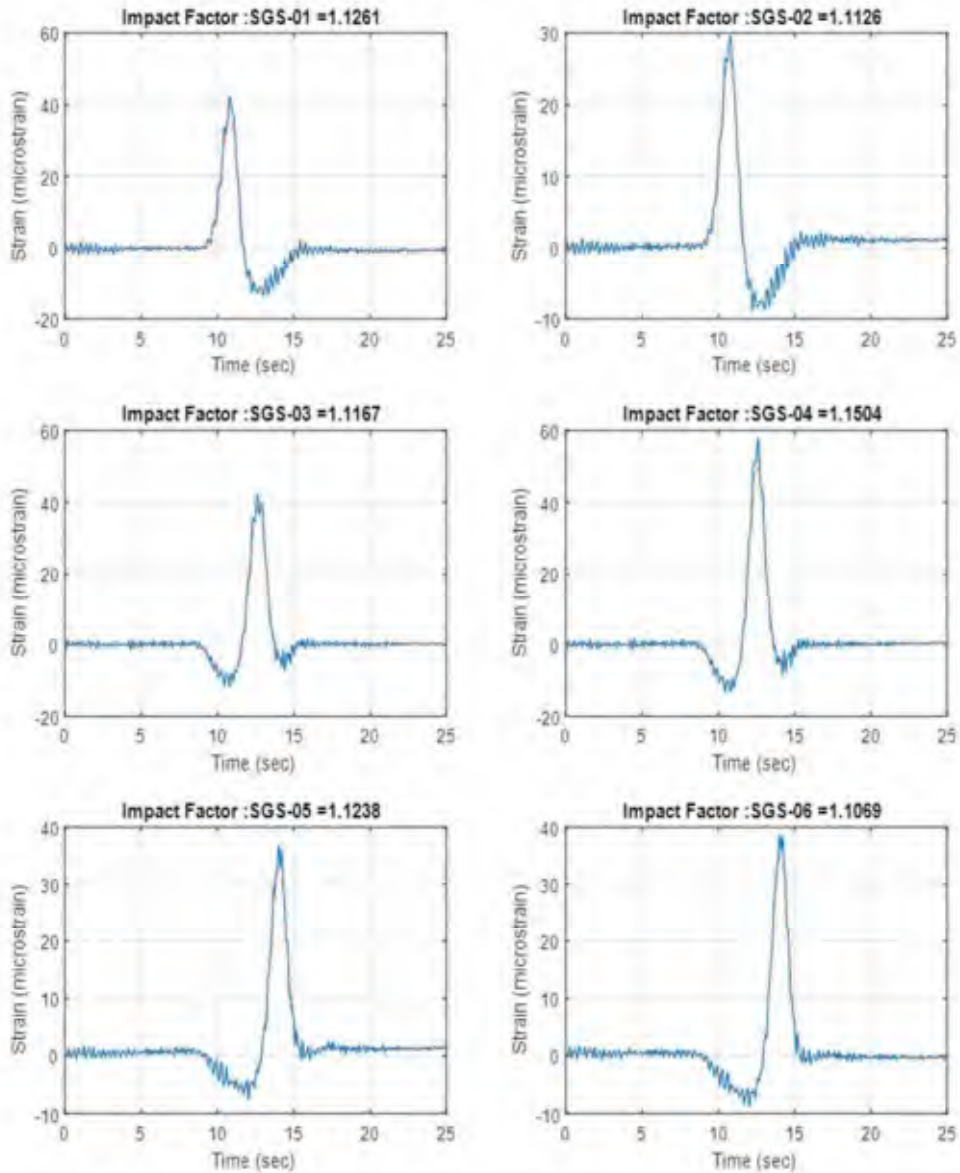
Dynamic Load Test 2 : 30 km/hr



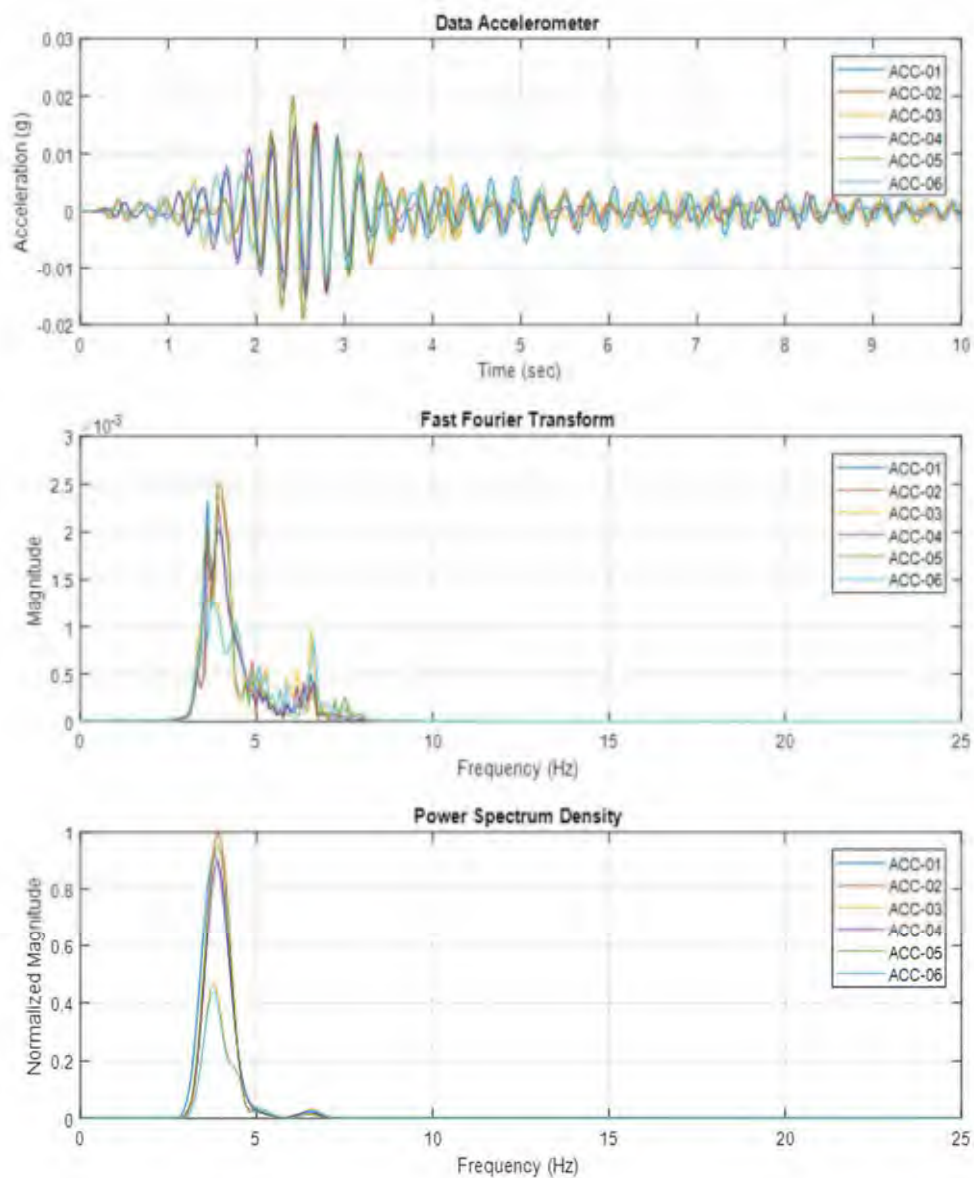
Dynamic Load Test 2 : 30 km/hr



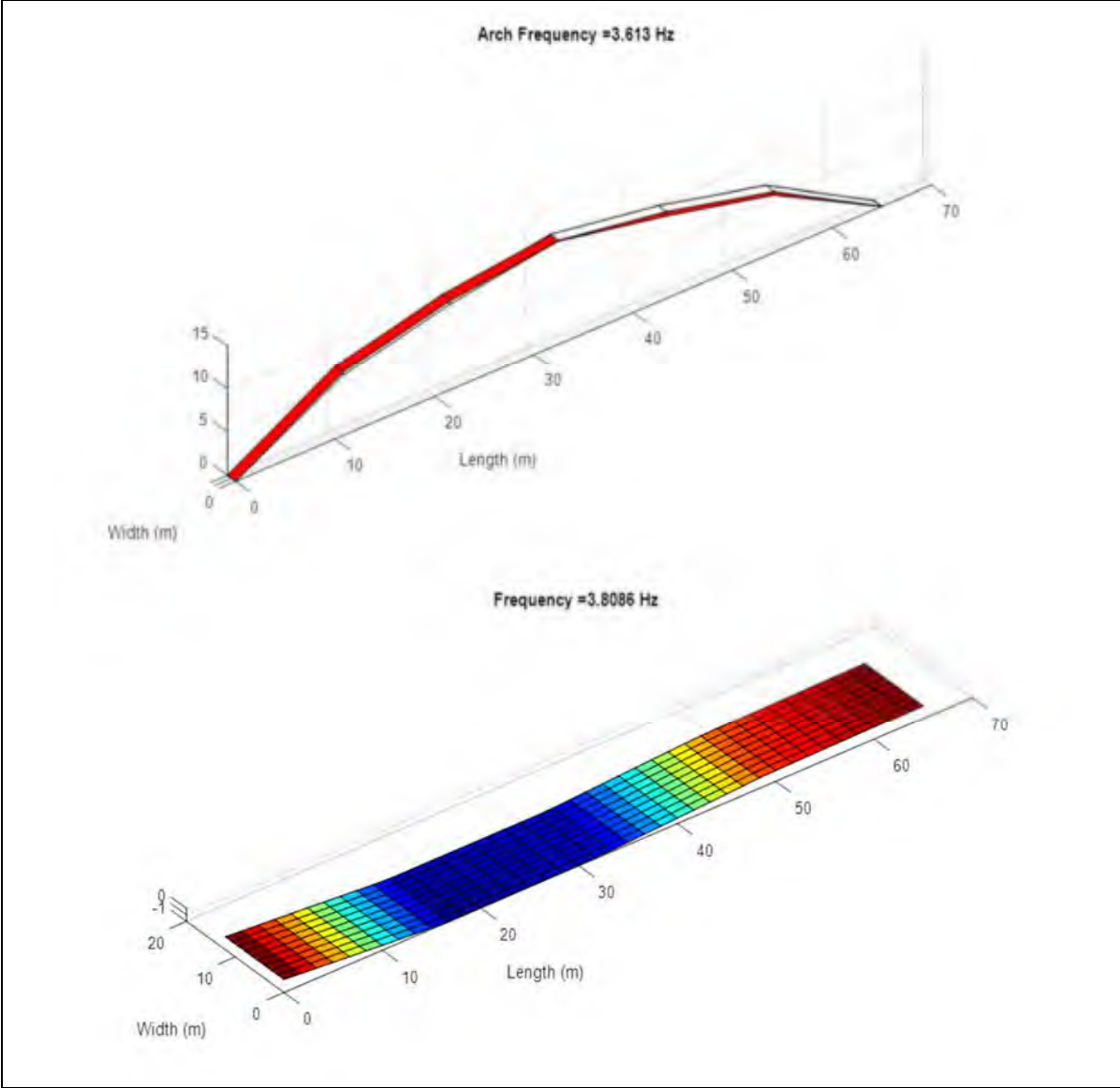
Dynamic Load Test 2 : 30 km/hr



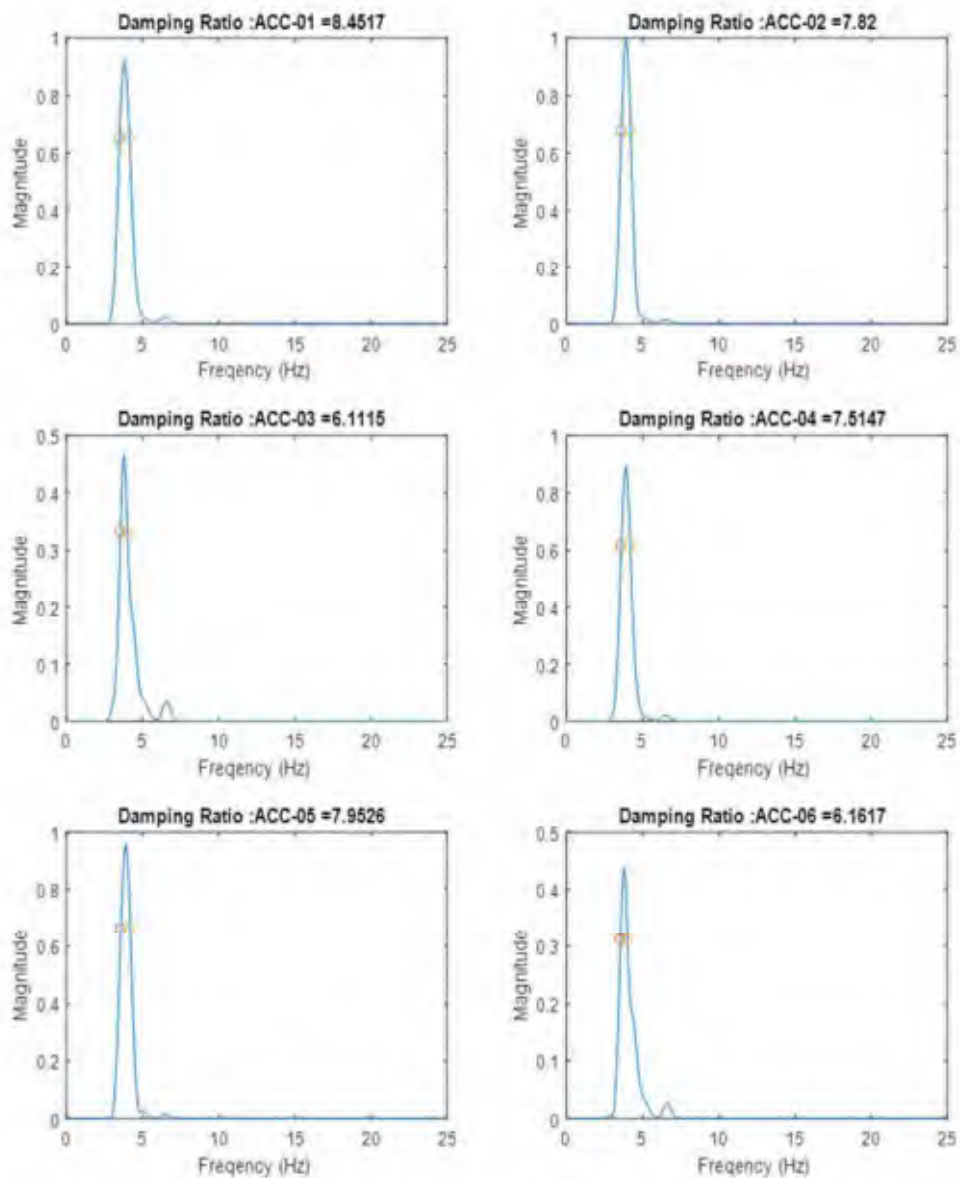
Dynamic Load Test 3 : 40 km/hr



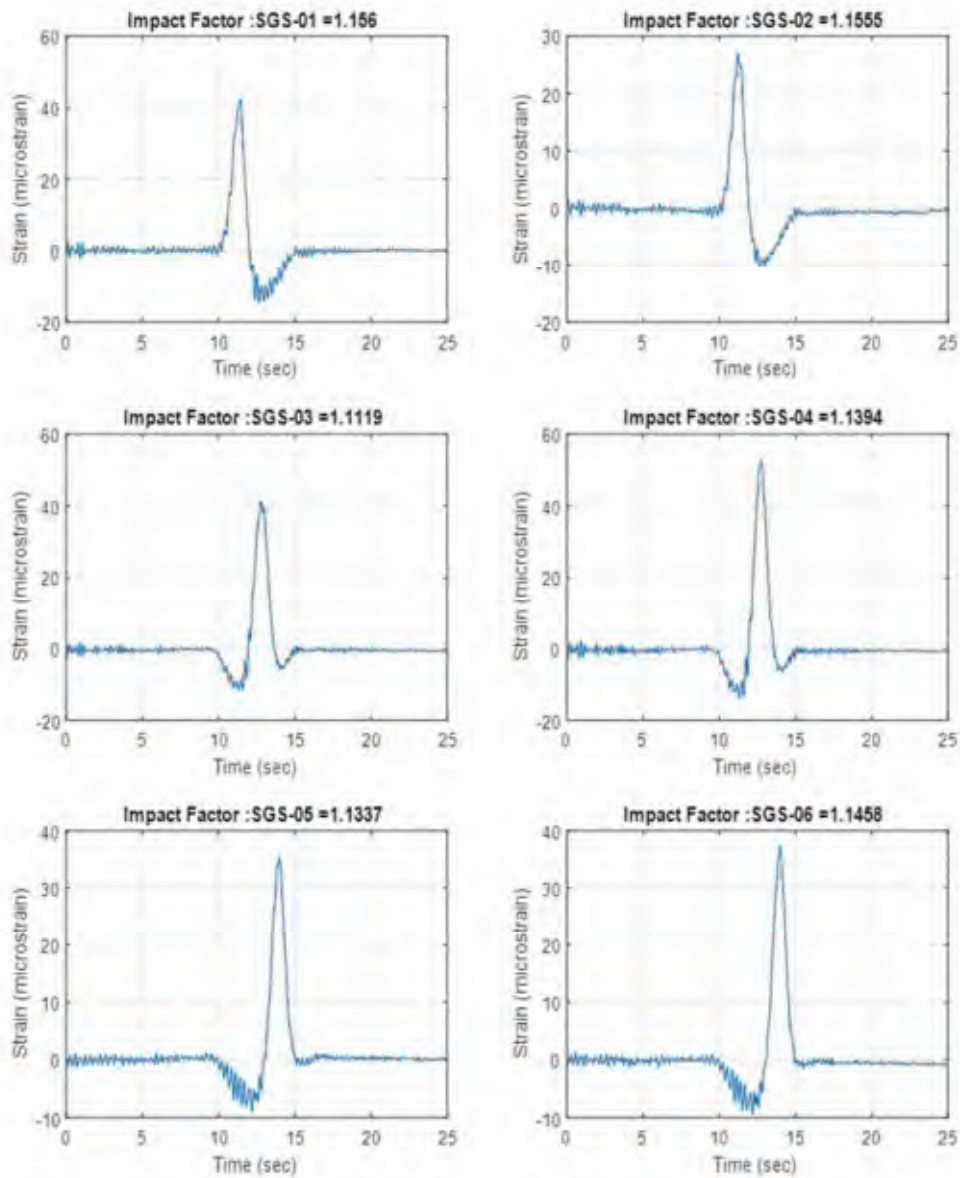
Dynamic Load Test 3 : 40 km/hr



Dynamic Load Test 3 : 40 km/hr



Dynamic Load Test 3 : 40 km/hr



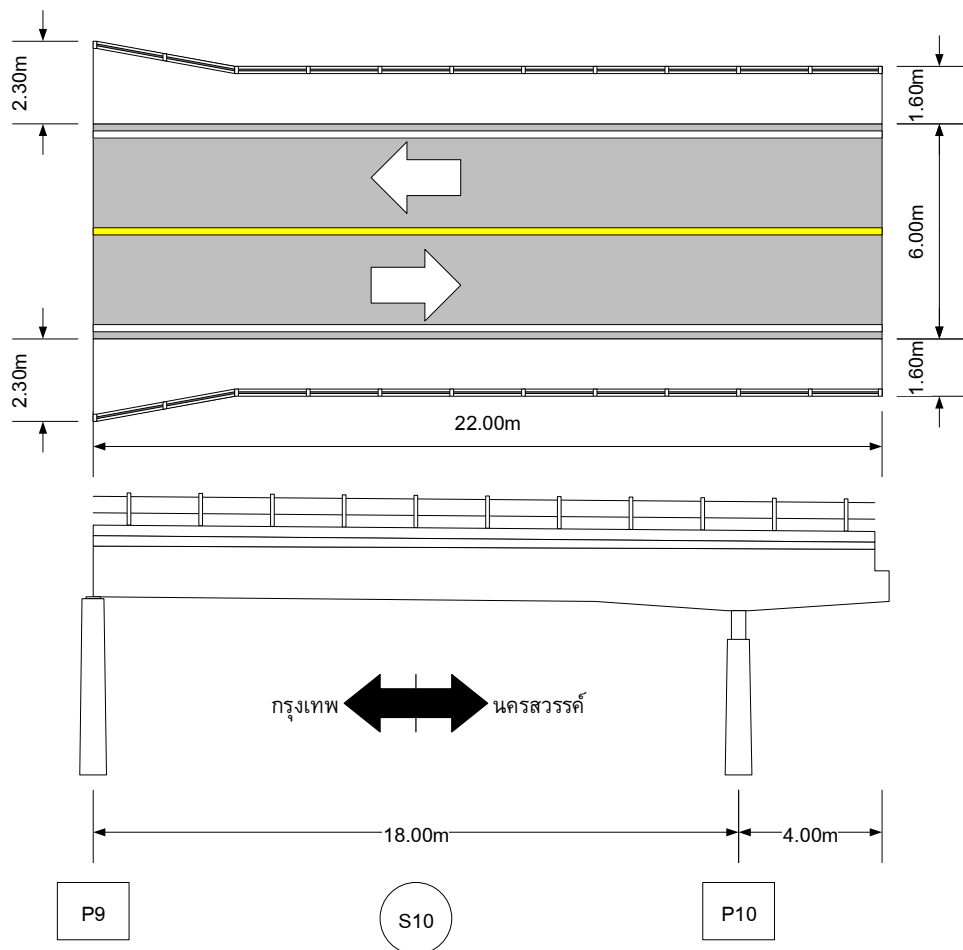
ตารางที่ 6.13-10 ผลการวิเคราะห์ Natural Frequency, Mode Shape, Damping Ratio และ Impact Factor

Dynamic Case	Speed (km/h)	Frequency (Hz)	Mode Shape (1st Mode)	Damping Ratio (%)	Impact Factor (IM)
Dynamic1	20	3.613	Bending Mode	5.754 - 5.984	1.061 - 1.137
Dynamic2	30	3.711	Bending Mode	5.431 - 9.233	1.107 - 1.150
Dynamic3	40	3.809	Bending Mode	6.112 - 8.452	1.112 - 1.156

6.14 ผลการตรวจวัดพฤติกรรมสะพานช่วงที่ 10 (Span 10)

โครงการนี้ได้ดำเนินการตรวจวัดพฤติกรรมโครงสร้างสะพานช่วงที่ 10 (Span 10) ความยาวช่วงระหว่างรอยต่อสะพานเท่ากับ 22 เมตร ความยาวช่วงระหว่างตอม่อเท่ากับ 18 เมตร โดยทำการทดสอบสะพานภายใต้สภาวะควบคุม ประกอบด้วย การทดสอบแบบสถิต และการทดสอบแบบพลวัต เมื่อวันที่ 26 พฤษภาคม 2563 ซึ่งมีรายละเอียดการตรวจวัดพฤติกรรมโครงสร้างสะพาน ดังนี้

6.14.1. ช่วงสะพานทดสอบ

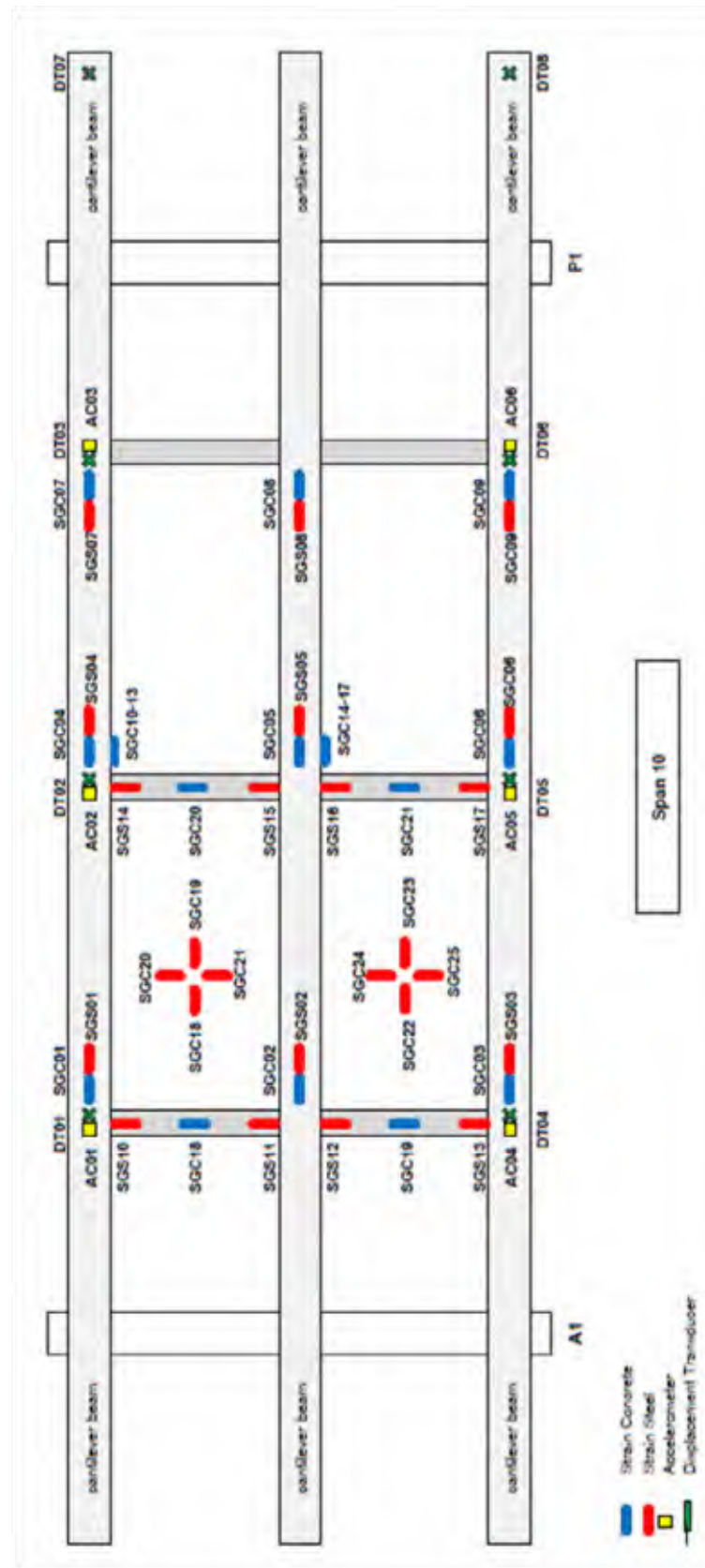


รูปที่ 6.14-1 ช่วงสะพานทดสอบ

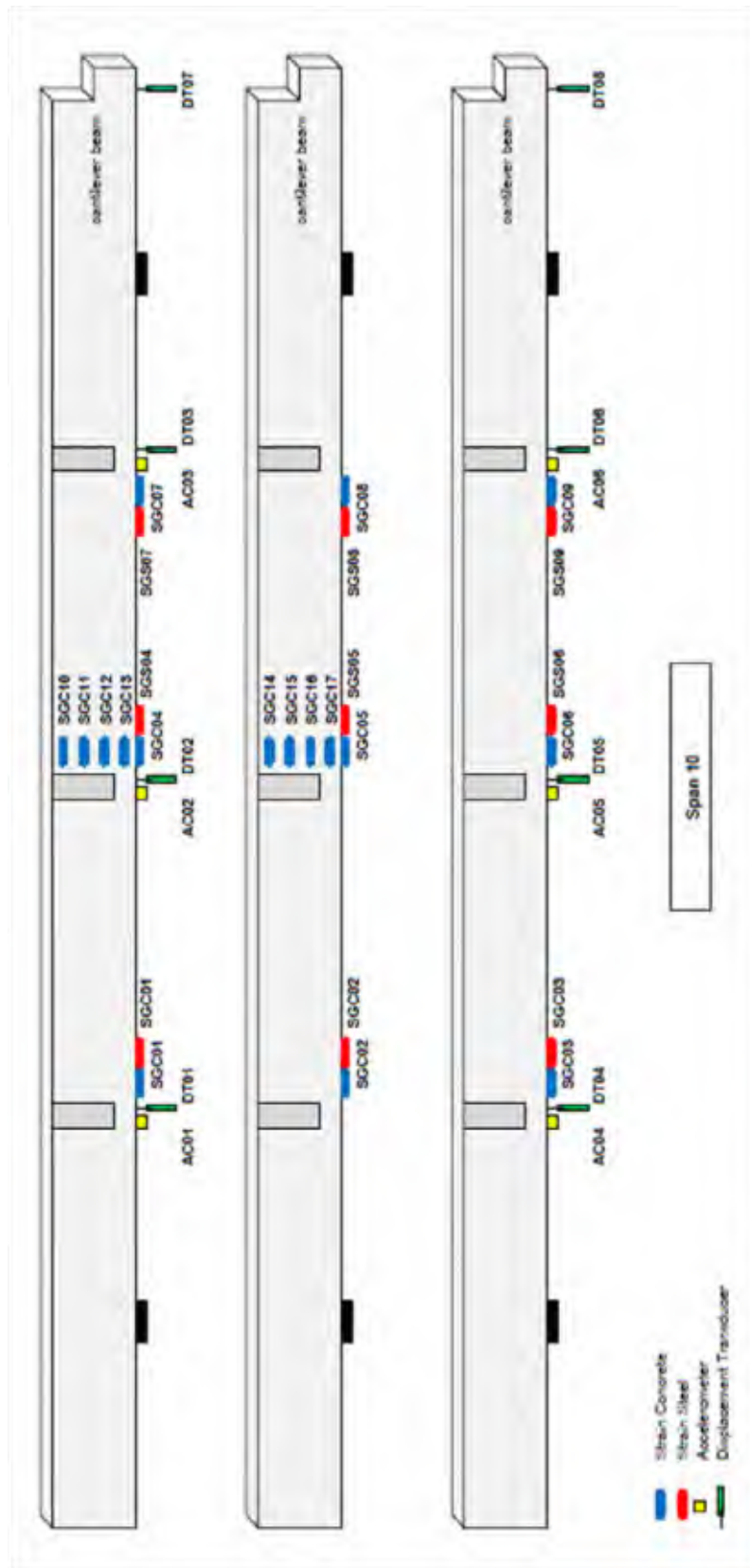
6.14.2. ตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัด

ในช่วงสะพานนี้ทำการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดความเครียดสำหรับคอนกรีต (Strain Gauge Concrete) จำนวน 21 ตำแหน่ง อุปกรณ์ตรวจวัดความเครียดสำหรับเหล็ก (Strain Gauge Steel) จำนวน 25 ตำแหน่ง อุปกรณ์ตรวจวัดการเคลื่อนที่ (Displacement Transducer) จำนวน 8 ตำแหน่ง และอุปกรณ์ตรวจวัดความเร่งจากการสั่นไหว (Accelerometer) จำนวน 6 ตำแหน่ง โดยมีรายละเอียดดังนี้

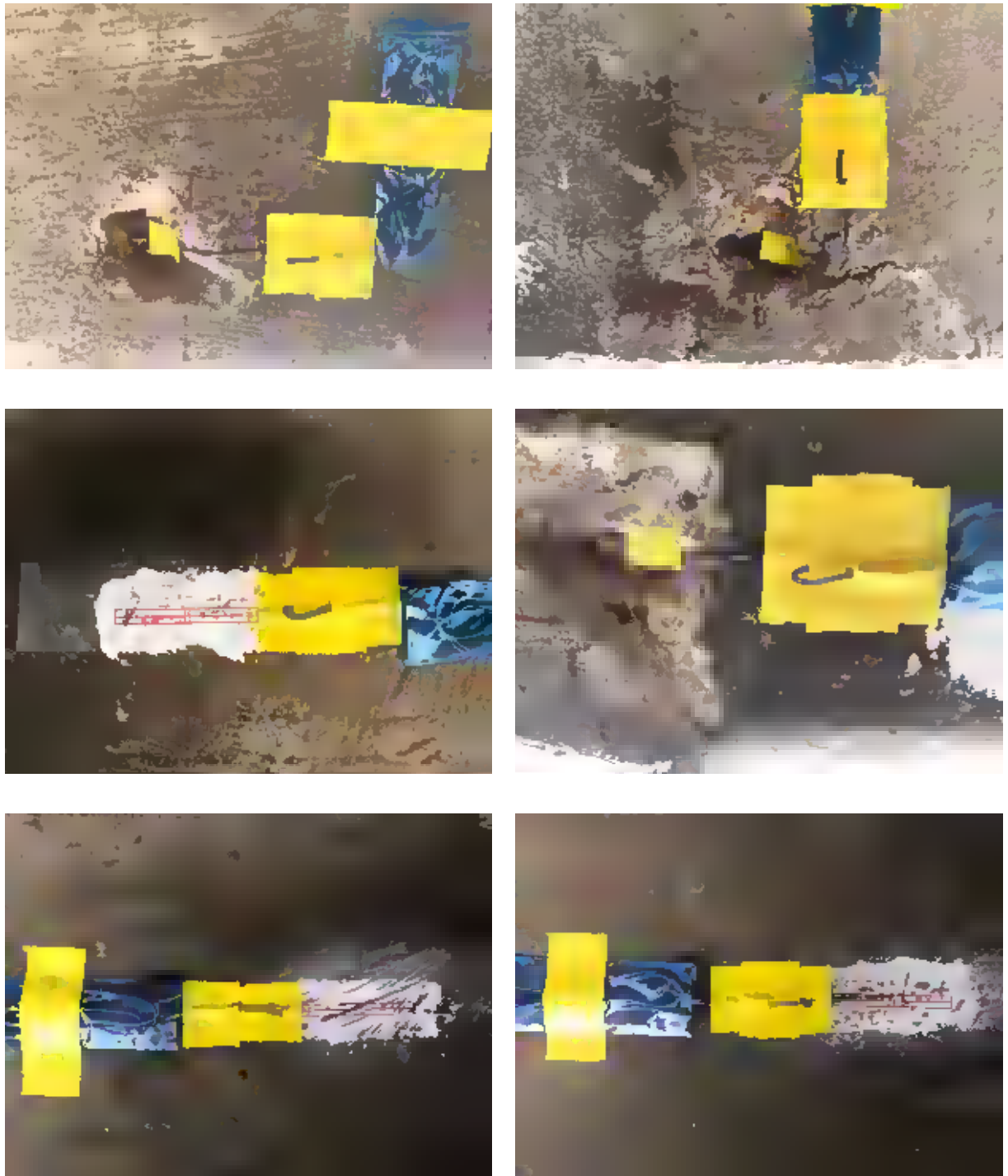




รูปที่ 6.14-2 ตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัด



รูปที่ 6.5-2 ตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัด (ต่อ)



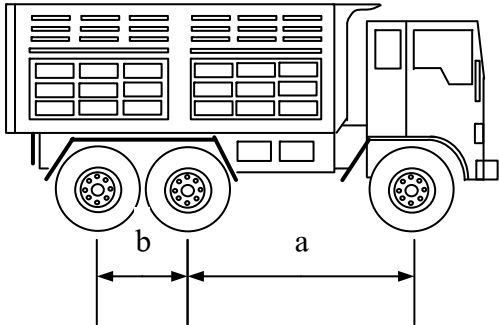
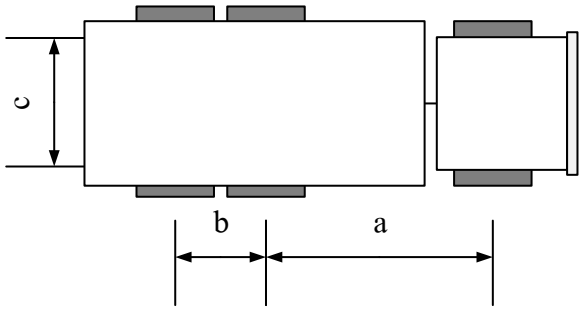
รูปที่ 6.14-3 ภาพการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดสะพานช่วงที่ 10 (Span 10)

6.14.3. น้ำหนักบรรทุกทดสอบ

ในช่วงสะพานนี้ได้ใช้รถบรรทุก 10 ล้อ จำนวน 2 คัน ประกอบด้วย รถบรรทุกเปล่าน้ำหนักรวมประมาณ 10 ตัน และรถบรรทุกน้ำหนักรวมประมาณ 18 ตัน ทดสอบสะพานภายใต้สภาวะควบคุม โดยมีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 6.14-1 น้ำหนักบรรทุกทดสอบ

คันที่	1	2
ประเภท	รถบรรทุกเปล่า (81-5301)	รถบรรทุกน้ำหนัก (81-5222)
น้ำหนักรถบรรทุก (ตัน)	10.570	18.280
ระยะเพลลาที่ 1 ถึง 2 (a, เมตร)	3.90	4.10
ระยะเพลลาที่ 2 ถึง 3 (b, เมตร)	1.30	1.30
ความกว้างฐานล้อ (c, เมตร)	1.90	1.90



รูปที่ 6.14-4 รถบรรทุกทดสอบ

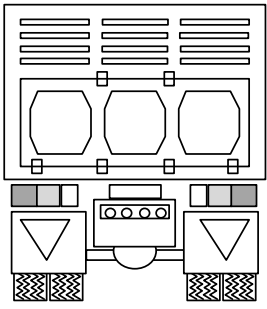
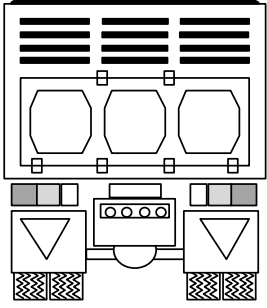


6.14.4. รูปแบบการทดสอบแบบสถิต

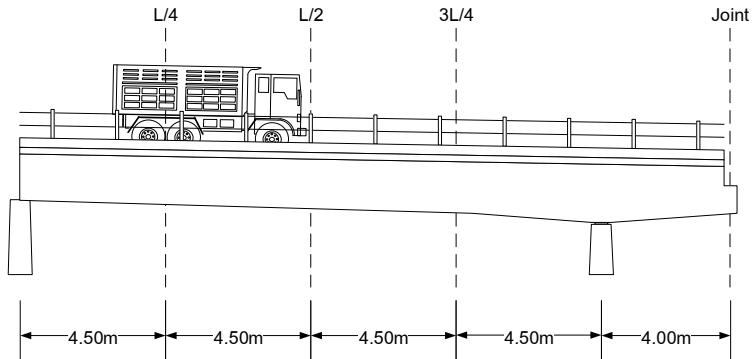
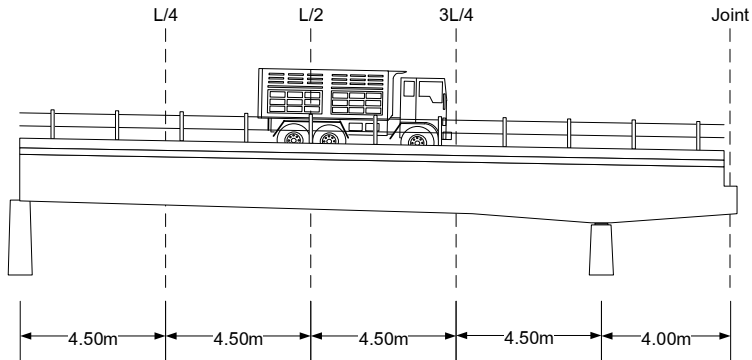
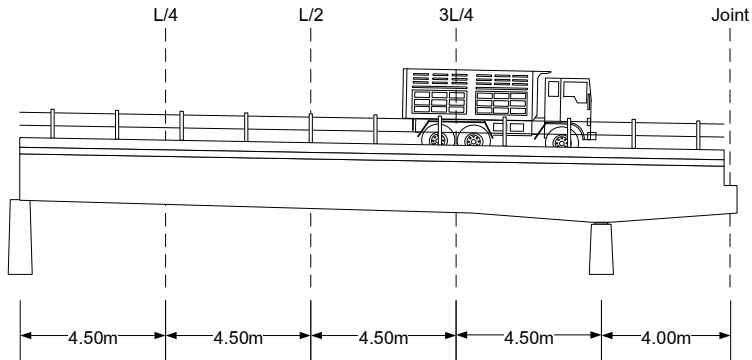
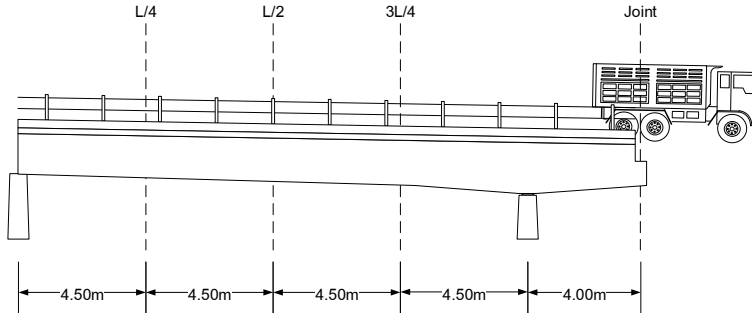
การทดสอบแบบสถิต (Static Test) ประกอบด้วย การทดสอบด้วยรถบรรทุกเปล่าและรถบรรทุกน้ำหนัก หลายรูปแบบโดยมีรายละเอียดดังนี้

- Static 1-1 : ทดสอบด้วยรถบรรทุกเปล่า จอดตามตำแหน่ง L/4, L/2, 3L/4 ของความยาวช่วงระหว่างตอม่อ และ Joint ในช่องจราจรทางซ้าย
- Static 1-2 : ทดสอบด้วยรถบรรทุกเปล่า จอดตามตำแหน่ง L/4, L/2, 3L/4 ของความยาวช่วงระหว่างตอม่อ และ Joint ในช่องจราจรทางขวา
- Static 1-3 : ทดสอบด้วยรถบรรทุกเปล่า จอดตามตำแหน่ง L/4, L/2, 3L/4 ของความยาวช่วงระหว่างตอม่อ และ Joint ที่กึ่งกลางสะพาน
- Static 2-1 : ทดสอบด้วยรถบรรทุกน้ำหนัก จอดตามตำแหน่ง L/4, L/2, 3L/4 ของความยาวช่วงระหว่างตอม่อ และ Joint ในช่องจราจรทางซ้าย
- Static 2-2 : ทดสอบด้วยรถบรรทุกน้ำหนัก จอดตามตำแหน่ง L/4, L/2, 3L/4 ของความยาวช่วงระหว่างตอม่อ และ Joint ในช่องจราจรทางขวา
- Static 2-3 : ทดสอบด้วยรถบรรทุกน้ำหนัก จอดตามตำแหน่ง L/4, L/2, 3L/4 ของความยาวช่วงระหว่างตอม่อ และ Joint ที่กึ่งกลางสะพาน

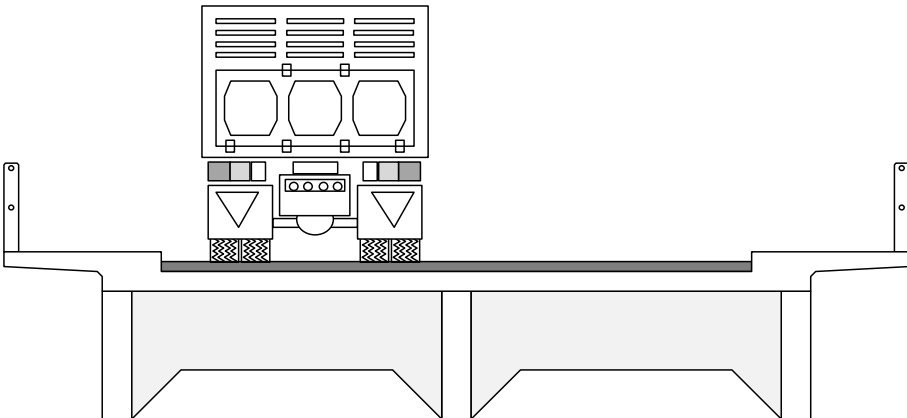
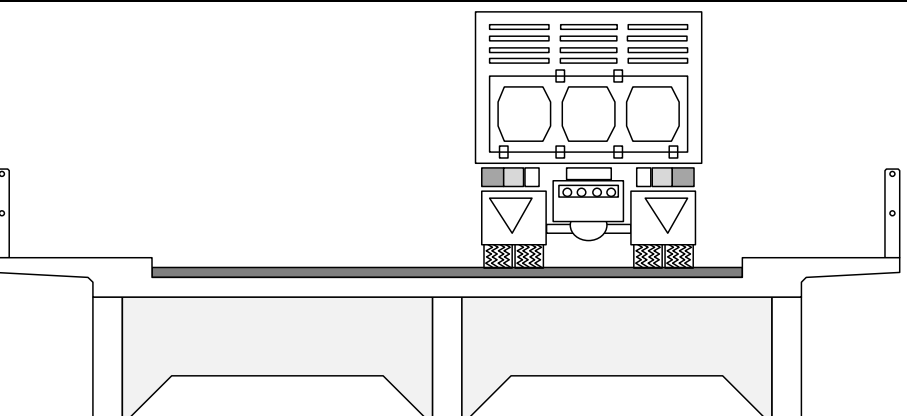
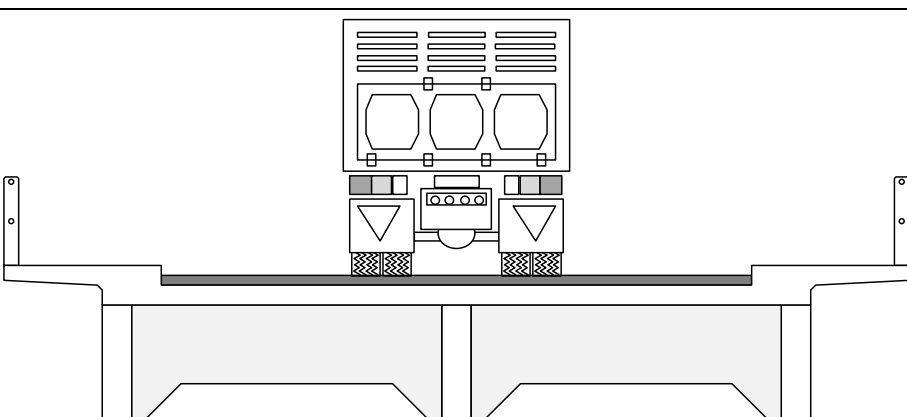
ตารางที่ 6.14-2 สัญลักษณ์รถบรรทุกทดสอบ

รถบรรทุก	สัญลักษณ์
รถบรรทุกเปล่า	
รถบรรทุกน้ำหนัก	

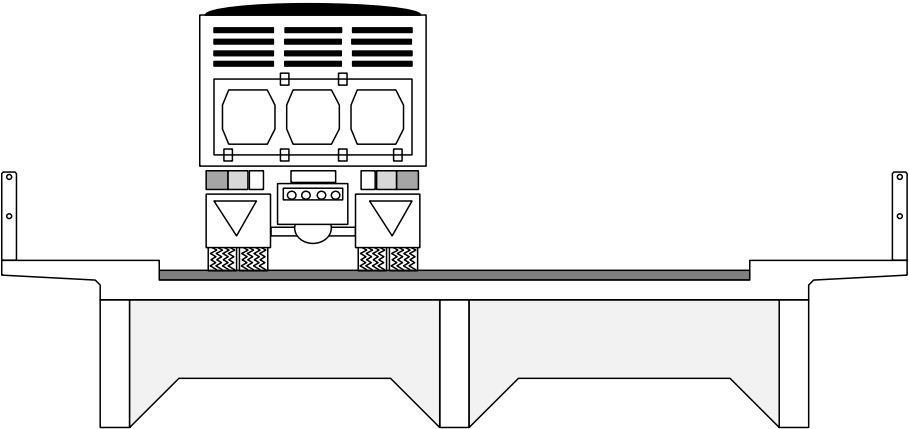
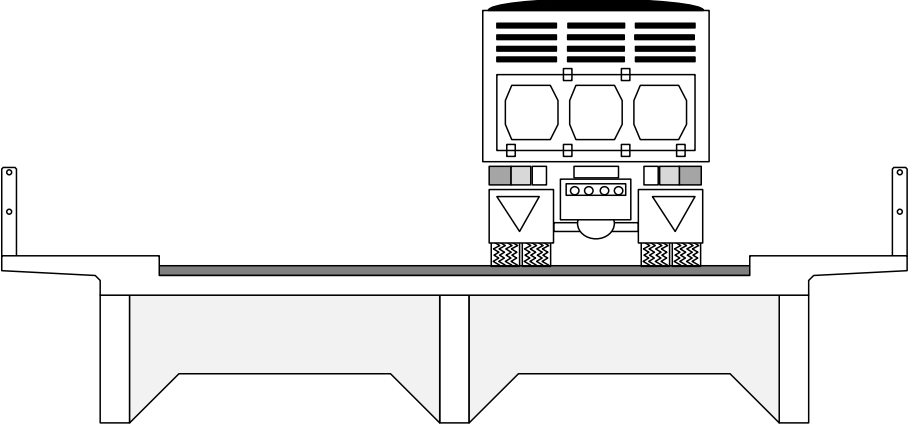
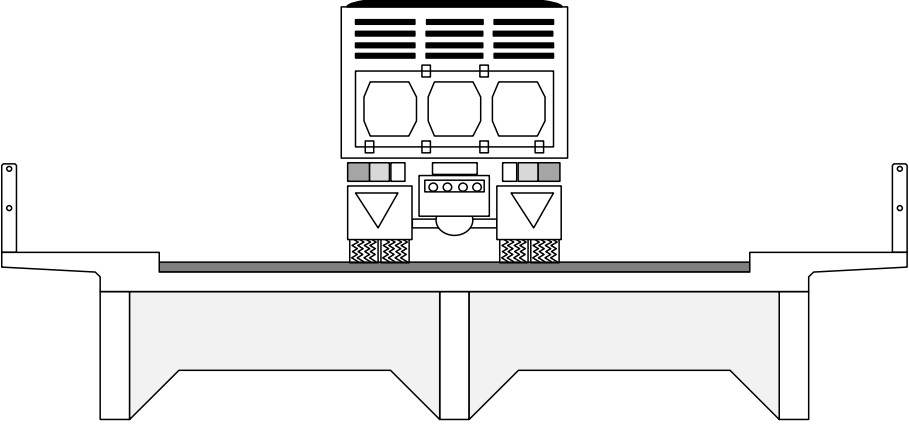
ตารางที่ 6.14-3 ระยะจอตรบรรทุกตามตำแหน่ง L/4, L/2, 3L/4 และ Joint

ระยะ	ตำแหน่งจอตรบรรทุก
L/4	
L/2	
3L/4	
Joint	

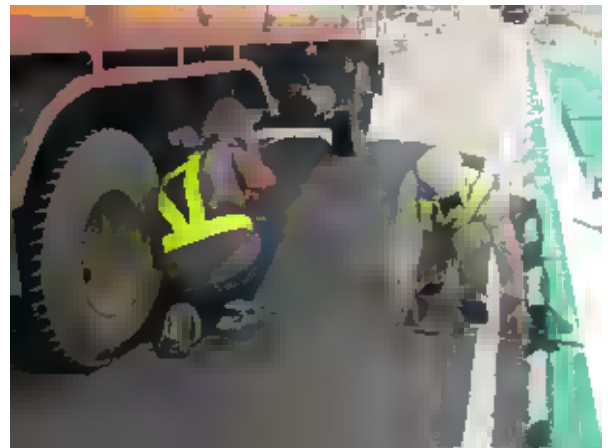
ตารางที่ 6.14-4 รูปแบบการทดสอบแบบสถิต ด้วยรถบรรทุกเปล่า

Case	Pattern
Static 1-1	
Static 1-2	
Static 1-3	

ตารางที่ 6.14-5 รูปแบบการทดสอบแบบสถิต ด้วยรถบรรทุกน้ำหนัก

Case	Pattern
Static 2-1	
Static 2-2	
Static 2-3	





รูปที่ 6.14-5 ภาพการทดสอบแบบสถิต

6.14.5. ผลการตรวจวัดพฤติกรรมสะพานแบบสถิต

ตารางที่ 6.14-6 ผลการตรวจวัดพฤติกรรมสะพานแบบสถิต ด้วยรถบรรทุกเปล่า

Time (s)	Static 1-1				Static 1-2				Static 1-3			
	L/4	L/2	3L/4	Joint	L/4	L/2	3L/4	Joint	L/4	L/2	3L/4	Joint
DT-01	-0.694	-0.618	-0.292	0.252	-0.245	-0.208	-0.065	0.183	-0.390	-0.347	-0.117	0.266
DT-02	-0.854	-0.963	-0.526	0.407	-0.310	-0.305	-0.127	0.225	-0.485	-0.536	-0.209	0.393
DT-03	-0.538	-0.648	-0.400	0.346	-0.206	-0.211	-0.087	0.165	-0.304	-0.359	-0.152	0.318
DT-04	-0.207	-0.184	-0.073	0.137	-0.547	-0.494	-0.194	0.263	-0.340	-0.319	-0.130	0.197
DT-05	-0.213	-0.210	-0.106	0.196	-0.678	-0.745	-0.346	0.363	-0.402	-0.440	-0.213	0.279
DT-06	-0.190	-0.200	-0.101	0.151	-0.456	-0.566	-0.311	0.333	-0.300	-0.355	-0.179	0.247
DT-07	0.396	0.540	0.291	-0.659	0.127	0.146	0.042	-0.258	0.315	0.358	0.186	-0.368
DT-08	0.122	0.125	0.067	-0.169	0.282	0.353	0.168	-0.565	0.204	0.247	0.120	-0.340
SGC-01	8.382	4.923	0.935	-2.370	1.804	1.329	0.619	-0.396	3.952	3.629	1.943	-0.469
SGC-02	54.351	34.961	12.311	-11.179	57.920	27.880	9.119	-8.768	63.529	33.819	9.712	-8.656
SGC-03	0.521	0.831	0.835	0.346	0.881	0.648	0.229	-0.052	0.265	0.369	-0.335	-0.723
SGC-04	48.484	56.224	27.744	-21.406	15.657	14.037	6.398	-10.543	29.060	31.070	15.170	-15.820
SGC-05	72.623	94.403	33.713	-30.647	65.653	91.713	26.583	-29.917	71.095	101.695	27.535	-31.335
SGC-06	0.296	1.623	0.273	-0.456	2.438	1.213	0.277	-0.560	0.179	0.610	-0.258	-1.450
SGC-07	35.716	61.756	42.056	-32.964	15.086	16.156	6.648	-14.624	24.570	34.400	17.820	-22.810
SGC-08	36.642	64.992	39.022	-38.248	34.544	66.074	44.404	-37.106	33.563	68.913	47.033	-41.187
SGC-09	2.121	4.990	3.223	-1.837	5.394	6.711	4.184	-2.033	4.168	4.060	1.198	-3.471
SGC-10	2.598	6.407	3.311	-1.411	1.256	0.604	1.908	0.848	3.634	3.765	2.576	1.711
SGC-11	0.808	1.690	1.263	-1.467	-0.715	-0.613	-0.821	-0.669	-1.146	-0.123	-0.019	-1.302
SGC-12	1.320	-0.398	0.054	-0.980	-0.160	-0.458	-1.625	-0.429	-1.408	-1.400	-0.844	-1.581
SGC-13	119.436	85.526	5.925	-24.174	53.380	34.880	6.644	-14.120	87.481	62.631	6.488	-17.479
SGC-14	-0.602	-2.870	-1.054	-1.062	-0.813	-0.923	-0.773	-0.388	-2.921	-2.598	-1.177	-1.591
SGC-15	0.363	-1.690	-0.373	-0.333	0.025	0.040	-0.100	-0.644	-1.369	-1.833	-0.654	-1.410
SGC-16	0.685	-1.084	-0.867	0.308	-0.073	-0.240	-0.917	-0.198	-2.158	-2.569	-2.308	-1.600
SGC-17	2.617	2.152	1.244	-0.265	1.729	1.265	0.344	-0.789	0.529	0.256	-1.277	-1.679
SGC-18	4.232	4.896	0.435	0.973	0.938	0.544	0.623	1.288	0.523	1.198	-1.051	-0.723
SGC-19	-0.554	-0.571	-0.427	0.738	-1.261	-1.261	-1.575	0.240	-2.448	-2.450	-2.112	-0.898
SGC-20	15.433	48.723	56.683	-1.958	9.412	9.865	3.620	-2.998	16.903	43.233	41.633	-5.626
SGC-21	-0.444	0.481	-0.429	-0.825	0.504	-0.119	-0.383	-0.088	-0.921	-0.783	-1.107	-1.934



ตารางที่ 6.5-6 ผลการตรวจวัดพฤติกรรมสะพานแบบสถิต ด้วยรถบรรทุกเปล่า (ต่อ)

Time (s)	Static 1-1				Static 1-2				Static 1-3			
	L/4	L/2	3L/4	Joint	L/4	L/2	3L/4	Joint	L/4	L/2	3L/4	Joint
SGS-01	27.593	21.833	7.637	-9.663	9.781	8.512	2.787	-5.694	18.050	14.710	4.820	-7.003
SGS-02	28.059	19.259	5.446	-7.698	31.856	18.526	4.473	-7.619	33.135	20.445	4.345	-7.255
SGS-03	8.807	7.775	2.042	-6.073	23.500	17.330	3.877	-9.390	14.209	11.819	3.239	-7.142
SGS-04	42.375	49.135	22.585	-21.635	15.718	13.528	5.505	-9.963	25.878	27.868	11.068	-16.192
SGS-05	31.687	38.127	12.067	-14.533	29.433	37.143	9.685	-15.247	31.468	41.408	9.178	-15.793
SGS-06	8.790	9.065	3.085	-7.281	26.650	30.486	9.766	-13.894	16.430	17.120	6.342	-11.000
SGS-07	26.887	40.337	25.137	-24.843	11.794	11.394	4.023	-11.636	17.982	23.032	9.173	-18.708
SGS-08	10.152	20.352	16.882	-18.278	8.700	19.726	17.716	-18.454	7.886	20.947	20.567	-19.073
SGS-09	9.878	12.018	5.554	-10.742	22.799	34.380	19.249	-22.871	13.499	20.249	8.140	-18.471
SGS-10	-16.690	49.510	-5.410	10.040	51.070	51.993	41.905	35.280	8.446	4.404	-3.908	43.572
SGS-11	42.899	49.749	16.239	-5.311	40.323	42.643	16.963	-5.548	58.575	69.785	23.045	-8.419
SGS-12	39.576	44.906	17.876	-6.000	53.503	58.933	18.833	-5.577	66.005	79.685	25.015	-11.905
SGS-13	1.040	1.069	1.130	-1.508	19.757	24.717	3.492	-0.750	8.948	10.849	2.761	-3.191
SGS-14	4.186	14.220	16.170	-0.242	1.523	-0.492	-3.156	-0.408	3.609	6.848	3.996	-2.366
SGS-15	9.039	18.843	18.143	-5.725	7.073	9.575	5.925	-3.907	11.009	23.579	20.419	-8.087
SGS-16	13.433	24.553	18.233	-6.330	18.042	30.132	22.882	-7.610	21.539	42.319	35.499	-11.281
SGS-17	1.950	2.179	-0.146	-1.596	4.687	14.870	18.220	-0.608	5.483	9.194	6.969	-2.129
SGS-18	5.410	4.787	-3.056	0.525	-0.381	-0.335	-1.602	0.456	3.378	2.707	-3.970	-1.270
SGS-19	5.888	5.429	-3.727	-0.485	-0.846	-0.542	-2.194	-0.515	3.733	4.679	-4.152	-2.115
SGS-20	3.906	6.608	2.673	0.085	0.173	-0.031	1.050	0.938	1.452	4.965	0.975	-1.067
SGS-21	3.146	6.165	2.483	-0.348	0.469	-0.419	0.292	0.069	1.098	4.212	0.475	-1.232
SGS-22	0.446	2.019	0.542	0.400	13.242	8.750	-2.748	0.058	1.550	2.780	-3.291	-2.081
SGS-23	0.263	1.986	0.571	-0.396	13.179	9.796	-1.296	0.981	1.556	3.110	-3.252	-3.056
SGS-24	-0.492	-0.494	0.031	0.331	7.961	10.284	1.861	1.473	-1.863	-1.844	-0.510	-1.863
SGS-25	-0.842	-0.648	-0.092	0.058	8.367	10.741	1.836	1.344	-2.602	-2.631	-0.811	-2.321

ตารางที่ 6.14-7 ผลการตรวจวัดพฤติกรรมสะพานแบบสถิต ด้วยรถบรรทุกน้ำหนัก

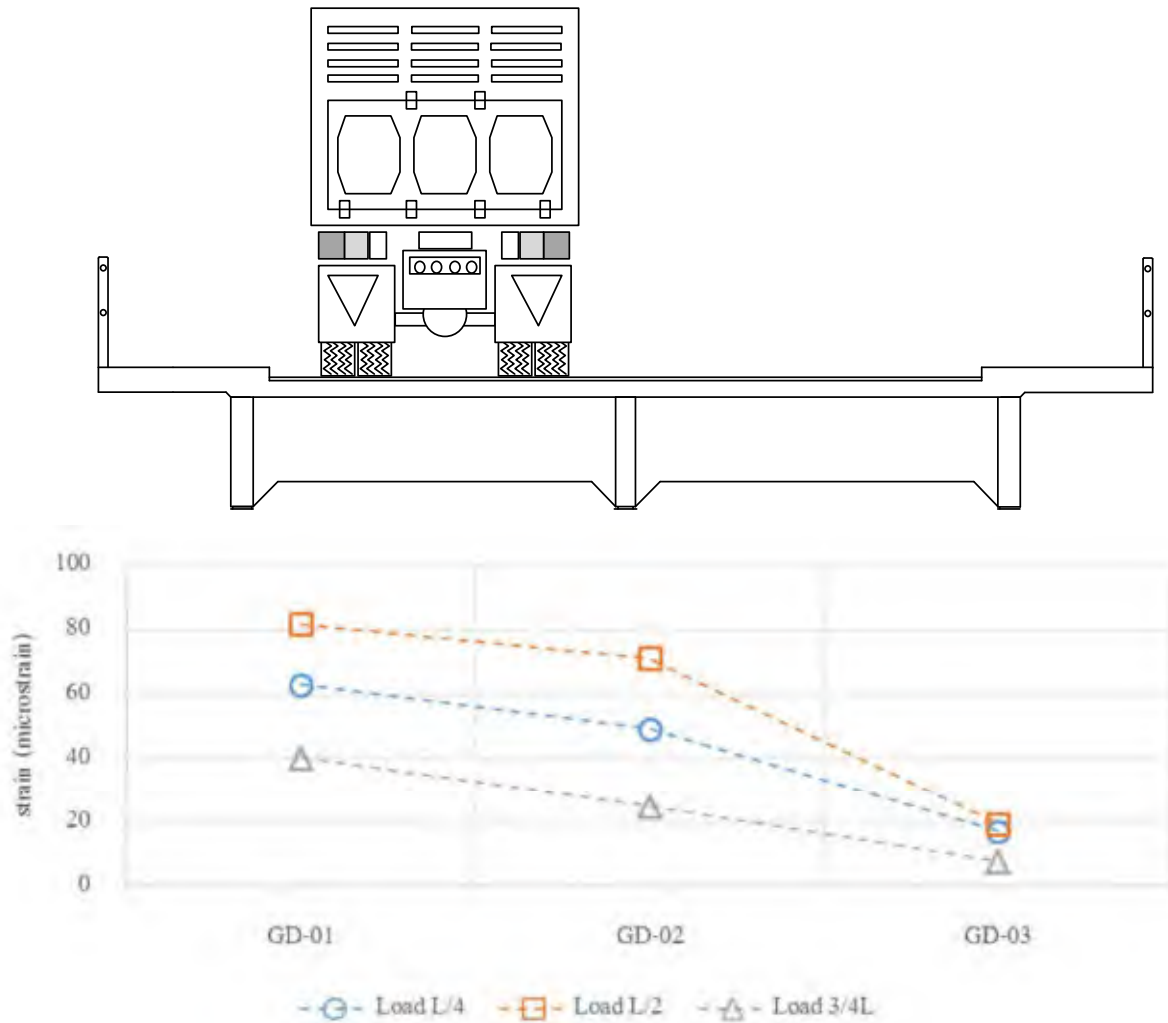
Time (s)	Static 2-1				Static 2-2				Static 2-3			
	L/4	L/2	3L/4	Joint	L/4	L/2	3L/4	Joint	L/4	L/2	3L/4	Joint
DT-01	-1.118	-1.098	-0.577	0.373	-0.429	-0.410	-0.203	0.253	-0.637	-0.626	-0.293	0.329
DT-02	-1.339	-1.605	-0.914	0.698	-0.521	-0.586	-0.323	0.343	-0.781	-0.938	-0.494	0.526
DT-03	-0.846	-1.089	-0.729	0.557	-0.338	-0.397	-0.223	0.253	-0.479	-0.610	-0.344	0.430
DT-04	-0.388	-0.381	-0.182	0.188	-0.942	-0.889	-0.429	0.392	-0.655	-0.645	-0.311	0.272
DT-05	-0.493	-0.518	-0.253	0.262	-1.197	-1.334	-0.697	0.590	-0.830	-0.932	-0.466	0.405
DT-06	-0.356	-0.402	-0.230	0.208	-0.753	-0.966	-0.617	0.538	-0.550	-0.688	-0.401	0.376
DT-07	0.566	0.752	0.351	-1.114	0.192	0.236	0.105	-0.368	0.375	0.488	0.270	-0.574
DT-08	0.218	0.256	0.130	-0.309	0.459	0.604	0.339	-0.938	0.383	0.494	0.291	-0.554
SGC-01	12.339	10.879	4.186	-3.416	2.808	4.064	1.514	-4.000	7.015	7.079	3.417	-1.744
SGC-02	99.002	70.232	22.532	-16.058	105.993	56.273	18.813	-14.547	111.959	63.699	20.839	-13.981
SGC-03	0.013	1.313	0.631	-0.985	-0.065	0.756	0.735	-0.952	0.698	0.885	0.392	-0.854
SGC-04	72.605	93.125	49.205	-37.155	25.678	26.928	15.998	-18.622	43.780	52.250	30.190	-25.300
SGC-05	113.194	172.384	62.154	-48.596	100.008	175.188	54.168	-51.672	116.296	202.686	62.526	-47.244
SGC-06	-0.463	0.369	-1.129	-2.654	-0.200	1.219	0.044	-4.271	-0.417	-0.581	0.188	-3.588
SGC-07	55.056	98.126	78.346	-51.154	25.239	32.239	16.879	-23.791	39.673	61.623	37.373	-34.368
SGC-08	71.662	124.472	84.812	-56.388	54.485	115.275	106.585	-66.335	68.050	147.110	108.550	-58.130
SGC-09	4.754	8.033	4.127	-1.725	5.634	9.231	4.775	-7.110	5.789	7.496	3.527	-5.634
SGC-10	4.200	8.723	5.871	5.815	2.491	4.177	3.975	3.981	1.542	2.552	2.879	3.654
SGC-11	-3.321	-2.936	-3.659	-9.553	-1.856	-1.054	0.423	-3.637	0.088	2.348	3.100	-1.398
SGC-12	0.963	-0.075	0.633	-4.112	-0.800	-0.023	1.579	-2.492	0.206	0.758	1.653	-1.457
SGC-13	196.807	181.027	6.840	-40.213	92.620	68.260	17.810	-23.430	140.968	110.568	15.348	-26.442
SGC-14	-2.116	-5.064	0.146	-1.971	-1.523	-1.050	1.486	-0.769	-1.511	-0.648	2.846	0.673
SGC-15	-1.402	-2.658	1.040	-2.996	0.477	1.040	2.102	-2.383	0.369	2.231	3.698	-0.390
SGC-16	-0.887	-1.105	0.054	-0.715	-0.567	-0.133	0.829	-0.988	0.227	1.465	1.358	1.121
SGC-17	1.211	3.502	1.740	-1.869	1.911	2.881	2.031	-1.927	1.958	3.875	2.306	-0.463
SGC-18	2.167	6.079	0.063	-1.271	-0.265	-0.079	0.911	-0.504	1.321	2.215	1.267	0.467
SGC-19	-0.994	-1.417	-1.427	-0.979	-2.496	-2.748	-0.540	-0.071	-3.190	-3.942	-1.540	-0.158
SGC-20	26.142	81.102	113.612	-6.704	15.628	22.608	11.118	-7.159	30.109	73.989	82.459	-8.860
SGC-21	0.286	0.523	0.556	-0.552	-0.608	-0.365	-0.602	-1.048	-0.048	-0.085	0.538	-1.025



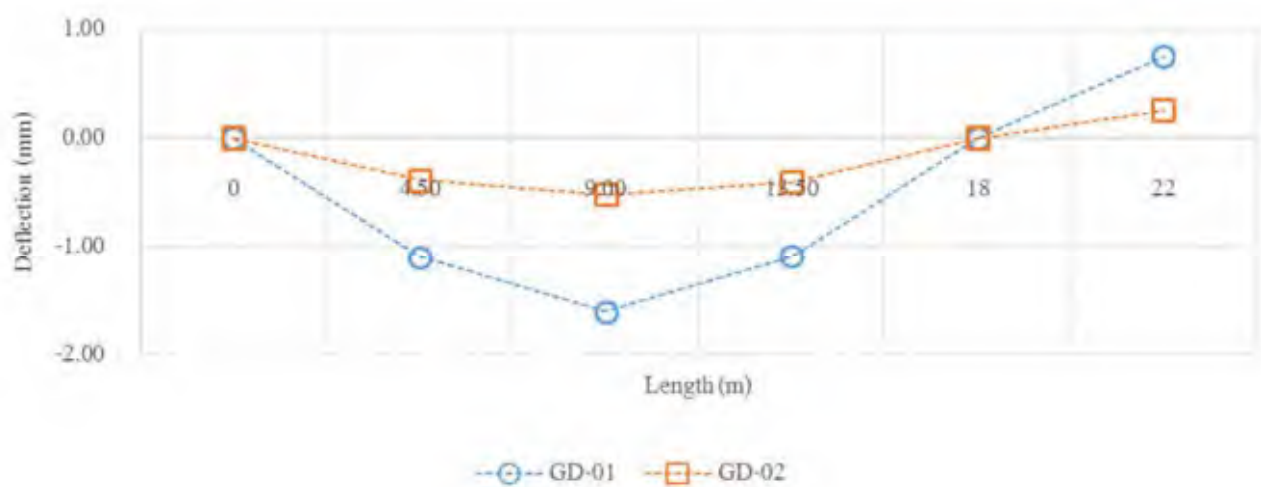
ตารางที่ 6.5-7 ผลการตรวจวัดพฤติกรรมสะพานแบบสถิต ด้วยรถบรรทุกน้ำหนัก (ต่อ)

Time (s)	Static 2-1				Static 2-2				Static 2-3			
	L/4	L/2	3L/4	Joint	L/4	L/2	3L/4	Joint	L/4	L/2	3L/4	Joint
SGS-01	46.724	38.224	11.794	-15.496	17.495	17.845	7.271	-8.717	28.985	27.395	11.425	-10.245
SGS-02	47.239	37.699	10.369	-12.631	53.790	35.450	10.240	-12.400	53.050	37.380	11.090	-11.740
SGS-03	17.609	17.789	6.594	-9.169	41.254	33.804	11.544	-12.936	28.316	25.446	10.436	-9.119
SGS-04	63.112	81.712	40.282	-35.988	24.778	26.768	13.898	-18.122	40.913	49.543	25.133	-23.707
SGS-05	49.263	71.033	24.963	-23.377	43.751	67.811	21.141	-25.469	49.934	79.794	24.104	-22.726
SGS-06	17.046	19.546	7.669	-11.974	43.149	54.559	23.529	-22.021	31.616	37.066	18.236	-14.594
SGS-07	38.228	60.478	42.188	-43.132	19.464	23.344	11.334	-19.416	29.525	41.535	23.575	-28.115
SGS-08	14.953	35.643	35.733	-30.157	12.973	32.723	43.333	-30.107	11.270	37.370	43.500	-30.980
SGS-09	19.004	23.744	12.714	-15.816	33.956	57.376	37.586	-41.194	26.363	39.943	24.383	-26.407
SGS-10	18.688	90.268	27.668	20.008	23.339	24.200	14.754	-20.070	8.970	27.540	-7.390	-1.430
SGS-11	72.056	95.916	32.426	-10.164	66.385	84.415	37.725	-10.875	95.003	131.163	46.773	-13.297
SGS-12	65.885	83.035	33.165	-12.895	84.437	114.767	43.427	-11.293	104.448	143.048	49.448	-16.672
SGS-13	4.227	4.029	2.975	-1.602	30.878	50.638	13.648	-2.436	20.330	26.650	11.230	-3.432
SGS-14	6.985	24.561	36.151	0.481	2.828	1.942	-0.767	0.465	5.236	10.567	9.194	-0.896
SGS-15	14.292	35.502	36.142	-8.804	11.645	20.195	16.555	-5.618	16.807	39.667	43.237	-11.203
SGS-16	24.304	45.304	40.944	-11.094	28.111	55.601	55.231	-14.629	37.638	77.548	72.518	-15.092
SGS-17	4.927	6.329	1.392	-1.663	7.796	26.005	41.925	-1.367	8.342	17.125	16.825	-2.668
SGS-18	5.933	9.266	-3.569	0.927	-0.904	1.619	0.417	-0.552	4.343	7.171	-1.021	1.073
SGS-19	7.112	9.689	-4.804	-0.306	-1.144	1.677	0.781	-0.690	4.331	10.743	-0.744	0.394
SGS-20	6.529	15.645	8.043	0.160	0.850	2.515	4.165	-0.923	4.437	10.121	7.606	1.129
SGS-21	5.406	14.442	7.515	-1.025	0.637	1.317	3.050	-2.008	4.360	8.488	7.098	0.240
SGS-22	2.384	5.707	2.105	0.078	16.423	21.873	-2.138	-0.844	9.342	16.228	1.386	0.485
SGS-23	1.769	4.927	1.260	-0.644	16.250	22.200	-1.904	-1.327	8.327	15.317	0.700	-0.717
SGS-24	0.240	0.807	0.421	-0.202	7.821	17.373	7.146	-0.144	2.767	4.611	4.690	-0.094
SGS-25	0.284	0.319	-0.018	-0.420	8.863	18.281	7.167	-0.431	2.577	3.216	4.541	-0.108

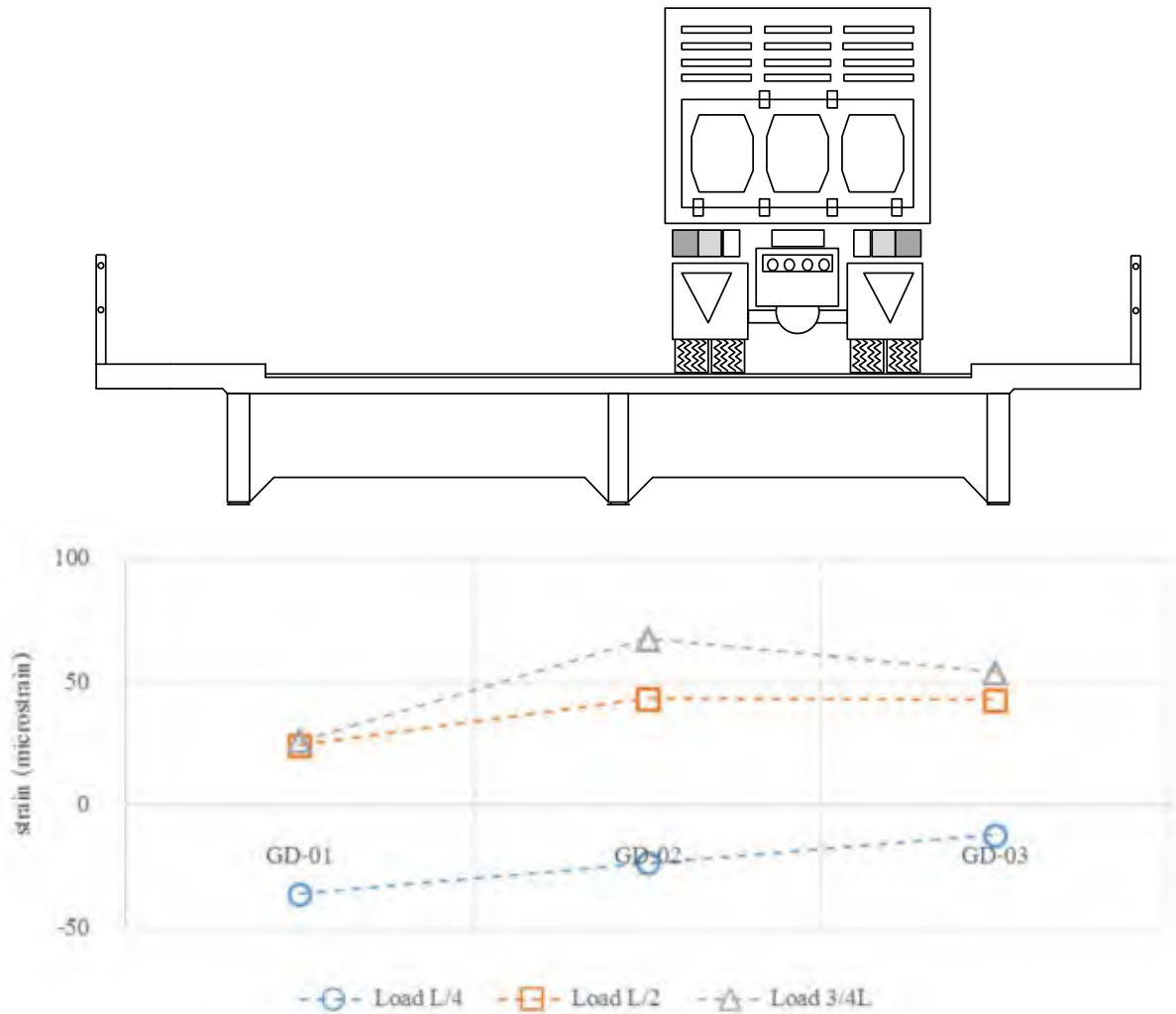
เมื่อพิจารณาการกระจายค่าความเครียดของเหล็กตามขวางกรณีรถบรรทุกน้ำหนักสามารถแสดงผลได้ดังรูปที่ 6.14-6, รูปที่ 6.14-8 และรูปที่ 6.14-10 เมื่อพิจารณาค่าการแอ่นตัวของคานสะพานกรณีรถบรรทุกน้ำหนักสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 6.14-7 รูปที่ 6.14-9 และรูปที่ 6.14-11 เมื่อพิจารณาค่าการแอ่นตัวของคานกรณีหุ้รถบรรทุกน้ำหนักที่รอยต่อสะพานช่วงยื่น แสดงได้ดังรูปที่ 6.14-12



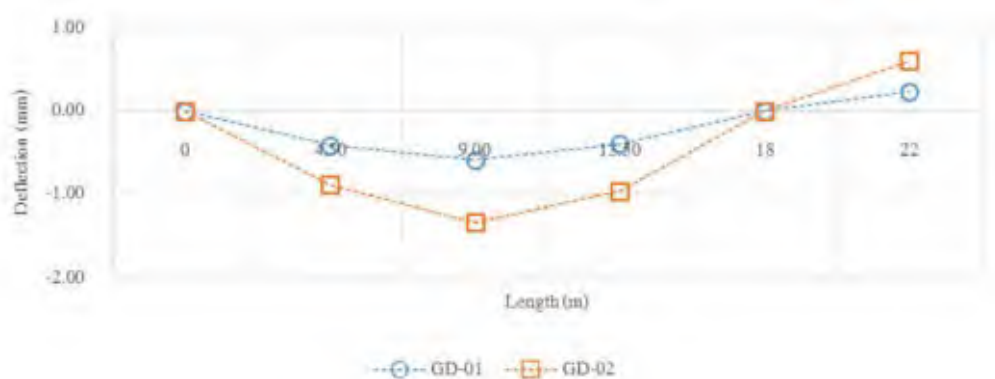
รูปที่ 6.14-6 การกระจายค่าความเครียดของเหล็กตามขวาง Static 2-1 สะพานช่วงที่ 10



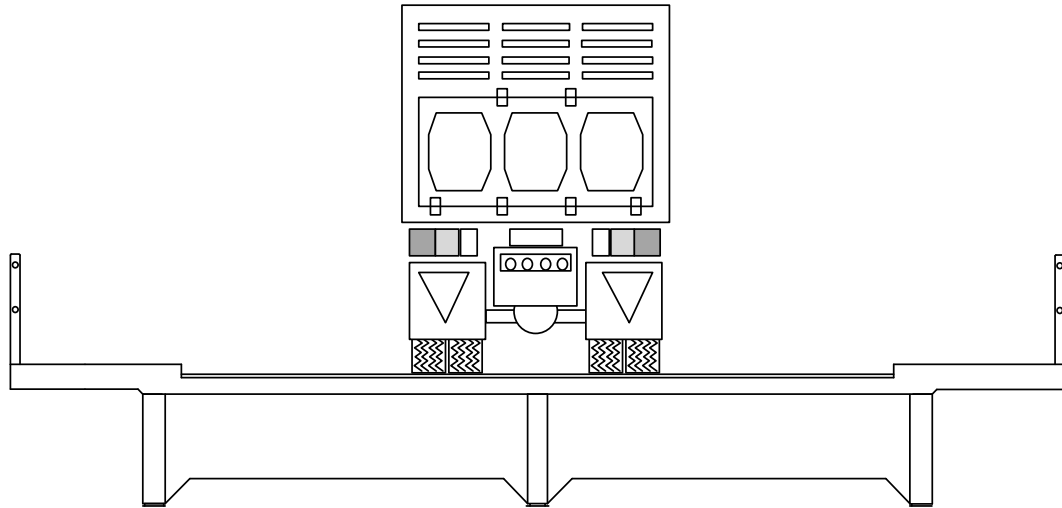
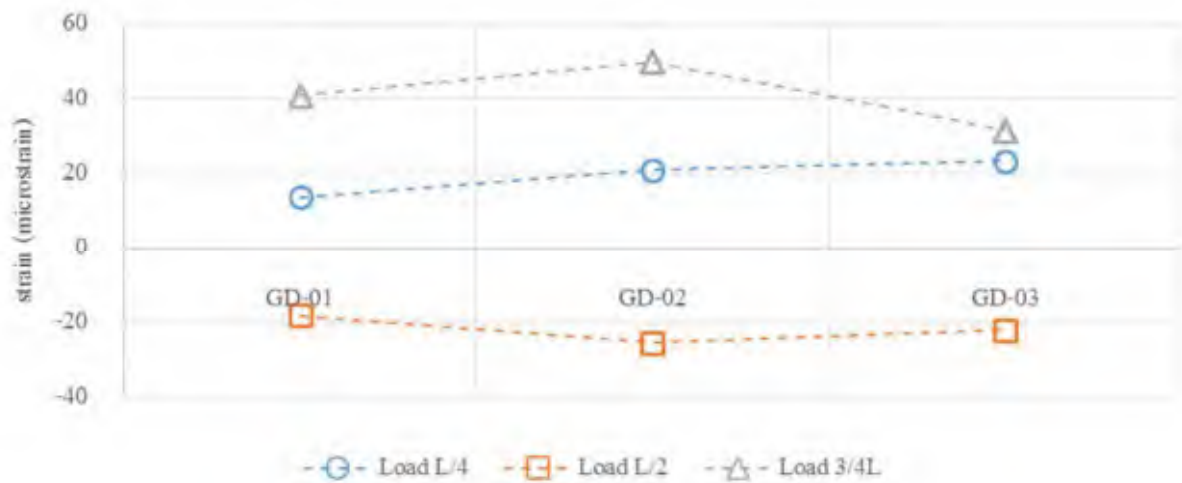
รูปที่ 6.14-7 การกระจายค่าการแอ่นตัวของคานตามยาว Static 2-1 สะพานช่วงที่ 10



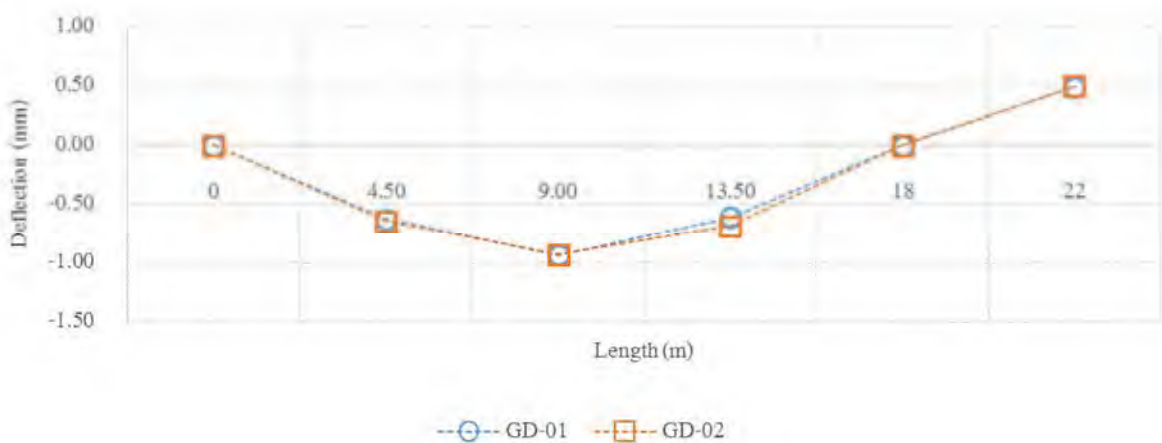
รูปที่ 6.14-8 การกระจายค่าความเครียดของเหล็กตามขวาง Static 2-2 สะพานช่วงที่ 10



รูปที่ 6.14-9 การกระจายค่าการแอ่นตัวของคานตามยาว Static 2-2 สะพานช่วงที่ 10

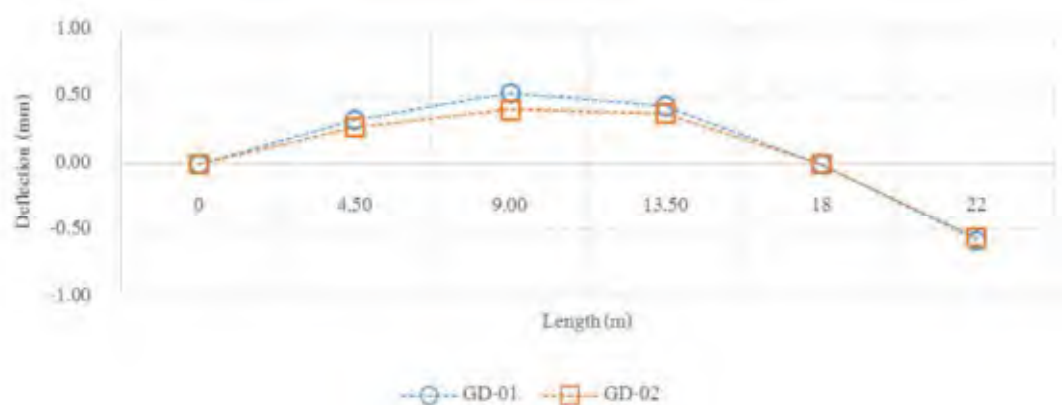


รูปที่ 6.14-10 การกระจายค่าความเครียดของเหล็กตามขวาง Static 2-3 สะพานช่วงที่ 10



รูปที่ 6.14-11 การกระจายค่าการแอ่นตัวของคานตามยาว Static 2-3 สะพานช่วงที่ 10





รูปที่ 6.14-12 การกระจายค่าการแอ่นตัวของคานตามยาว กรณีหยุดรถบรรทุกน้ำหนักที่รอยต่อ สะพานช่วงยื่น สะพานช่วงที่ 10

6.14.6. รูปแบบการทดสอบแบบพลวัต

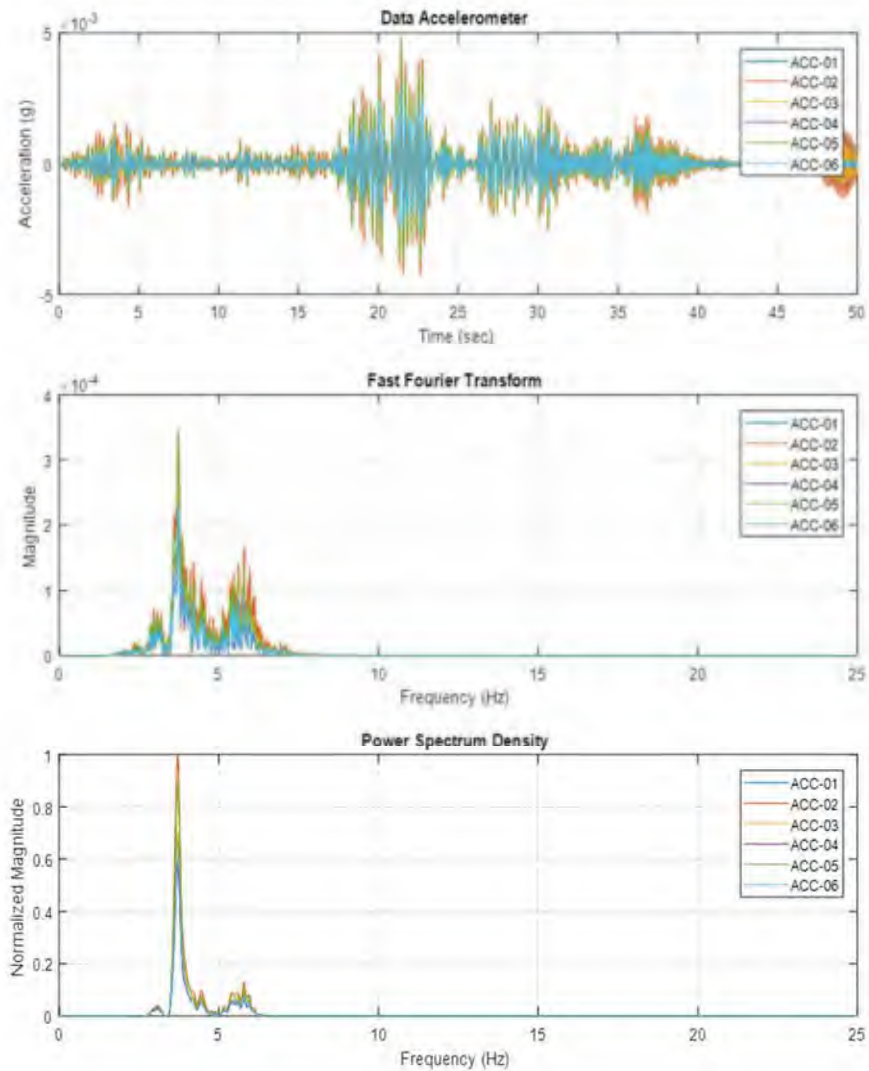
การทดสอบแบบพลวัต (Dynamic Test) เป็นการทดสอบโดยใช้รถบรรทุกน้ำหนัก หลายรูปแบบ โดยมีรายละเอียดดังนี้

- Dynamic 1 : ทดสอบด้วยรถบรรทุกน้ำหนัก วิ่งด้วยความเร็ว 20 กม./ชม. กึ่งกลางสะพาน
- Dynamic 2 : ทดสอบด้วยรถบรรทุกน้ำหนัก วิ่งด้วยความเร็ว 30 กม./ชม. กึ่งกลางสะพาน
- Dynamic 3 : ทดสอบด้วยรถบรรทุกน้ำหนัก วิ่งด้วยความเร็ว 50 กม./ชม. กึ่งกลางสะพาน

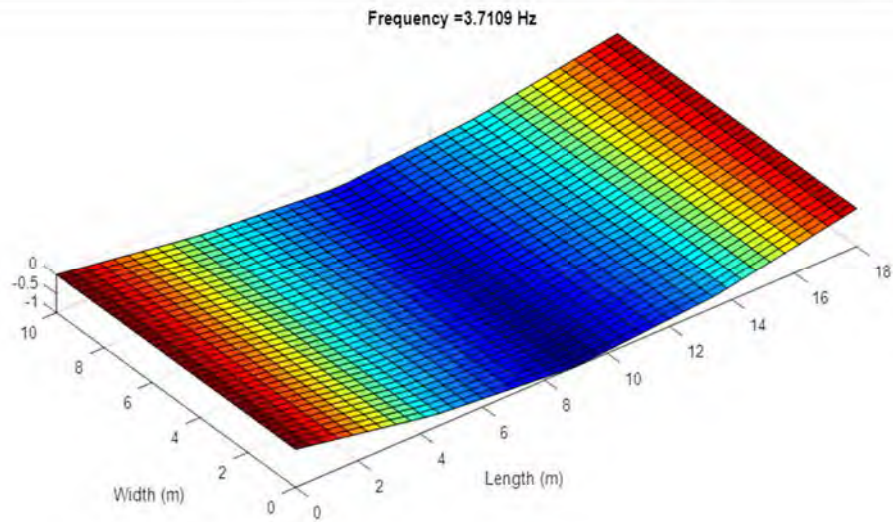
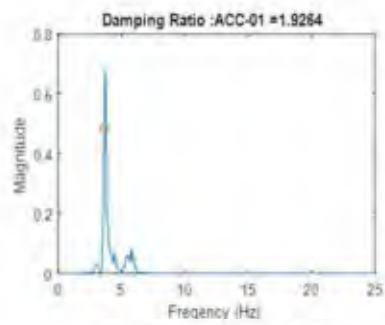
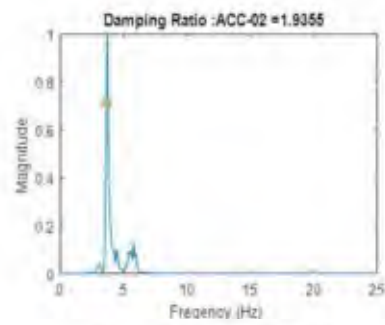
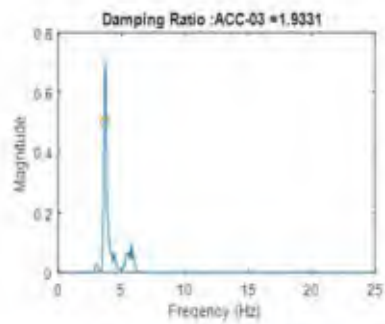
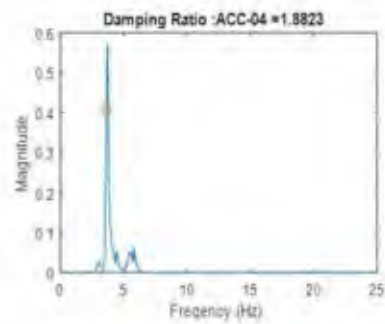
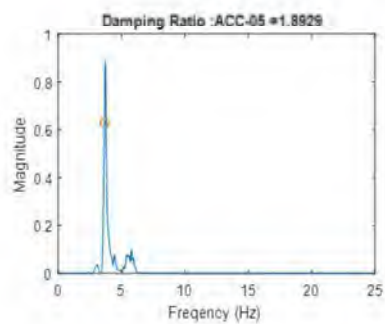
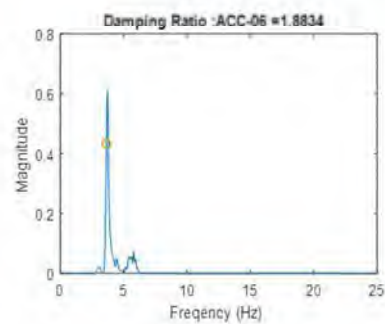


6.14.7. ผลการตรวจวัดพฤติกรรมแบบพลวัต

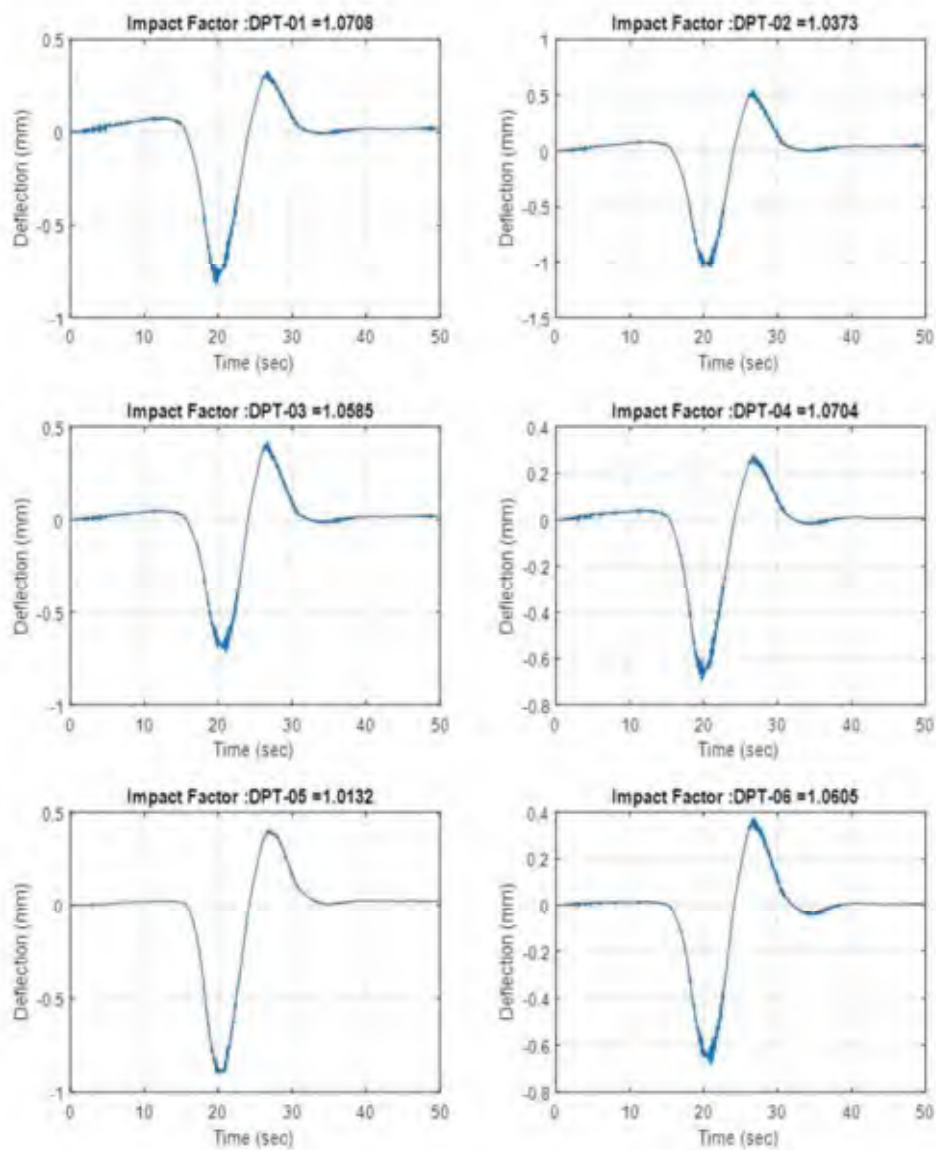
Dynamic Load Test 1 : 20 km/hr



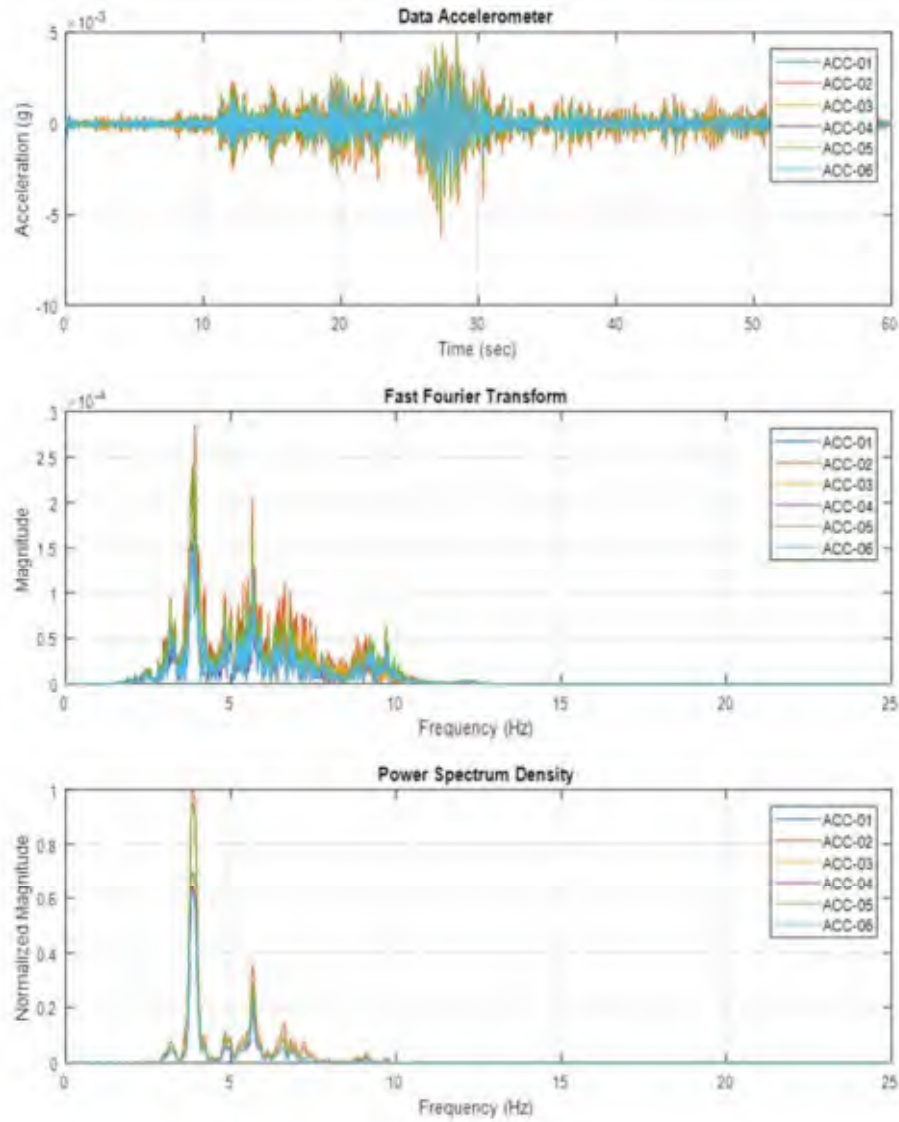
Dynamic Load Test 1 : 20 km/hr



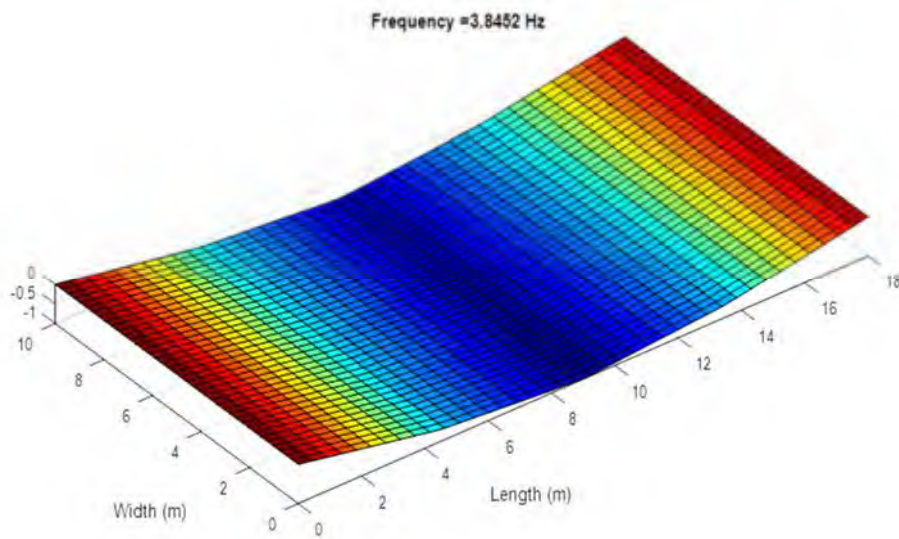
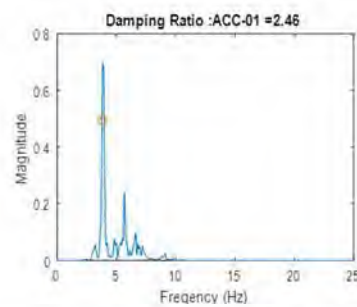
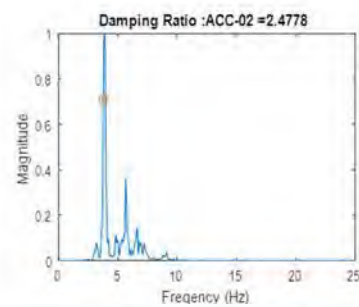
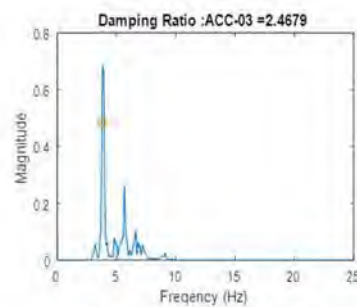
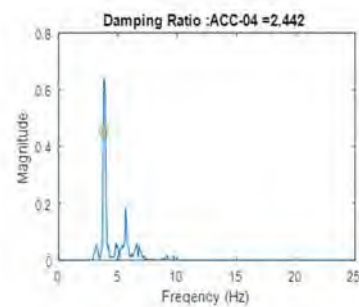
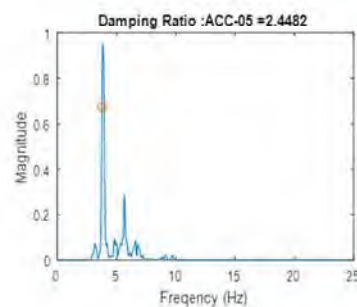
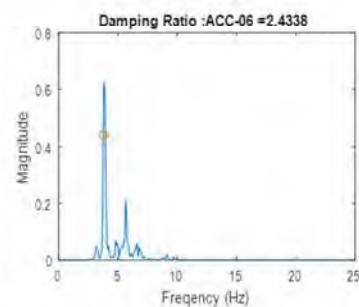
Dynamic Load Test 1 : 20 km/hr



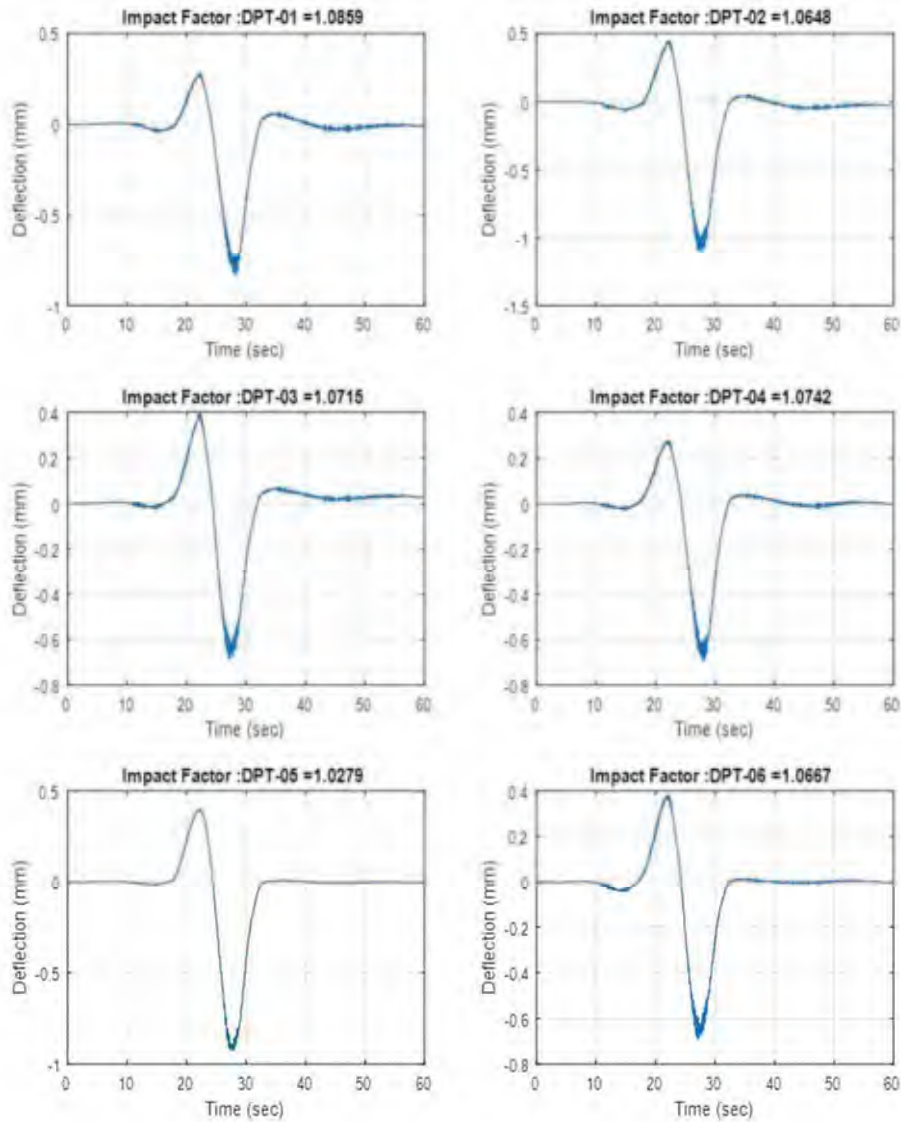
Dynamic Load Test 2 : 30 km/hr



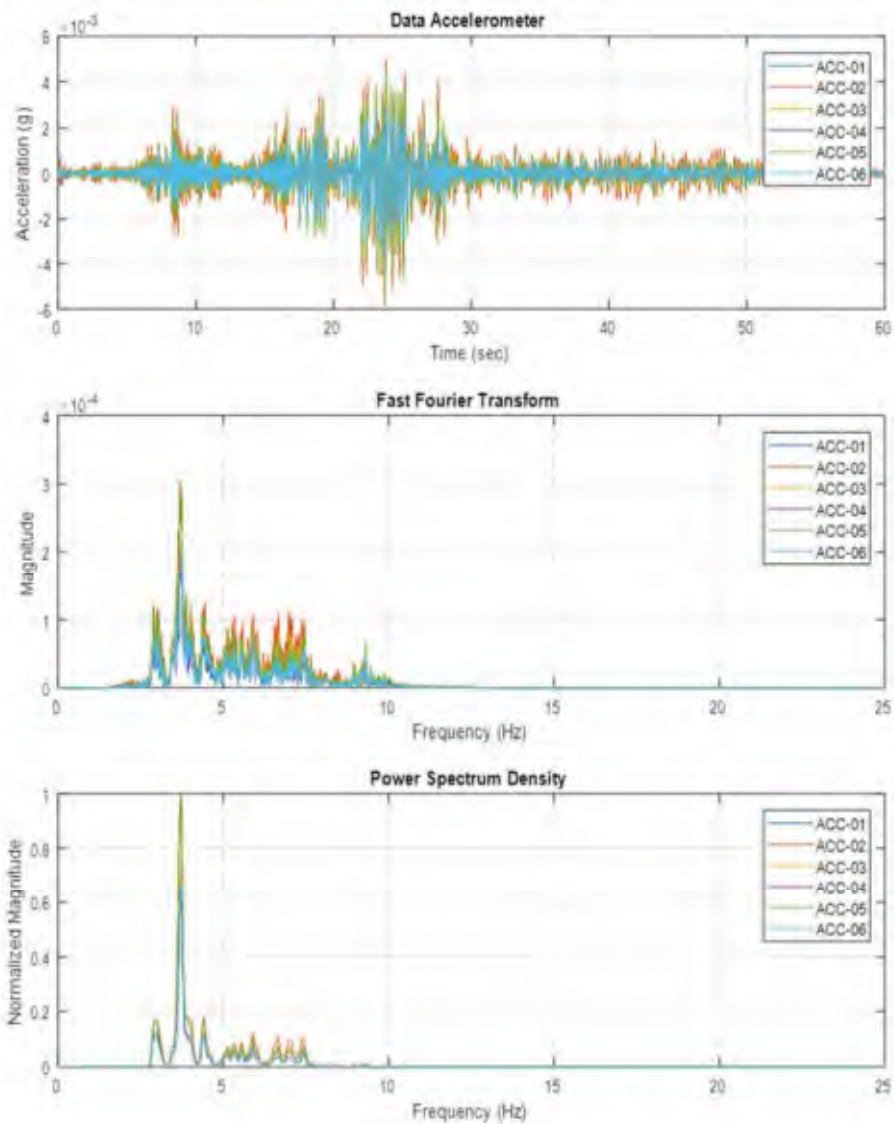
Dynamic Load Test 2 : 30 km/hr



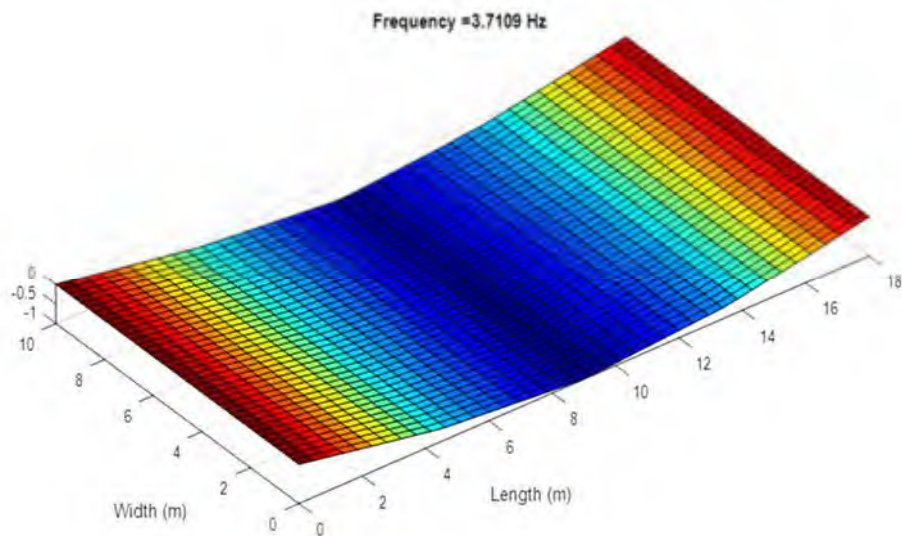
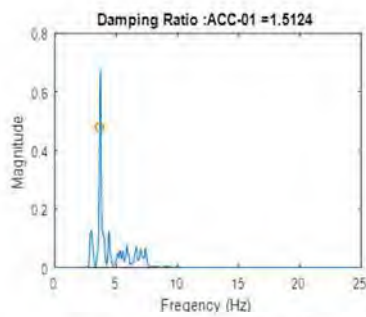
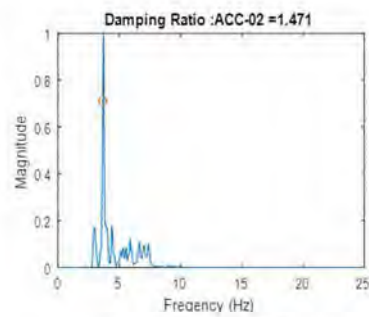
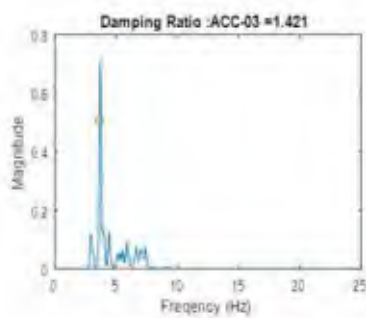
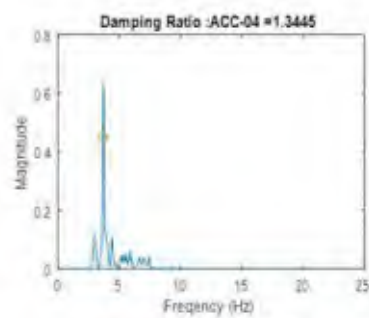
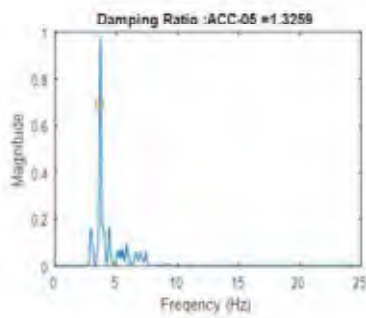
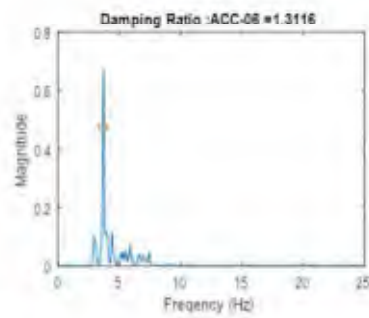
Dynamic Load Test 2 : 30 km/hr



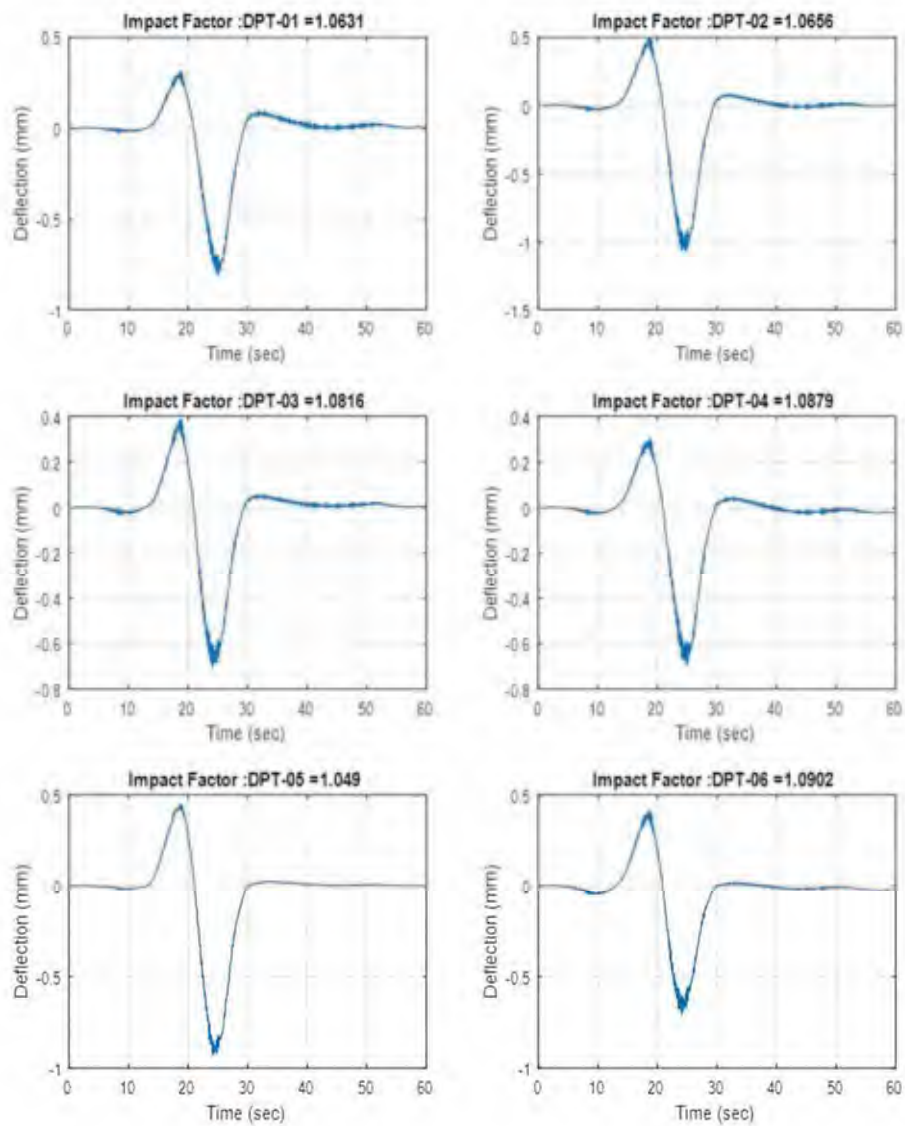
Dynamic Load Test 3 : 40 km/hr



Dynamic Load Test 3 : 40 km/hr



Dynamic Load Test 3 : 40 km/hr



ตารางที่ 6.14-8 ผลการวิเคราะห์ Natural Frequency, Mode Shape, Damping Ratio และ Impact Factor

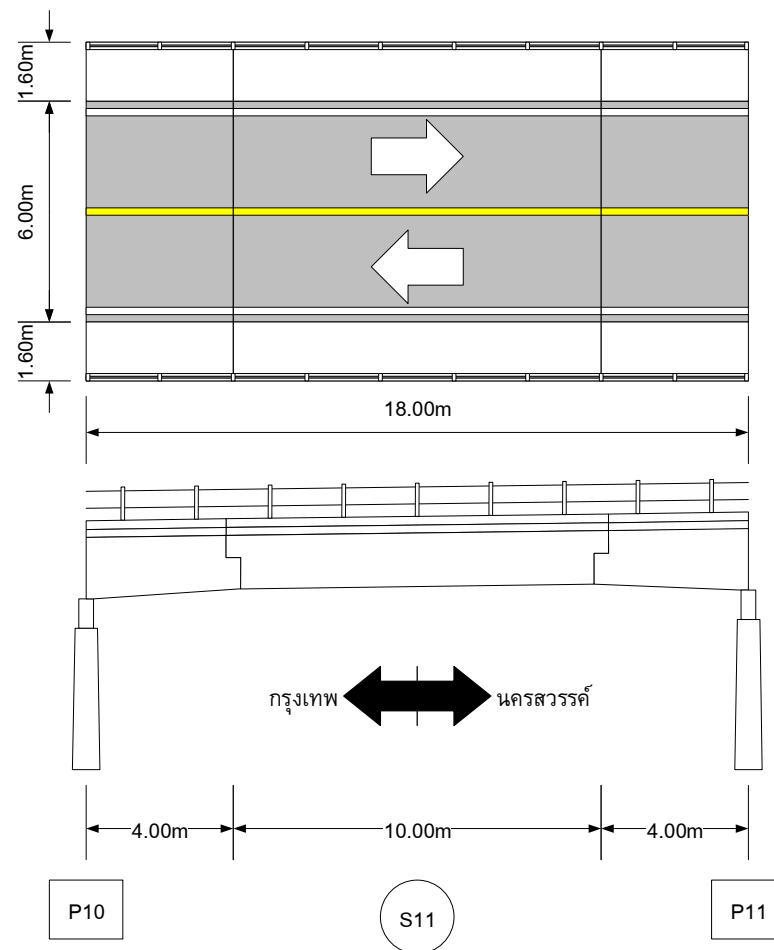
Dynamic Case	Speed (km/h)	Frequency (Hz)	Mode Shape (1st Mode)	Damping Ratio (%)	Impact Factor (IM)
Dynamic1	20	3.711	Bending Mode	1.883 - 1.935	1.013 - 1.071
Dynamic2	30	3.845	Bending Mode	2.434 - 2.448	1.028 - 1.086
Dynamic3	40	3.711	Bending Mode	1.312 - 1.512	1.049 - 1.090



6.15 ผลการตรวจวัดพฤติกรรมสะพานช่วงที่ 11 (Span 11)

โครงการนี้ได้ดำเนินการตรวจวัดพฤติกรรมโครงสร้างสะพานช่วงที่ 11 (Span 11) ความยาวช่วงระหว่างรอยต่อสะพานเท่ากับ 10.00 เมตร ความยาวช่วงระหว่างตอม่อเท่ากับ 18 เมตร โดยทำการทดสอบสะพานภายใต้สภาวะควบคุม ประกอบด้วย การทดสอบแบบสถิต และการทดสอบแบบพลวัต เมื่อวันที่ 22 พฤษภาคม 2563 ซึ่งมีรายละเอียดการตรวจวัดพฤติกรรมโครงสร้างสะพาน ดังนี้

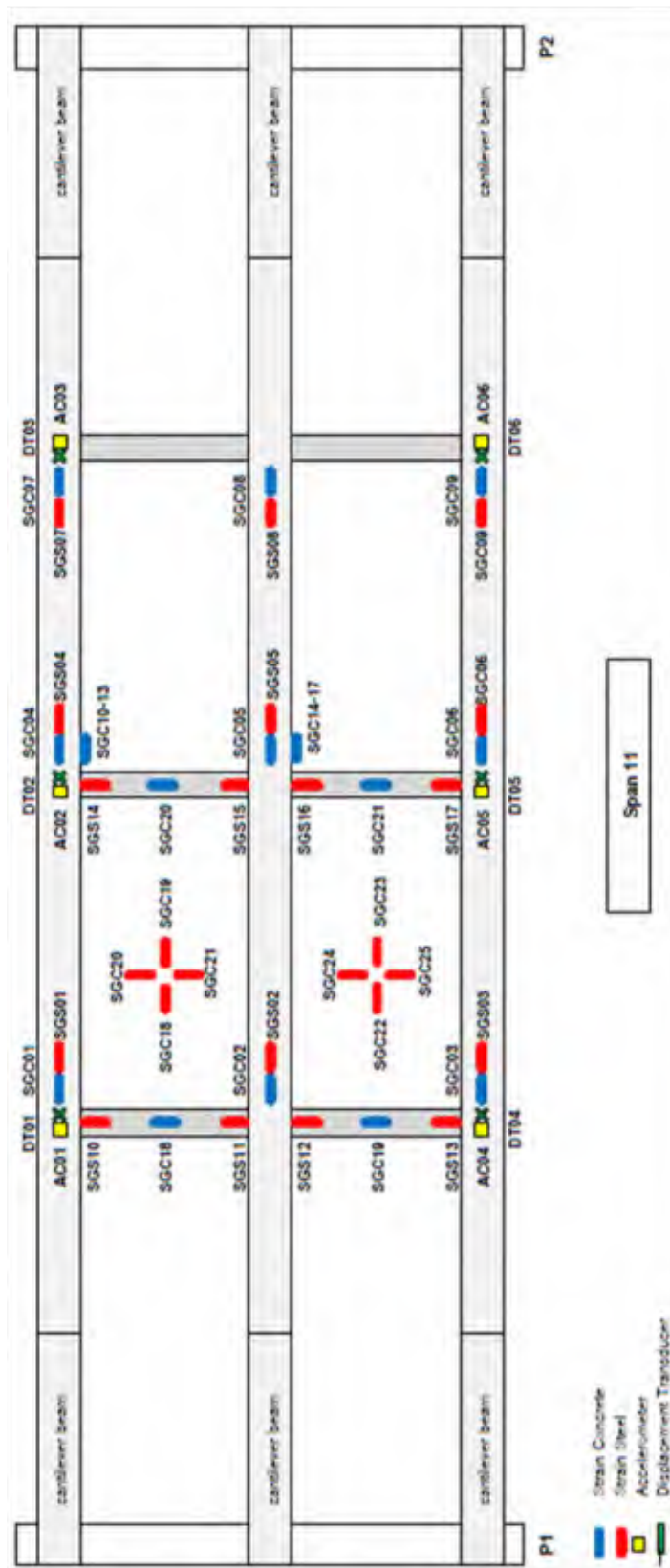
6.15.1. ช่วงสะพานทดสอบ



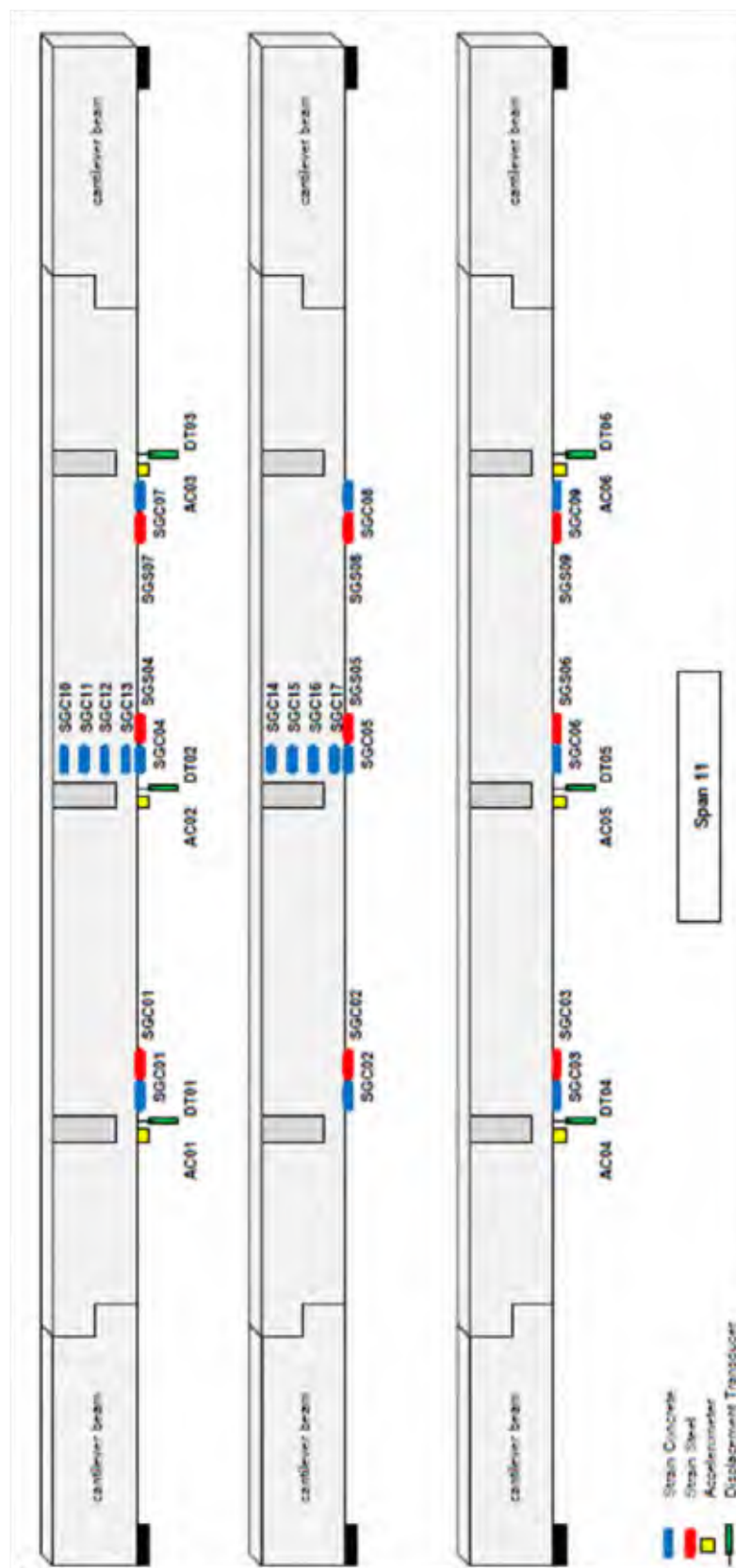
รูปที่ 6.15-1 ช่วงสะพานทดสอบ

6.15.2. ตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัด

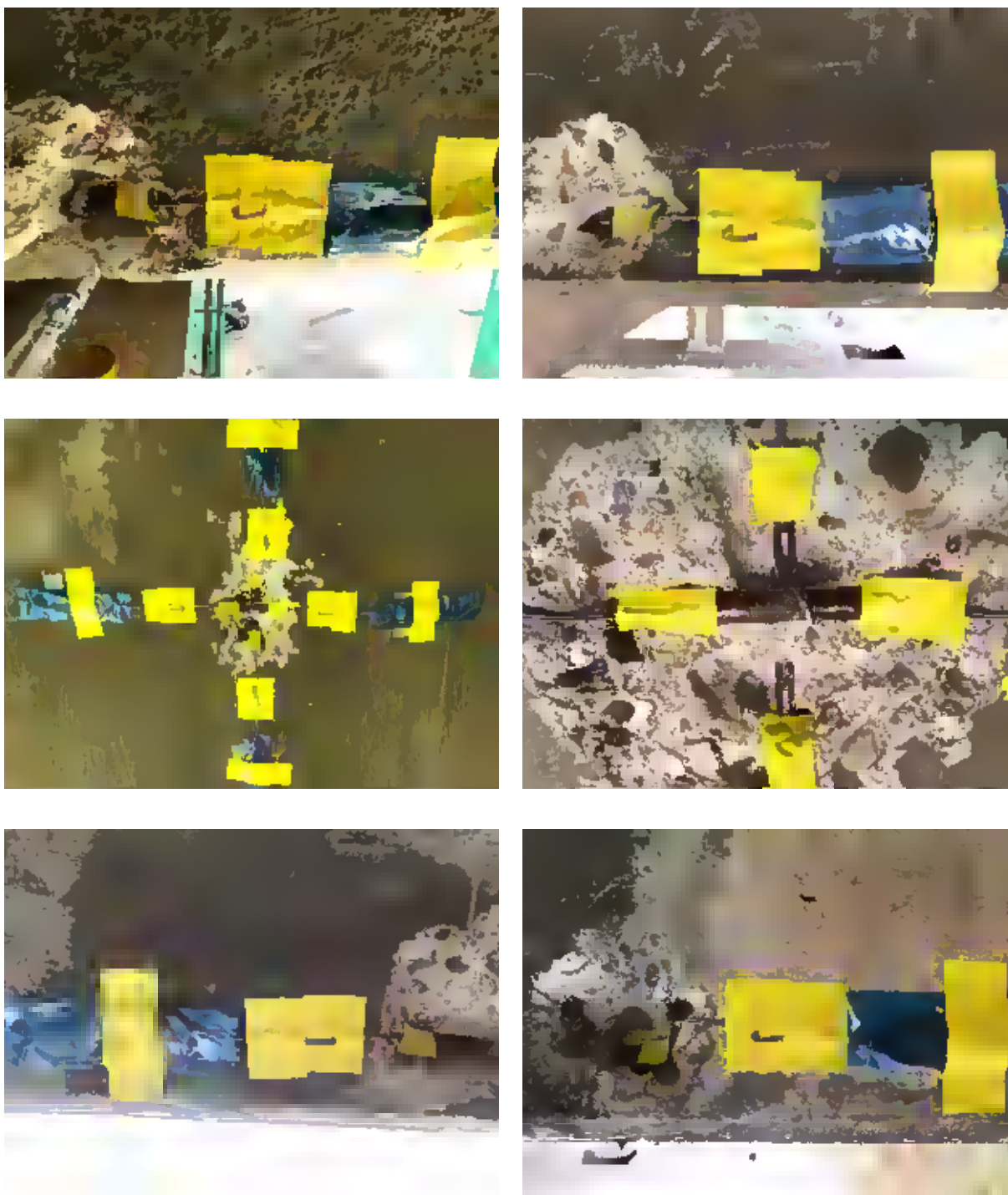
ในช่วงสะพานนี้ทำการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดความเครียดสำหรับคอนกรีต (Strain Gauge Concrete) จำนวน 21 ตำแหน่ง อุปกรณ์ตรวจวัดความเครียดสำหรับเหล็ก (Strain Gauge Steel) จำนวน 25 ตำแหน่ง อุปกรณ์ตรวจวัดการเคลื่อนที่ (Displacement Transducer) จำนวน 6 ตำแหน่ง และอุปกรณ์ตรวจวัดความเร่งจากการสั่นไหว (Accelerometer) จำนวน 6 ตำแหน่ง โดยมีรายละเอียดดังนี้



รูปที่ 6.15-2 ตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัด



รูปที่ 6.5-2 ตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัด (ต่อ)



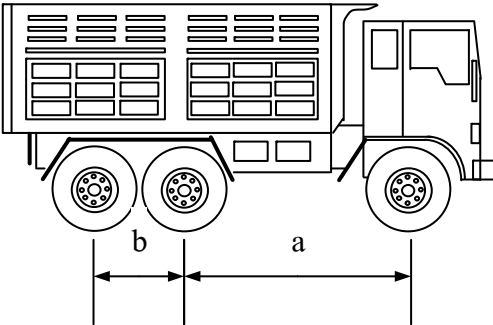
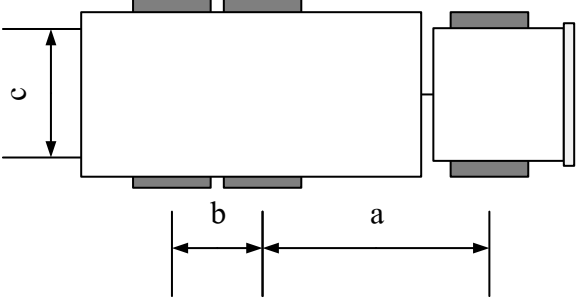
รูปที่ 6.15-3 ภาพการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดสะพานช่วงที่ 11 (Span 11)

6.15.3. น้ำหนักบรรทุกทดสอบ

ในช่วงสะพานนี้ได้ใช้รถบรรทุก 10 ล้อ จำนวน 2 คัน ประกอบด้วย รถบรรทุกเปล่าน้ำหนักรวมประมาณ 10 ตัน และรถบรรทุกน้ำหนักรวมประมาณ 18 ตัน ทดสอบสะพานภายใต้สภาวะควบคุม โดยมีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 6.15-1 น้ำหนักบรรทุกทดสอบ

คันที่	1	2
ประเภท	รถบรรทุกเปล่า (81-5301)	รถบรรทุกน้ำหนัก (81-5222)
น้ำหนักรถบรรทุก (ตัน)	10.580	18.230
ระยะเพลลาที่ 1 ถึง 2 (a, เมตร)	3.90	4.10
ระยะเพลลาที่ 2 ถึง 3 (b, เมตร)	1.30	1.30
ความกว้างฐานล้อ (c, เมตร)	1.90	1.90



รูปที่ 6.15-4 รถบรรทุกทดสอบ

6.15.4. รูปแบบการทดสอบแบบสถิต

การทดสอบแบบสถิต (Static Test) ประกอบด้วย การทดสอบด้วยรถบรรทุกเปล่าและรถบรรทุกน้ำหนัก หลายรูปแบบโดยมีรายละเอียดดังนี้

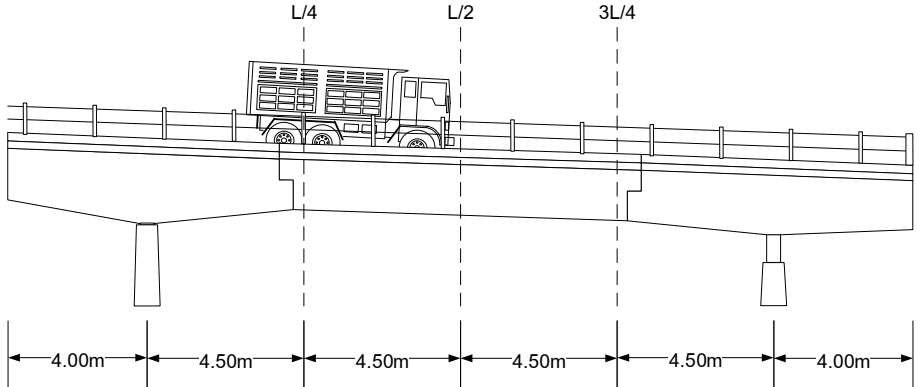
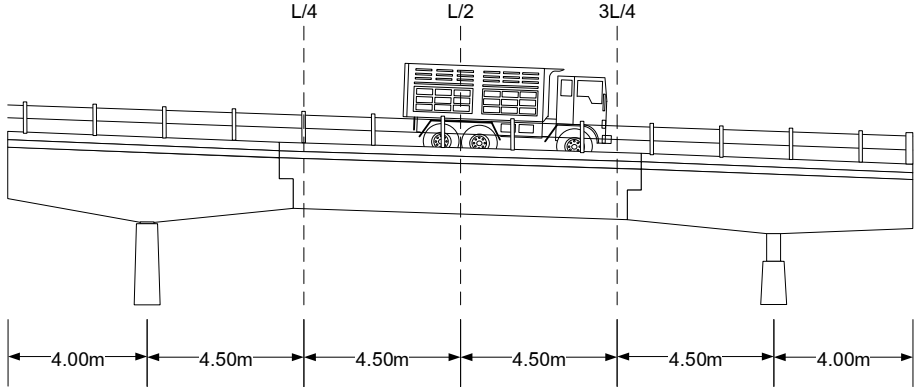
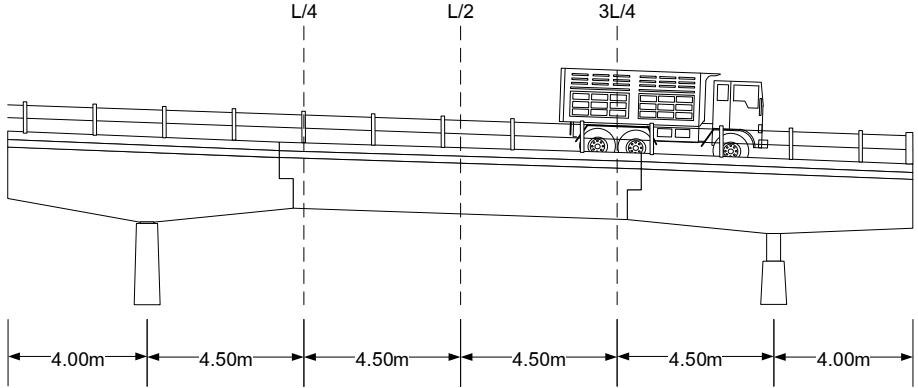
- Static 1-1 : ทดสอบด้วยรถบรรทุกเปล่า จอดตามตำแหน่ง L/4, L/2 และ 3L/4 ของความยาวช่วงระหว่างตอม่อ ในช่องจราจรทางซ้าย
- Static 1-2 : ทดสอบด้วยรถบรรทุกเปล่า จอดตามตำแหน่ง L/4, L/2 และ 3L/4 ของความยาวช่วงระหว่างตอม่อ ในช่องจราจรทางขวา
- Static 1-3 : ทดสอบด้วยรถบรรทุกเปล่า จอดตามตำแหน่ง L/4, L/2 และ 3L/4 ของความยาวช่วงระหว่างตอม่อ กึ่งกลางสะพาน
- Static 2-1 : ทดสอบด้วยรถบรรทุกน้ำหนัก จอดตามตำแหน่ง L/4, L/2 และ 3L/4 ของความยาวช่วงระหว่างตอม่อ ในช่องจราจรทางซ้าย
- Static 2-2 : ทดสอบด้วยรถบรรทุกน้ำหนัก จอดตามตำแหน่ง L/4, L/2 และ 3L/4 ของความยาวช่วงระหว่างตอม่อ ในช่องจราจรทางขวา
- Static 2-3 : ทดสอบด้วยรถบรรทุกน้ำหนัก จอดตามตำแหน่ง L/4, L/2 และ 3L/4 ของความยาวช่วงระหว่างตอม่อ กึ่งกลางสะพาน

ตารางที่ 6.15-2 สัญลักษณ์รถบรรทุกทดสอบ

รถบรรทุก	สัญลักษณ์
รถบรรทุกเปล่า	
รถบรรทุกน้ำหนัก	



ตารางที่ 6.15-3 ระยะจอดรถบรรทุกตามตำแหน่ง L/4, L/2 และ 3L/4

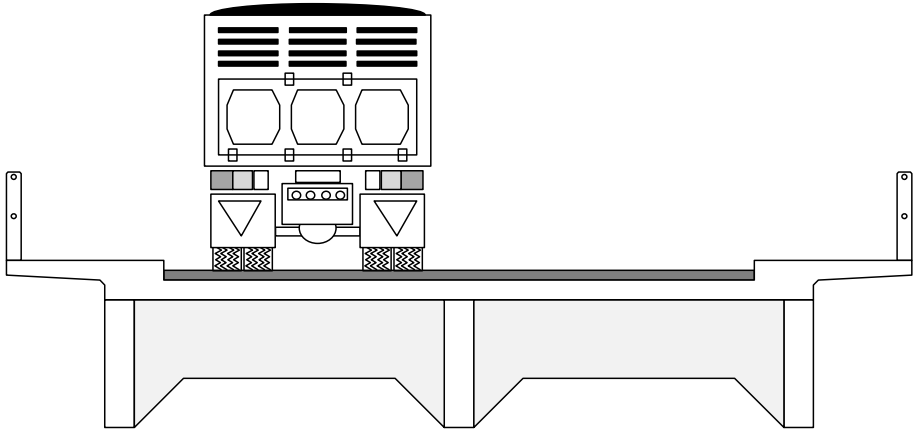
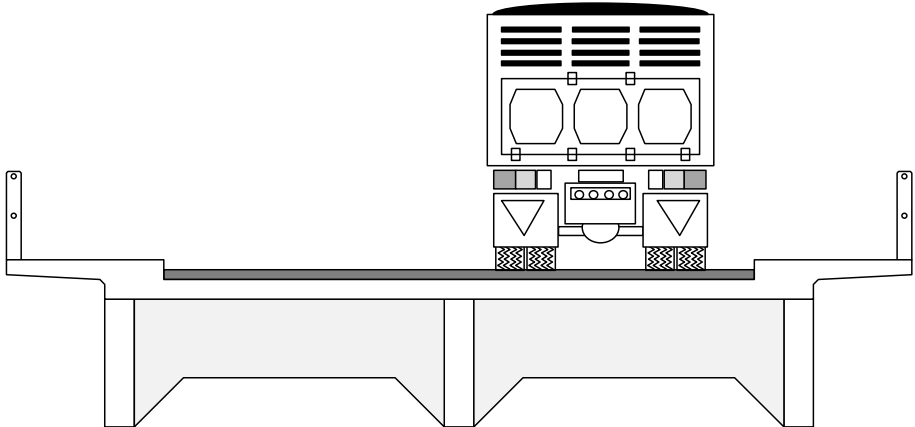
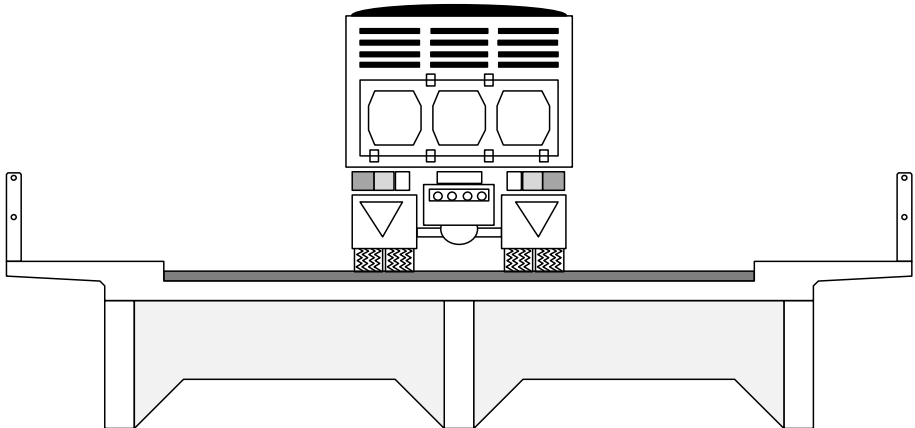
ระยะ	ตำแหน่งจอดรถบรรทุก
L/4	
L/2	
3L/4	

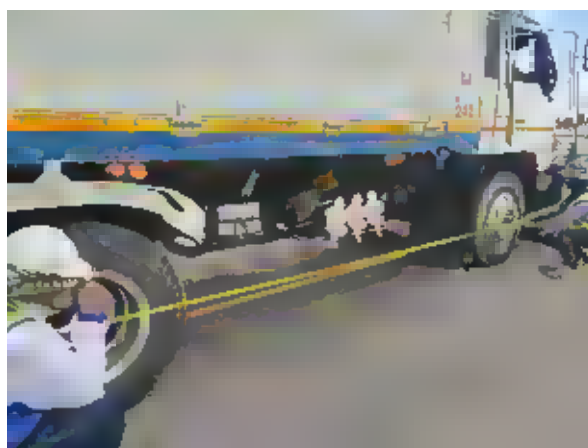
ตารางที่ 6.15-4 รูปแบบการทดสอบแบบสถิต ด้วยรถบรรทุกเปล่า

Case	Pattern
Static 1-1	
Static 1-2	
Static 1-3	



ตารางที่ 6.15-5 รูปแบบการทดสอบแบบสถิต ด้วยรถบรรทุกน้ำหนัก

Case	Pattern
Static 2-1	
Static 2-2	
Static 2-3	



รูปที่ 6.15-5 ภาพการทดสอบแบบสถิต



6.15.5. ผลการตรวจวัดพฤติกรรมสะพานแบบสถิต

ตารางที่ 6.15-6 ผลการตรวจวัดพฤติกรรมสะพานแบบสถิต ด้วยรถบรรทุกเปล่า

Time (s)	Static 1-1			Static 1-2			Static 1-3		
	L/4	L/2	3L/4	L/4	L/2	3L/4	L/4	L/2	3L/4
DT-01	-0.684	-0.415	-0.128	-0.202	-0.222	-0.086	-0.383	-0.230	-0.043
DT-02	-0.692	-0.971	-0.380	-0.166	-0.289	-0.134	-0.368	-0.523	-0.213
DT-03	-0.371	-0.797	-0.508	-0.096	-0.231	-0.130	-0.204	-0.435	-0.275
DT-04	-0.113	-0.115	-0.046	-0.532	-0.380	-0.097	-0.296	-0.232	-0.042
DT-05	-0.190	-0.244	-0.124	-0.659	-0.923	-0.325	-0.432	-0.551	-0.223
DT-06	-0.130	-0.252	-0.172	-0.376	-0.823	-0.490	-0.261	-0.511	-0.321
SGC-01	5.452	7.482	1.990	3.325	5.642	2.590	-1.554	0.881	-4.298
SGC-02	72.476	88.286	0.592	69.288	62.688	0.866	92.049	89.579	12.019
SGC-03	1.831	1.408	1.417	6.040	2.934	-0.764	3.587	1.908	-1.323
SGC-04	29.291	49.651	6.000	3.831	5.962	1.552	12.700	19.170	2.213
SGC-05	43.206	59.026	-0.127	27.946	46.856	-1.979	38.702	54.152	-5.466
SGC-06	5.794	7.760	2.859	34.876	61.086	4.644	21.576	29.356	2.606
SGC-07	2.668	4.683	4.318	3.490	4.465	3.473	0.967	2.167	-2.123
SGC-08	0.621	2.182	2.886	1.867	6.994	3.129	0.671	3.773	-0.217
SGC-09	1.400	1.408	0.898	3.900	11.225	2.236	3.369	5.936	-0.558
SGC-10	3.194	4.336	2.142	2.809	4.250	3.192	2.002	2.198	0.673
SGC-11	0.577	0.290	2.491	-0.077	0.481	1.023	-0.563	-0.944	-0.265
SGC-12	-0.031	-0.004	3.792	-0.554	0.102	1.392	-1.225	-1.437	0.167
SGC-13	1.900	5.650	3.917	-0.790	0.117	1.889	-1.071	-0.223	0.485
SGC-14	2.534	1.448	1.350	3.215	0.771	-1.096	2.415	-0.402	-0.246
SGC-15	3.231	5.767	2.342	4.291	5.158	-0.421	3.394	5.121	0.519
SGC-16	0.336	1.421	2.015	1.714	2.208	0.623	0.425	1.734	-0.079
SGC-17	-0.810	-0.250	2.040	0.579	0.596	0.892	-0.783	-0.723	-0.954
SGC-18	-4.429	-8.031	1.796	-0.864	-1.671	-0.396	-4.767	-8.694	-1.888
SGC-19	1.419	2.390	2.310	2.871	5.415	0.811	3.548	5.039	0.587
SGC-20	1.973	21.530	22.150	2.075	4.058	3.589	2.092	14.620	11.540
SGC-21	0.227	0.659	2.992	0.298	6.473	5.264	1.323	4.580	2.605

ตารางที่ 6.5-6 ผลการตรวจวัดพฤติกรรมสะพานแบบสถิต ด้วยรถบรรทุกเปล่า (ต่อ)

Time (s)	Static 1-1			Static 1-2			Static 1-3		
	L/4	L/2	3L/4	L/4	L/2	3L/4	L/4	L/2	3L/4
SGS-01	9.046	10.573	1.848	2.938	3.984	1.230	1.640	2.707	-2.795
SGS-02	16.240	16.260	0.640	16.660	13.340	-0.121	20.406	16.456	-0.085
SGS-03	4.996	3.567	0.750	17.153	10.169	-1.792	10.060	6.013	-2.914
SGS-04	18.284	31.214	4.740	2.804	5.575	2.388	7.129	11.572	-0.744
SGS-05	22.274	38.144	2.084	17.588	33.698	0.048	22.653	40.093	-0.075
SGS-06	4.211	6.359	2.775	25.485	48.055	4.330	16.868	23.968	1.538
SGS-07	6.694	16.385	4.473	2.846	4.575	1.138	4.063	8.038	-0.231
SGS-08	3.131	13.374	4.881	3.565	15.434	4.854	3.983	15.891	2.639
SGS-09	0.453	0.838	1.292	3.568	10.879	2.218	3.366	5.352	-0.740
SGS-10	18.438	32.878	5.081	1.435	3.758	3.579	9.573	15.393	1.809
SGS-11	29.317	47.837	5.377	24.934	48.454	18.104	41.324	72.084	4.729
SGS-12	24.305	47.885	7.912	22.635	46.895	9.769	39.687	75.857	13.597
SGS-13	-1.327	-0.090	3.269	11.162	23.882	3.200	6.036	10.626	1.323
SGS-14	-0.050	11.748	10.782	3.871	6.211	1.919	2.492	8.062	1.008
SGS-15	4.406	23.636	21.816	0.931	5.156	9.723	3.802	24.312	24.782
SGS-16	2.260	8.046	9.447	2.048	14.451	11.741	3.825	21.548	20.238
SGS-17	2.377	2.765	2.786	-0.064	14.411	10.925	2.561	9.964	3.942
SGS-18	-4.102	6.698	0.554	1.431	3.510	1.975	-2.456	3.906	-2.886
SGS-19	-4.468	6.165	0.423	1.821	3.700	1.940	-2.871	4.083	-2.869
SGS-20	1.940	4.650	-0.140	-1.800	-2.431	0.013	1.008	-1.921	-3.040
SGS-21	4.218	7.368	2.120	1.043	-0.850	0.923	2.150	-0.758	-2.606
SGS-22	-1.007	0.268	0.350	-2.127	10.864	0.650	-1.677	5.440	-1.148
SGS-23	-0.883	0.227	1.661	-2.902	10.525	1.096	-1.081	5.925	-0.990
SGS-24	-0.385	-2.277	0.104	3.777	8.979	1.296	2.898	1.794	-0.888
SGS-25	-0.519	-3.013	0.458	5.477	12.321	2.244	4.356	1.629	-1.061



ตารางที่ 6.15-7 ผลการตรวจวัดพฤติกรรมสะพานแบบสถิต ด้วยรถบรรทุกน้ำหนัก

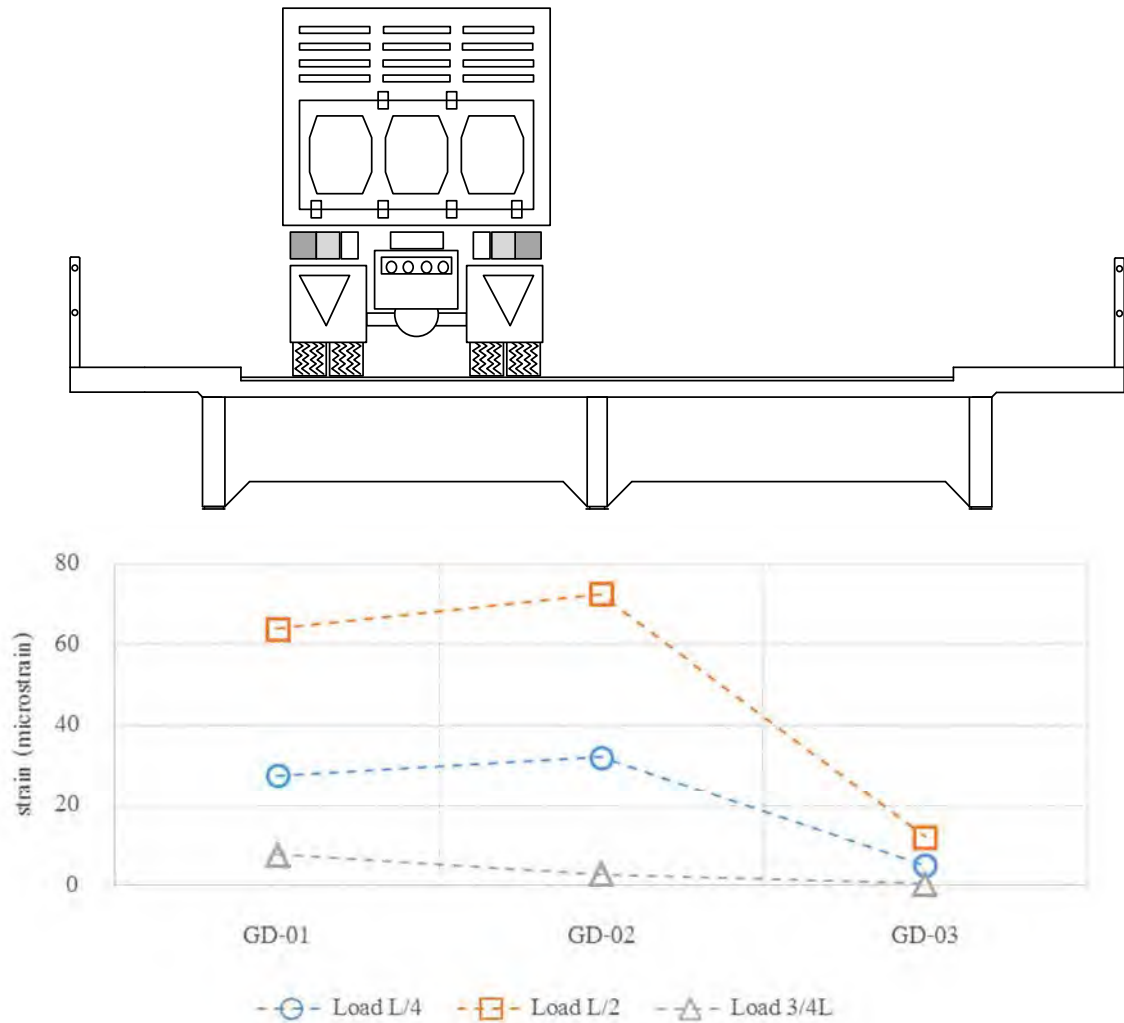
Time (s)	Static 2-1			Static 2-2			Static 2-3		
	L/4	L/2	3L/4	L/4	L/2	3L/4	L/4	L/2	3L/4
DT-01	-1.120	-0.726	-0.140	-0.327	-0.282	-0.088	-0.676	-0.470	-0.206
DT-02	-1.054	-1.714	-0.654	-0.310	-0.463	-0.221	-0.586	-0.928	-0.377
DT-03	-0.522	-1.301	-0.841	-0.142	-0.316	-0.188	-0.321	-0.729	-0.488
DT-04	-0.185	-0.198	-0.058	-0.879	-0.672	-0.152	-0.498	-0.422	-0.083
DT-05	-0.256	-0.393	-0.178	-1.070	-1.574	-0.579	-0.661	-0.947	-0.379
DT-06	-0.169	-0.390	-0.242	-0.582	-1.304	-0.848	-0.399	-0.846	-0.505
SGC-01	10.520	17.175	4.118	2.858	6.444	2.689	3.506	9.963	-1.442
SGC-02	113.614	178.384	7.723	135.263	139.993	21.043	161.221	190.051	31.011
SGC-03	2.607	2.746	0.805	7.713	4.528	-2.225	5.289	3.452	-1.425
SGC-04	46.182	107.782	9.080	7.625	12.142	2.244	21.240	40.410	5.862
SGC-05	68.618	82.268	-3.955	51.839	76.249	-4.269	62.323	73.483	-9.673
SGC-06	6.837	14.037	0.148	60.089	105.229	9.282	31.539	53.429	7.462
SGC-07	3.086	8.921	2.832	1.492	1.598	-1.860	1.532	5.429	-2.100
SGC-08	0.998	3.565	0.898	2.267	9.323	3.017	0.421	6.600	1.413
SGC-09	2.327	4.788	-1.021	7.023	18.908	4.388	3.654	10.785	0.663
SGC-10	4.841	10.231	2.519	0.856	1.177	0.256	1.600	3.198	1.121
SGC-11	-0.083	0.858	1.544	-0.800	0.013	1.134	-0.433	-1.566	0.560
SGC-12	-1.227	-0.225	2.746	-1.261	-0.858	2.073	-1.748	-3.931	0.725
SGC-13	1.935	12.750	4.529	-1.973	-0.429	2.721	-1.980	-0.633	3.082
SGC-14	1.419	-0.429	1.519	3.646	2.698	2.325	3.581	0.054	2.787
SGC-15	2.600	6.552	2.854	6.279	9.954	2.685	6.175	9.623	4.535
SGC-16	0.557	2.709	2.557	1.498	3.030	0.279	1.942	3.560	1.179
SGC-17	-0.773	0.633	2.384	-0.338	0.640	-0.544	-0.969	-0.519	-0.494
SGC-18	-7.066	-13.686	0.150	-3.546	-5.031	-0.844	-7.479	-16.176	-2.902
SGC-19	1.757	2.976	1.313	4.125	8.261	0.757	4.160	6.556	1.572
SGC-20	3.352	41.285	46.975	2.669	6.336	4.365	3.298	24.985	24.305
SGC-21	1.161	3.205	0.746	1.410	7.819	6.260	0.204	5.923	4.401

ตารางที่ 6.5-7 ผลการตรวจวัดพฤติกรรมสะพานแบบสถิต ด้วยรถบรรทุกน้ำหนัก (ต่อ)

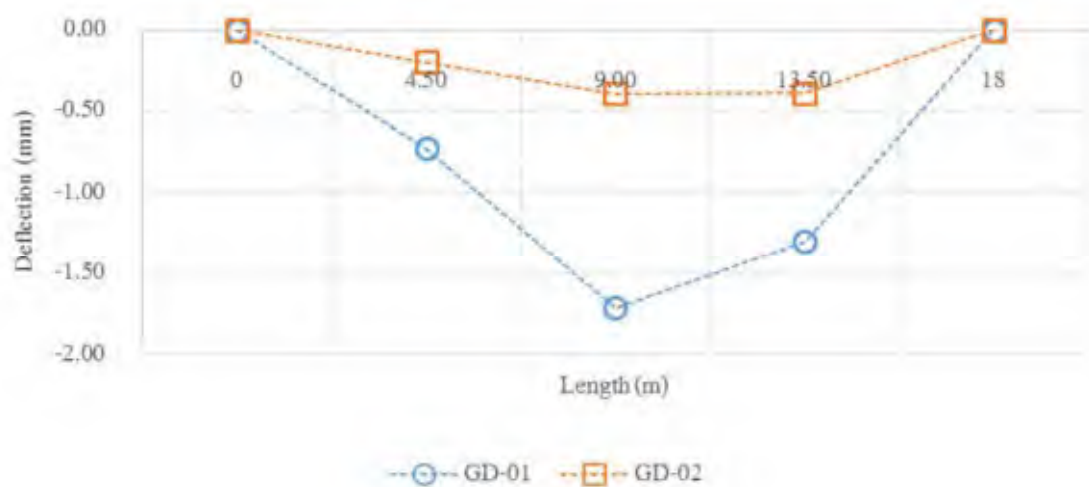
Time (s)	Static 2-1			Static 2-2			Static 2-3		
	L/4	L/2	3L/4	L/4	L/2	3L/4	L/4	L/2	3L/4
SGS-01	15.429	23.339	4.373	3.279	5.602	1.475	6.263	11.643	-0.681
SGS-02	23.954	32.224	0.971	28.075	26.565	2.254	32.275	34.525	4.065
SGS-03	8.419	6.767	0.654	27.116	18.876	-2.587	16.609	12.059	-1.981
SGS-04	27.667	63.917	7.760	5.588	10.413	3.415	13.097	27.707	3.896
SGS-05	32.285	72.615	2.921	30.528	67.188	2.256	34.834	77.564	2.960
SGS-06	5.084	12.136	0.513	43.661	78.691	8.135	22.663	41.533	6.239
SGS-07	11.074	31.494	6.979	4.398	7.169	-0.283	7.417	16.944	2.117
SGS-08	6.262	25.799	5.748	6.098	25.620	7.640	5.058	27.955	7.773
SGS-09	1.657	4.334	0.006	7.244	19.058	5.311	2.952	9.843	1.144
SGS-10	28.499	68.479	8.642	3.444	6.550	4.634	14.830	31.100	7.275
SGS-11	50.453	96.043	4.926	46.854	90.404	24.604	68.438	131.948	5.761
SGS-12	40.496	85.786	11.366	42.492	92.582	16.832	66.920	140.420	23.790
SGS-13	-0.723	1.466	4.033	19.245	45.165	3.850	9.131	19.468	6.789
SGS-14	0.792	20.537	16.137	5.406	8.398	-1.315	4.736	15.478	5.530
SGS-15	7.829	39.401	38.531	1.783	10.558	20.018	5.404	41.417	51.447
SGS-16	3.902	15.382	15.742	4.729	26.430	26.490	6.531	36.102	42.092
SGS-17	4.279	7.027	-0.894	0.784	23.359	19.109	2.623	15.151	8.248
SGS-18	-3.310	17.458	0.985	1.271	4.166	0.408	-3.278	11.765	-1.259
SGS-19	-4.415	15.555	1.042	1.206	4.805	1.258	-4.363	11.613	-1.240
SGS-20	6.506	18.731	1.987	-0.879	-4.002	-1.777	2.725	2.933	2.025
SGS-21	8.906	20.265	4.271	-0.960	-4.514	-0.850	3.313	0.844	-0.067
SGS-22	0.052	2.259	0.690	-1.705	18.538	0.485	-1.844	10.577	0.231
SGS-23	0.117	3.518	1.048	-2.388	18.616	0.558	-2.579	10.796	0.748
SGS-24	-0.815	-3.319	-0.600	6.667	14.138	1.740	4.165	3.682	0.213
SGS-25	0.025	-2.919	-0.175	8.658	18.402	2.458	5.611	4.409	0.088

เมื่อพิจารณาการกระจายค่าความเครียดของเหล็กตามขวางกรณีรถบรรทุกน้ำหนักสามารถแสดงผลได้ดังรูปที่ 6.15-6, รูปที่ 6.15-8 และรูปที่ 6.15-10 เมื่อพิจารณาค่าการแอ่นตัวของคานสะพานกรณีรถบรรทุกน้ำหนักสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 6.15-7, รูปที่ 6.15-9 และรูปที่ 6.15-11

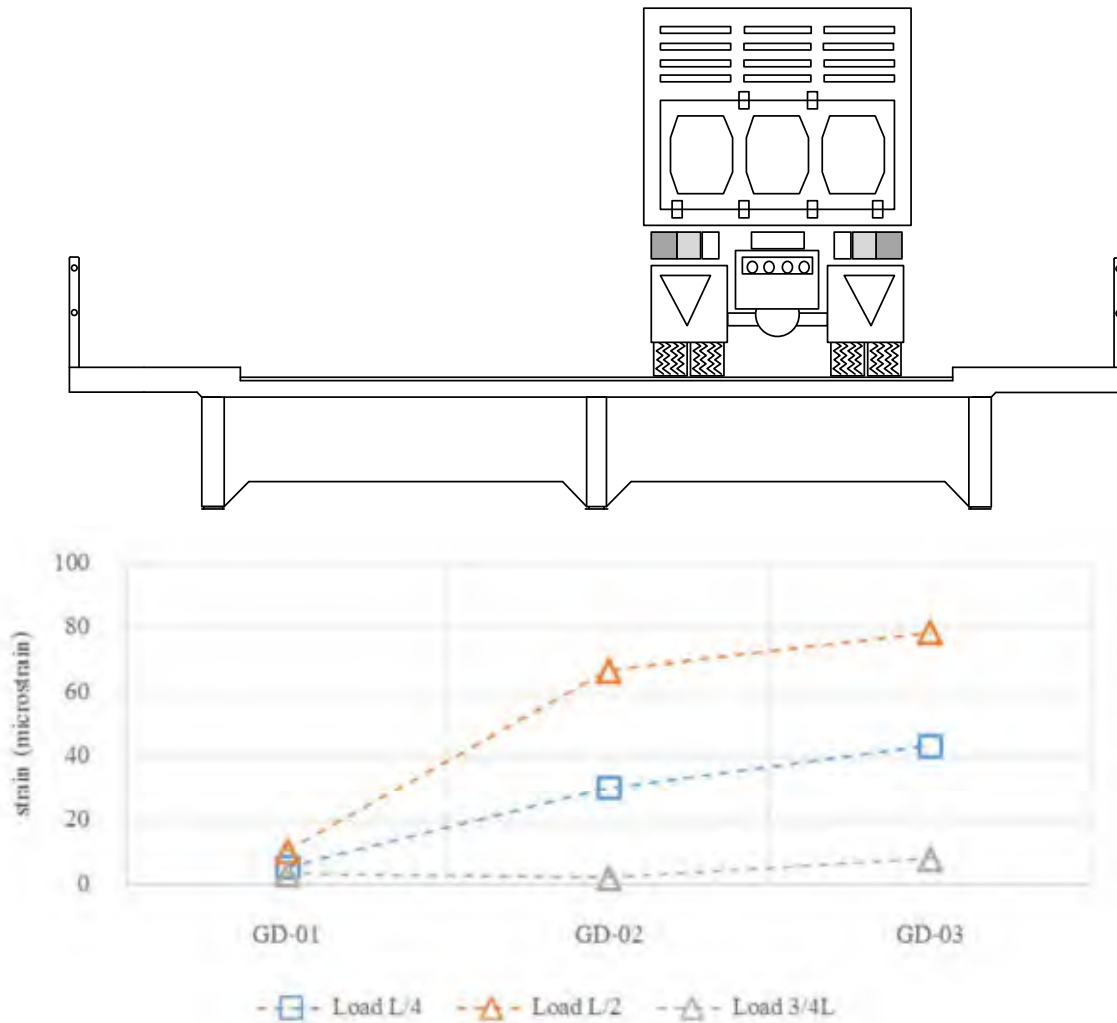




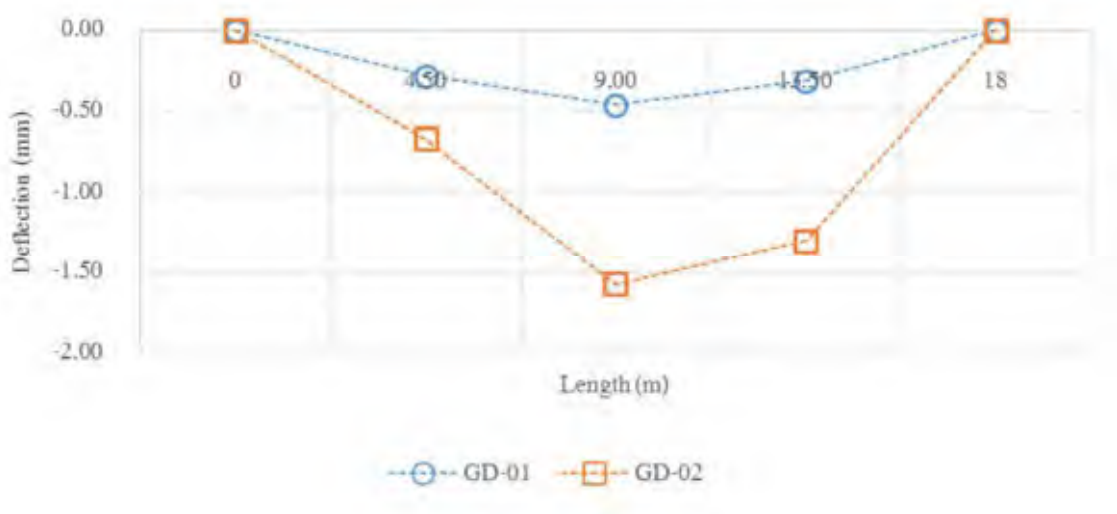
รูปที่ 6.15-6 การกระจายค่าความเครียดของเหล็กตามขวาง Static 2-1 สะพานช่วงที่ 11



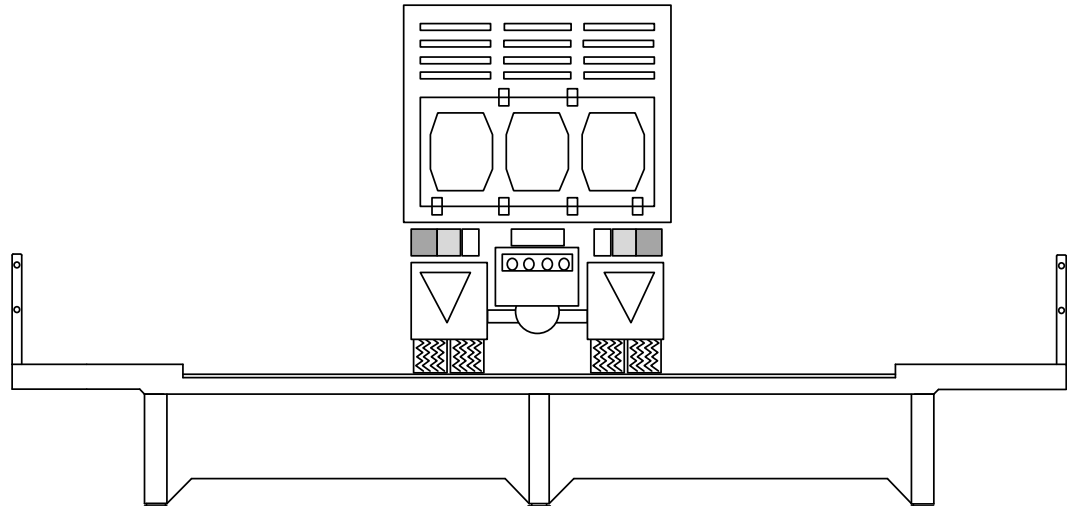
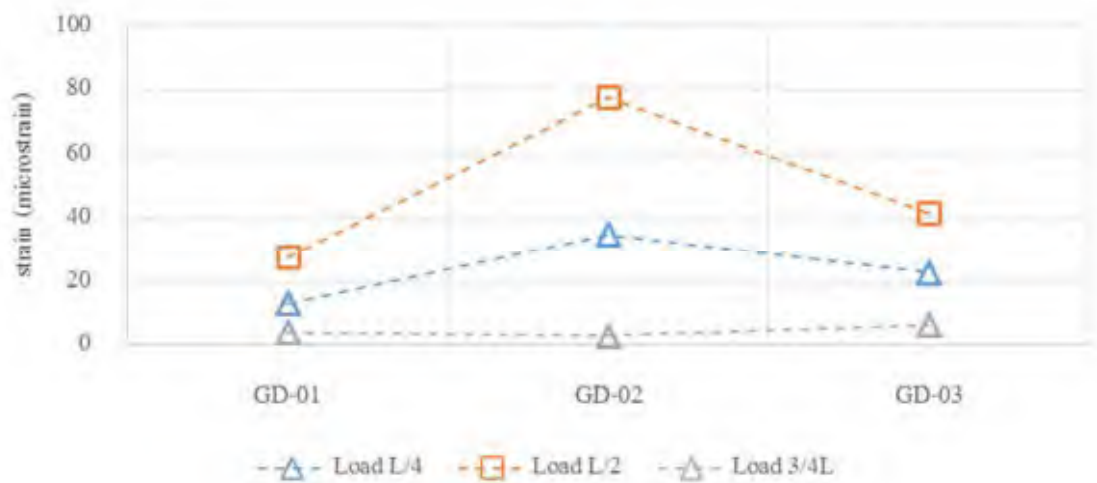
รูปที่ 6.15-7 การกระจายค่าการแอ่นตัวของคานตามยาว Static 2-1 สะพานช่วงที่ 11



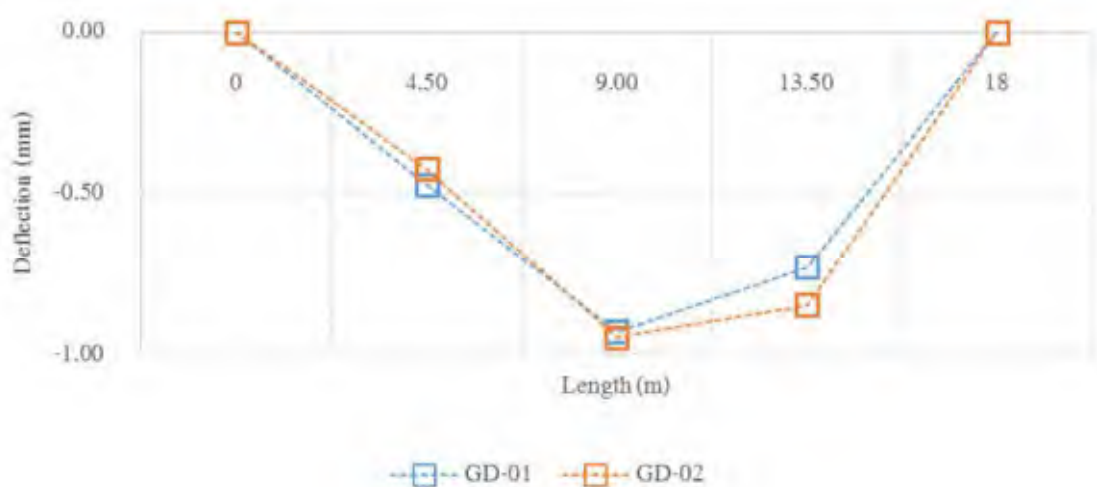
รูปที่ 6.15-8 การกระจายค่าความเครียดของเหล็กตามขวาง Static 2-2 สะพานช่วงที่ 11



รูปที่ 6.15-9 การกระจายค่าการแอ่นตัวของคานตามยาว Static 2-2 สะพานช่วงที่ 11



รูปที่ 6.15-10 การกระจายค่าความเครียดของเหล็กตามขวาง Static 2-3 สะพานช่วงที่ 11



รูปที่ 6.15-11 การกระจายค่าการแอ่นตัวของคานตามยาว Static 2-3 สะพานช่วงที่ 11

6.15.6. รูปแบบการทดสอบแบบพลวัต

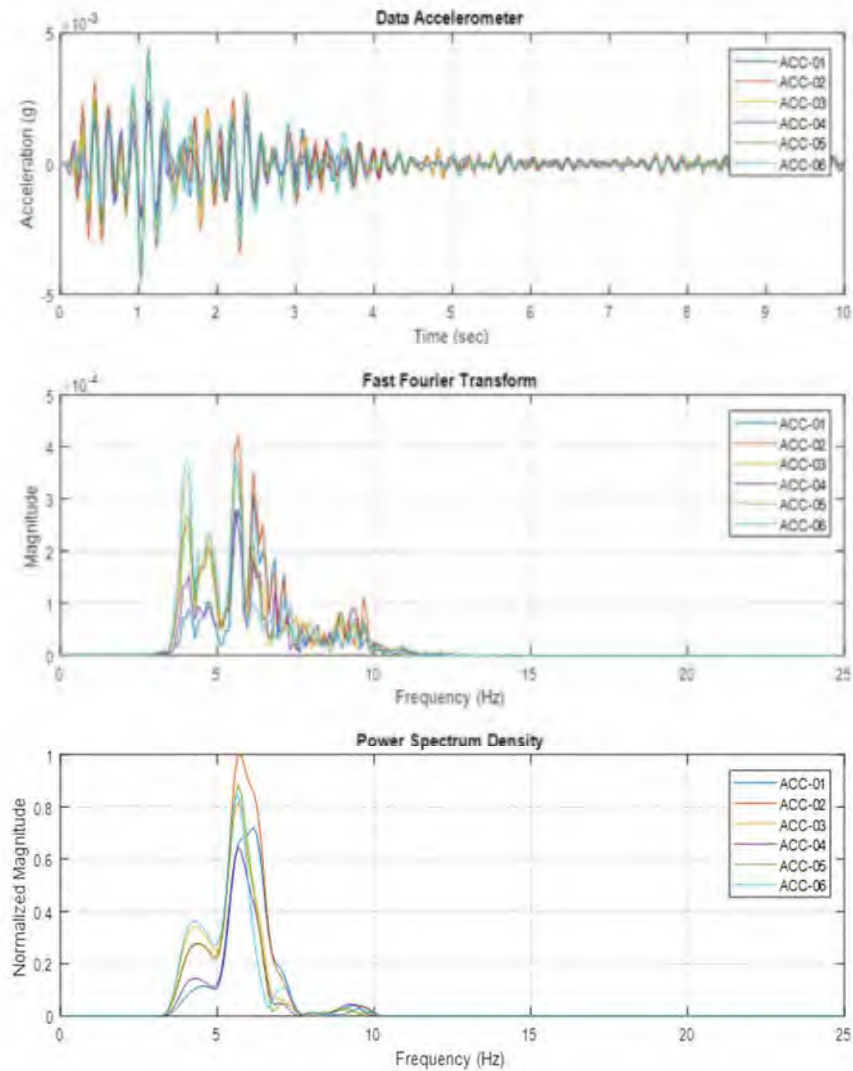
การทดสอบแบบพลวัต (Dynamic Test) เป็นการทดสอบโดยใช้รถบรรทุกน้ำหนัก หลายรูปแบบ โดยมีรายละเอียดดังนี้

- Dynamic 1 : ทดสอบด้วยรถบรรทุกน้ำหนัก วิ่งด้วยความเร็ว 20 กม./ชม. กึ่งกลางสะพาน
- Dynamic 2 : ทดสอบด้วยรถบรรทุกน้ำหนัก วิ่งด้วยความเร็ว 30 กม./ชม. กึ่งกลางสะพาน
- Dynamic 3 : ทดสอบด้วยรถบรรทุกน้ำหนัก วิ่งด้วยความเร็ว 50 กม./ชม. กึ่งกลางสะพาน

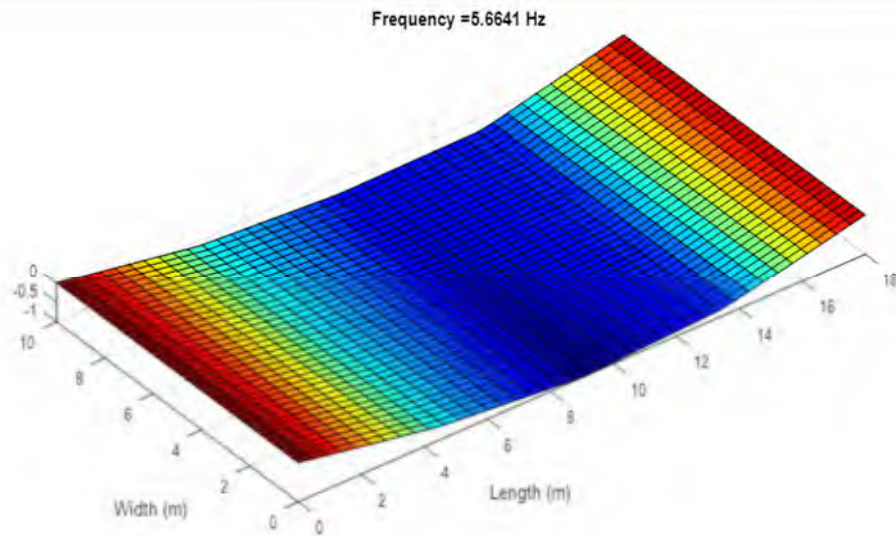
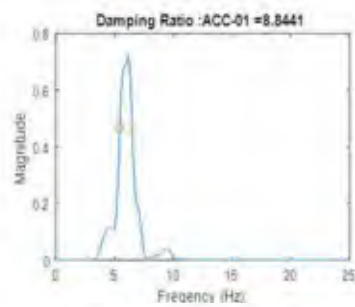
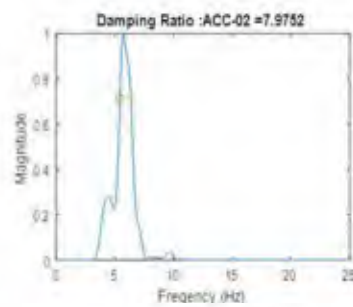
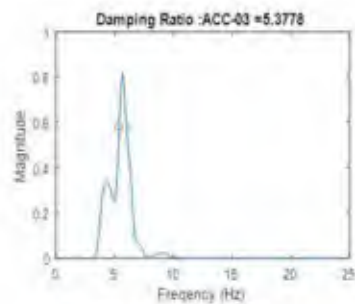
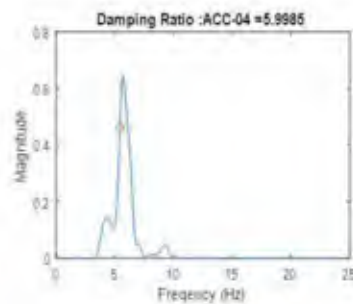
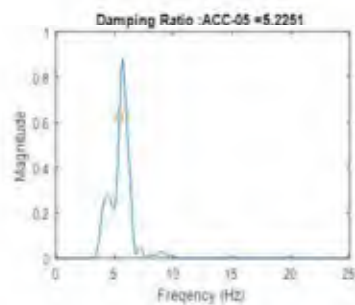
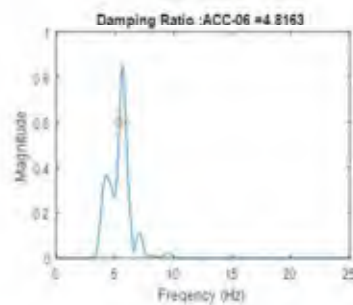


6.15.7. ผลการตรวจวัดพฤติกรรมแบบพลวัต

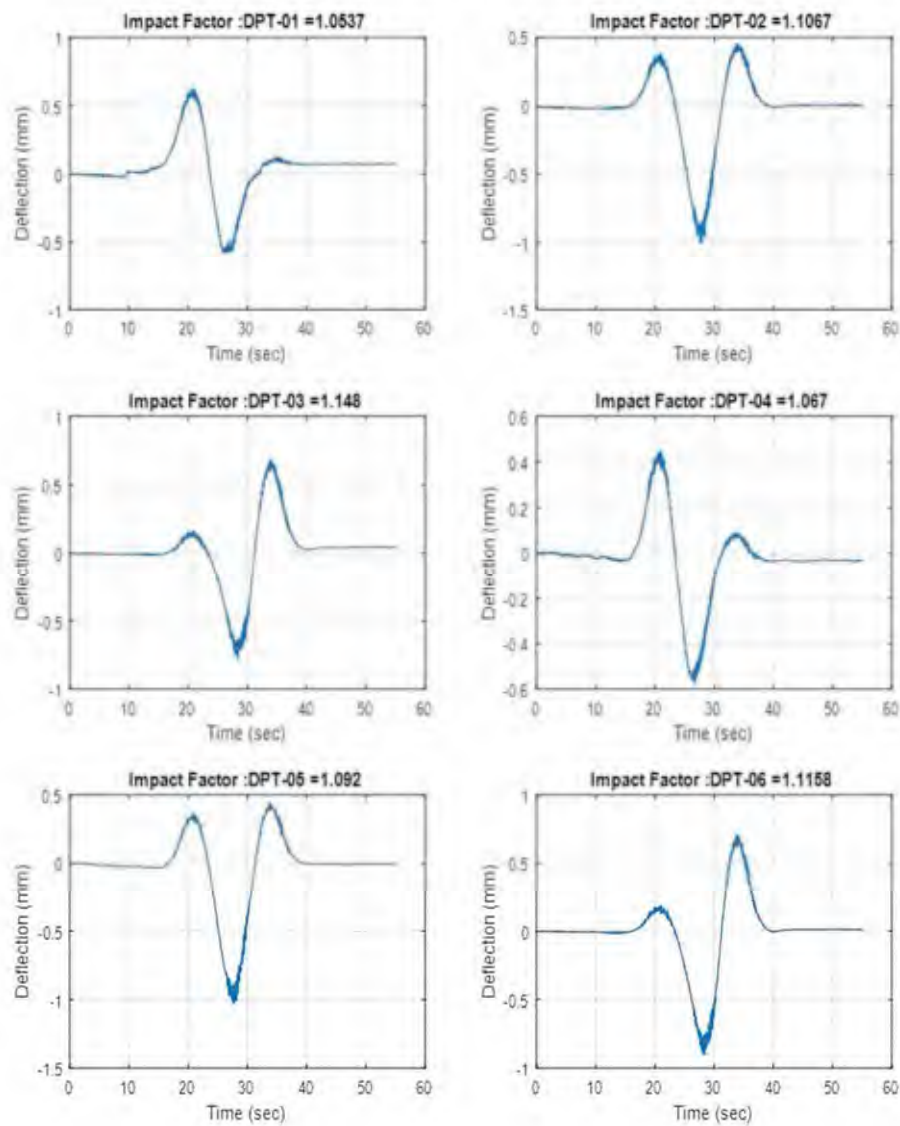
Dynamic Load Test 1 : 20 km/hr



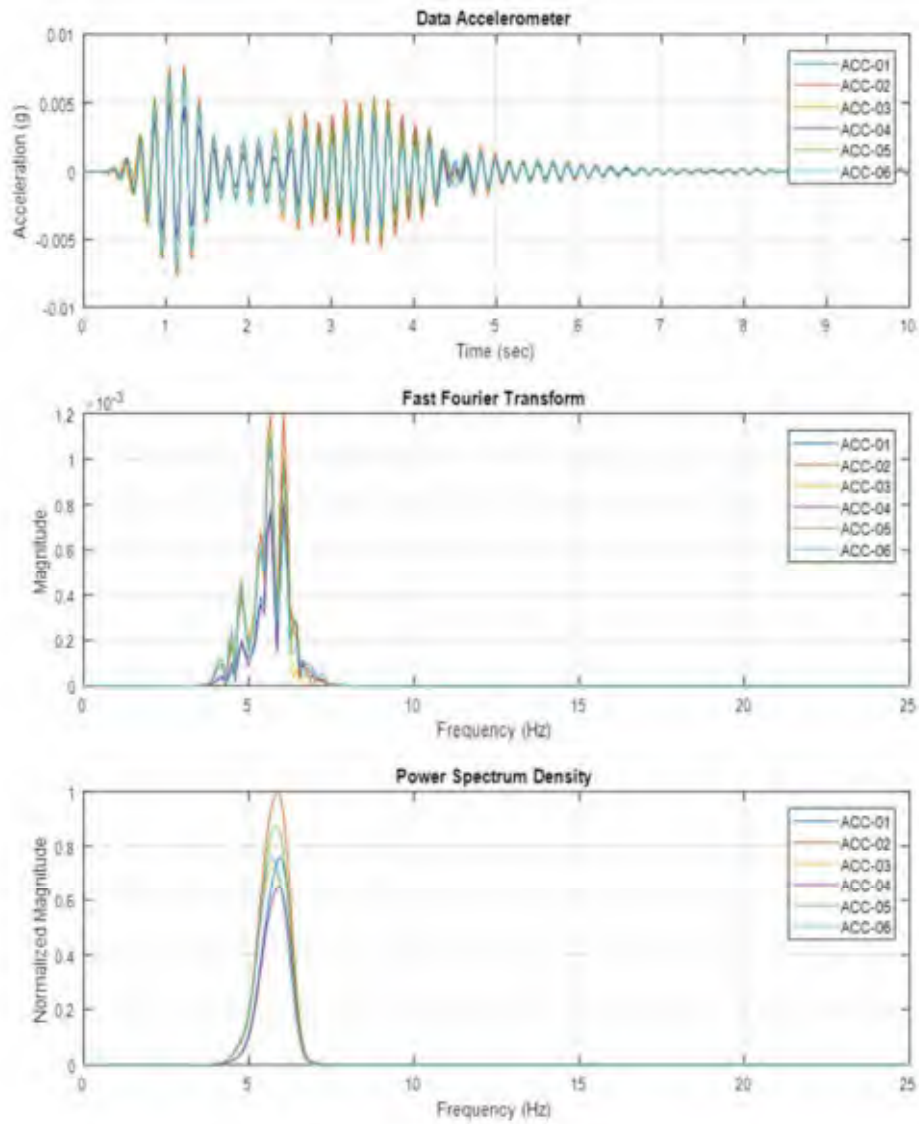
Dynamic Load Test 1 : 20 km/hr



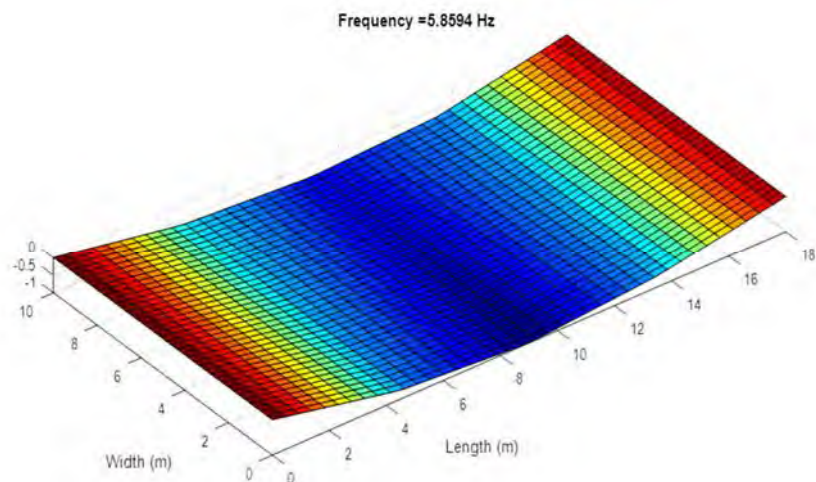
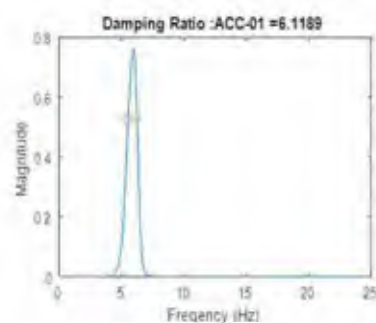
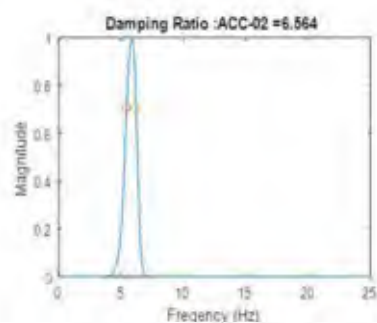
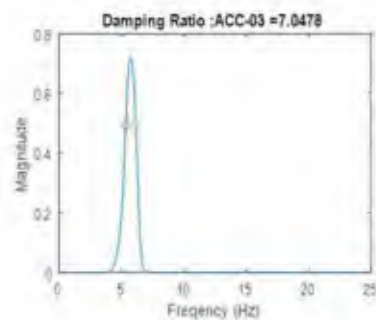
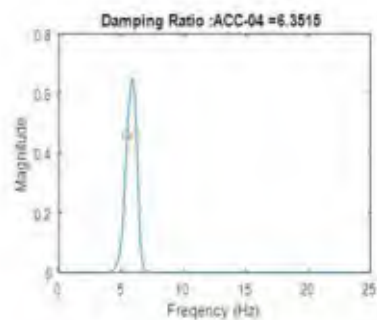
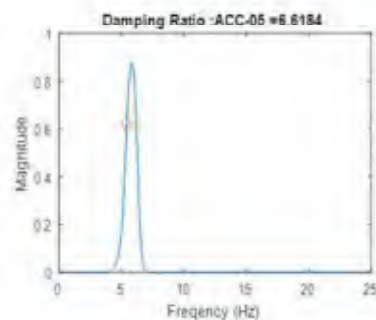
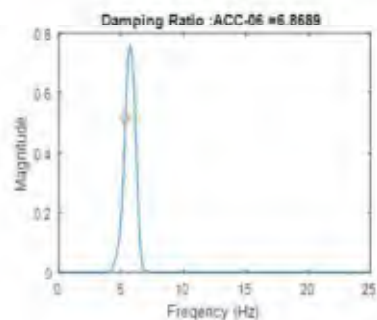
Dynamic Load Test 1 : 20 km/hr



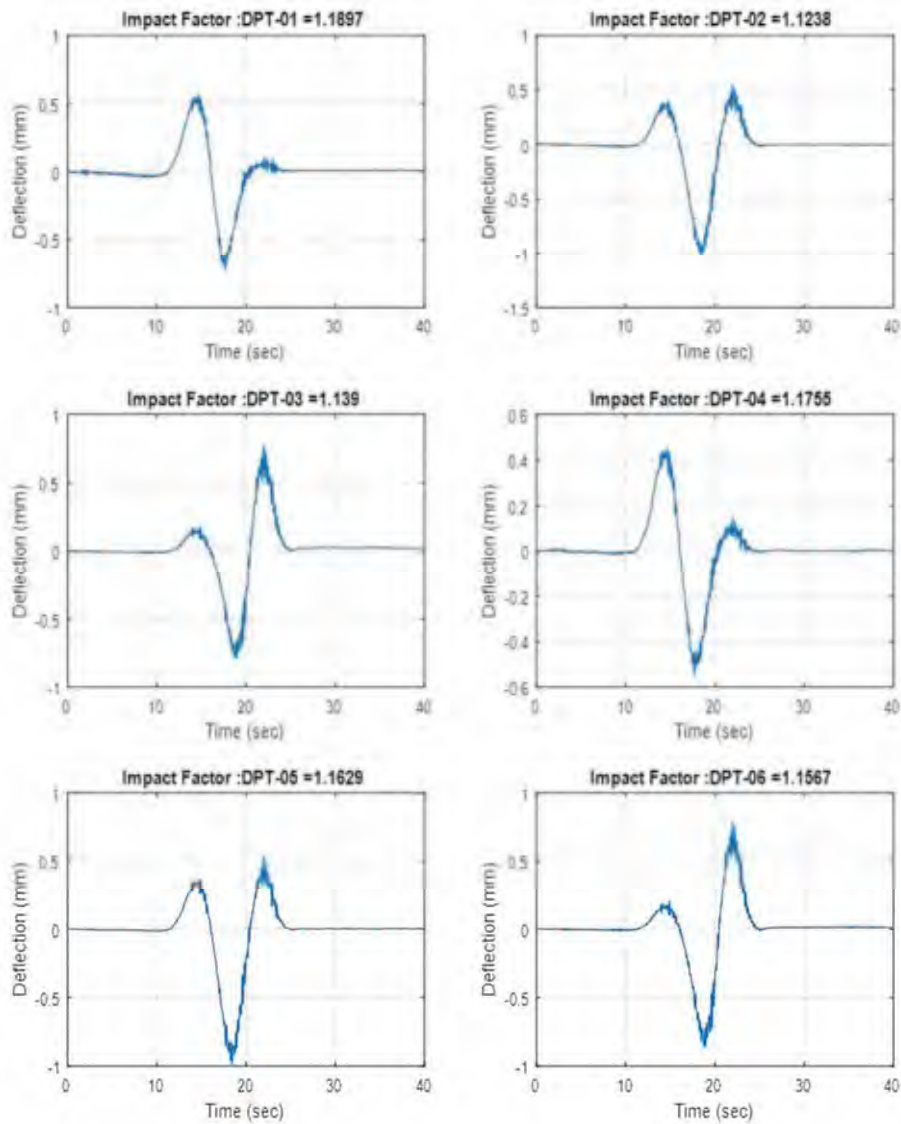
Dynamic Load Test 2 : 30 km/hr



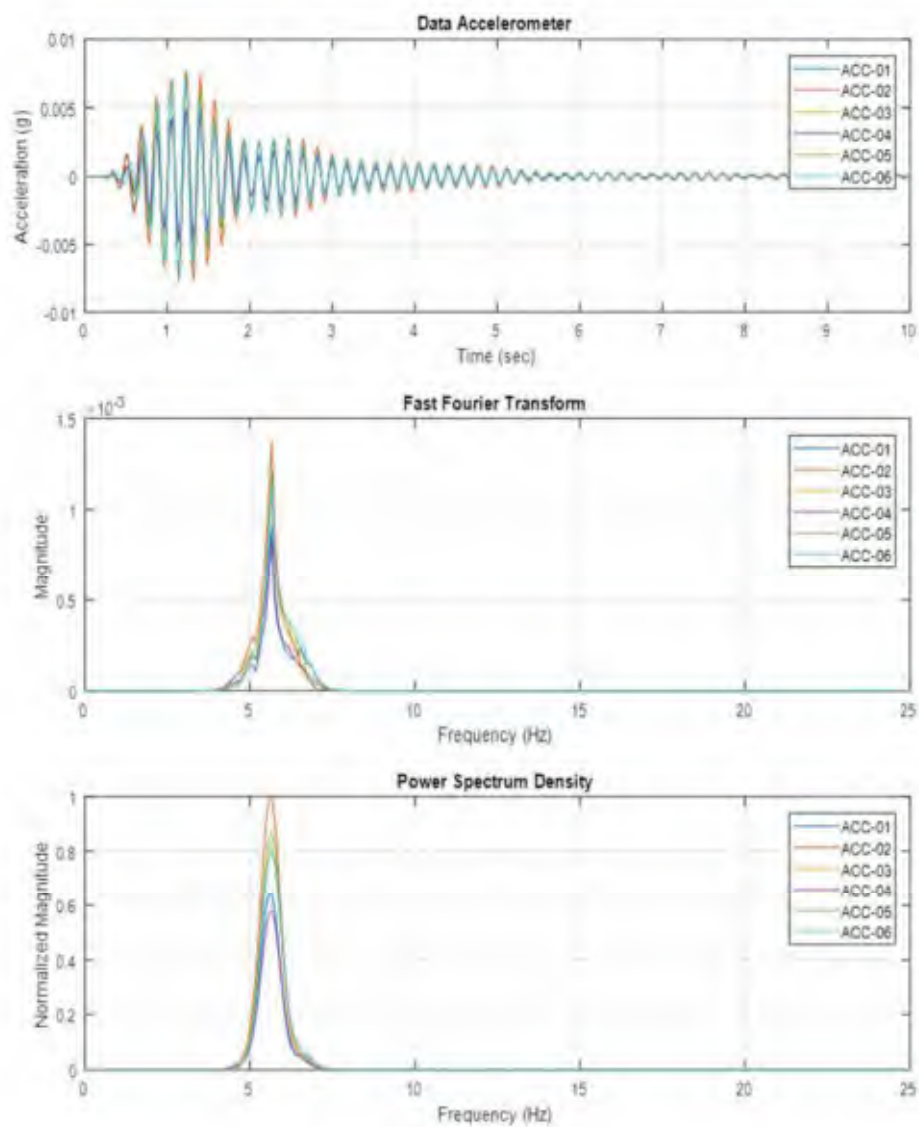
Dynamic Load Test 2 : 30 km/hr



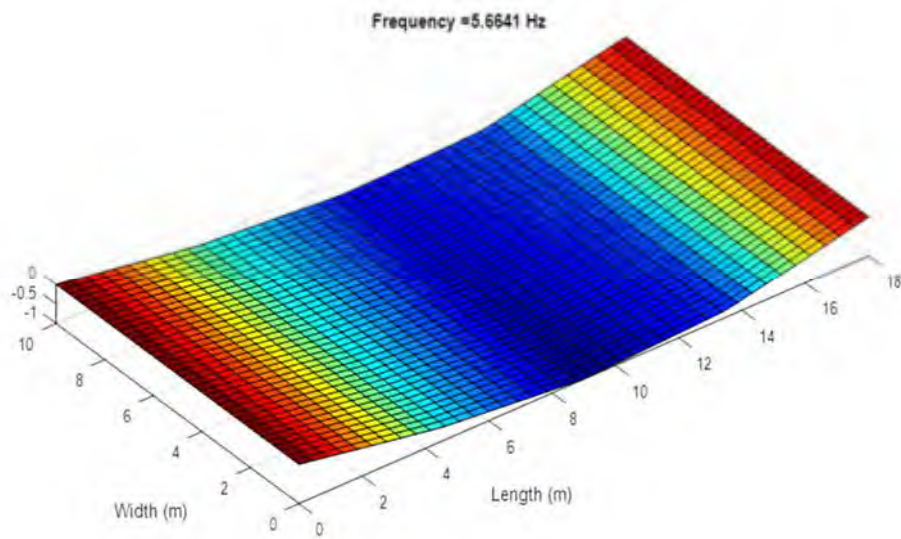
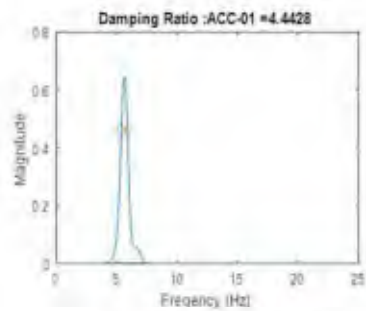
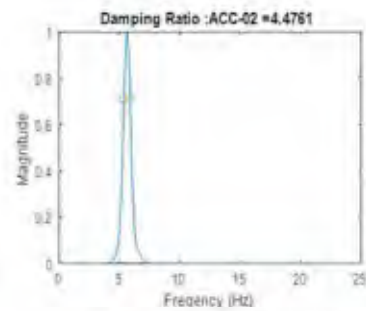
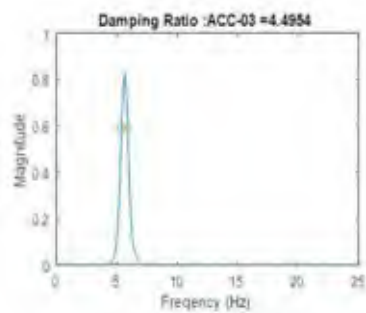
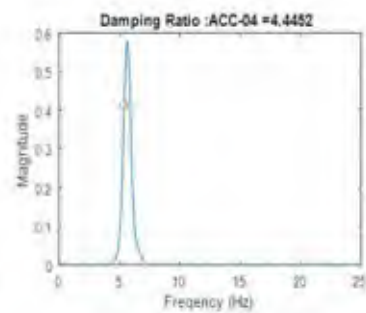
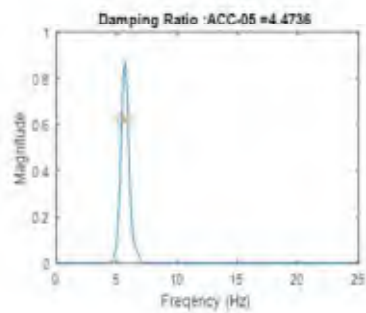
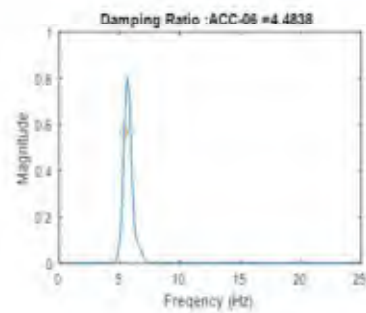
Dynamic Load Test 2 : 30 km/hr



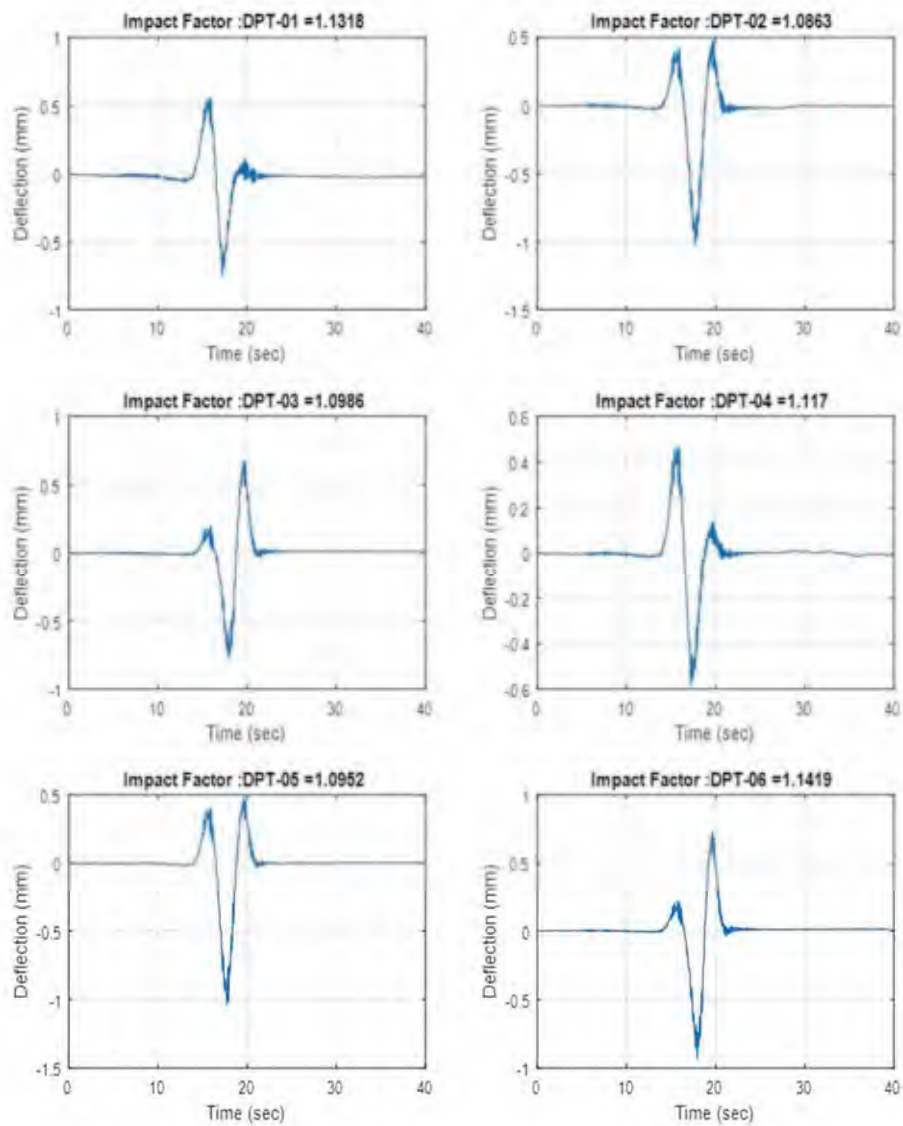
Dynamic Load Test 3 : 40 km/hr



Dynamic Load Test 3 : 40 km/hr



Dynamic Load Test 3 : 40 km/hr



ตารางที่ 6.15-8 ผลการวิเคราะห์ Natural Frequency, Mode Shape, Damping Ratio และ Impact Factor

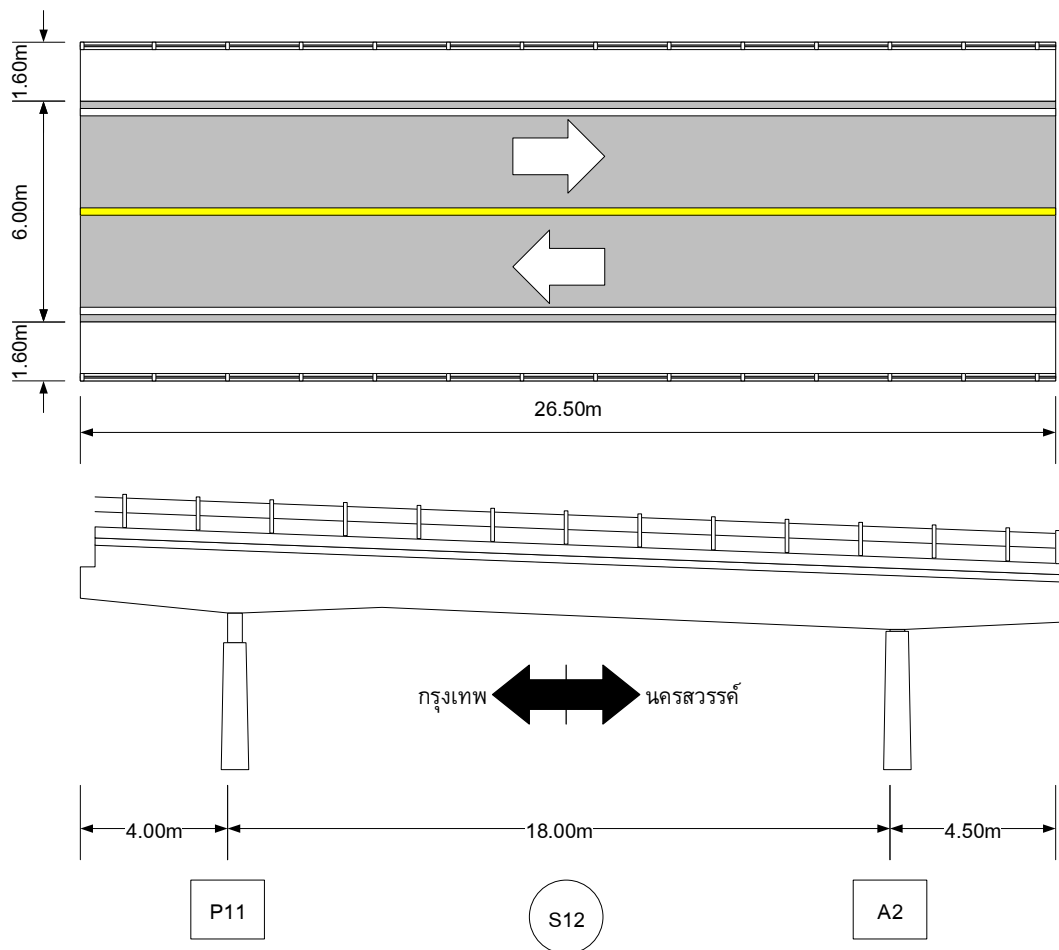
Dynamic Case	Speed (km/h)	Frequency (Hz)	Mode Shape (1st Mode)	Damping Ratio (%)	Impact Factor (IM)
Dynamic1	20	5.664	Bending Mode	4.816 - 8.844	1.054 - 1.148
Dynamic2	30	5.859	Bending Mode	6.119 - 7.048	1.124 - 1.190
Dynamic3	40	5.664	Bending Mode	4.428 - 4.495	1.086 - 1.142



6.16 ผลการตรวจวัดพฤติกรรมสะพานช่วงที่ 12 (Span 12)

โครงการนี้ได้ดำเนินการตรวจวัดพฤติกรรมโครงสร้างสะพานช่วงที่ 12 (Span 12) ความยาวช่วงระหว่างรอยต่อสะพานเท่ากับ 26.5 เมตร ความยาวช่วงระหว่างตอม่อเท่ากับ 18 เมตร โดยทำการทดสอบสะพานภายใต้สภาวะควบคุม ประกอบด้วย การทดสอบแบบสถิต และการทดสอบแบบพลวัต เมื่อวันที่ 20 พฤษภาคม 2563 ซึ่งมีรายละเอียดการตรวจวัดพฤติกรรมโครงสร้างสะพาน ดังนี้

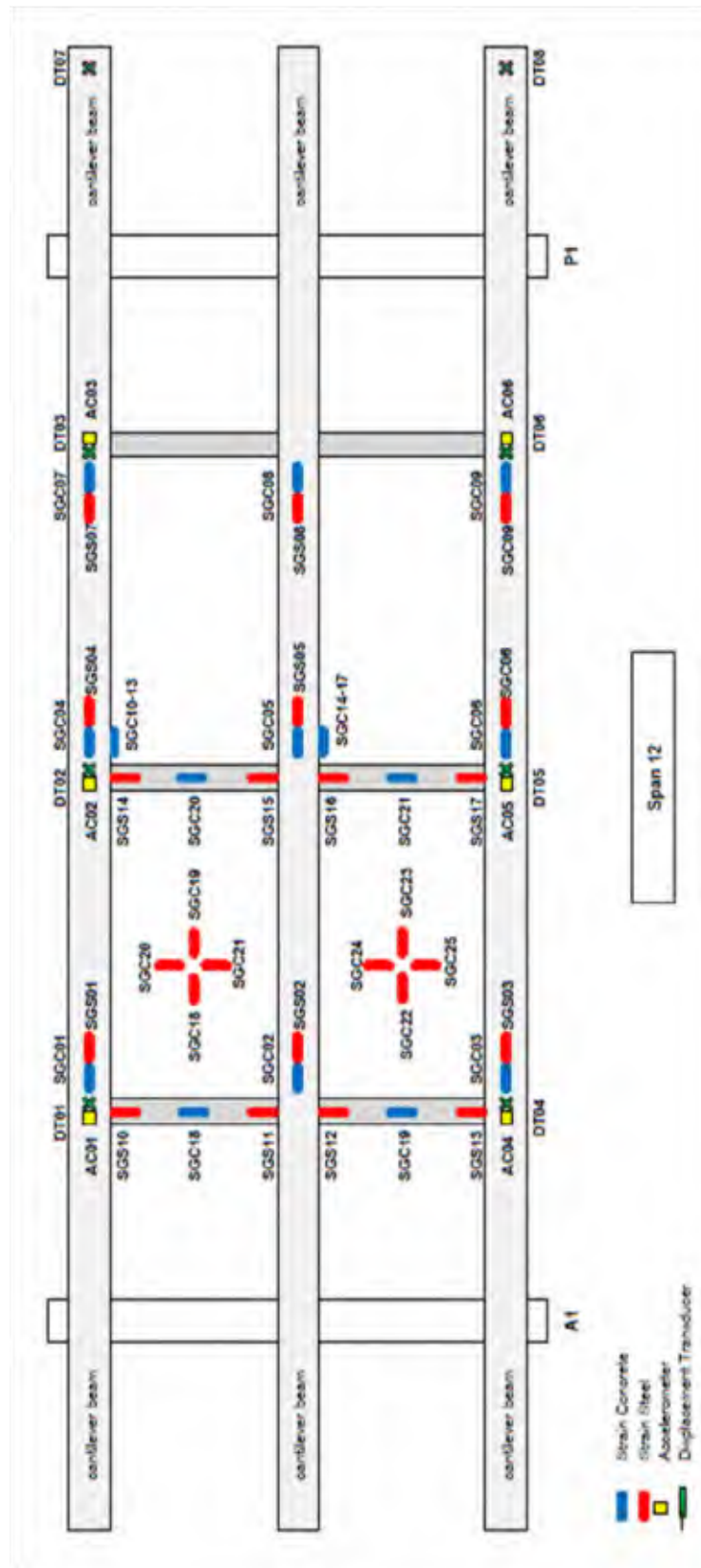
6.16.1. ช่วงสะพานทดสอบ



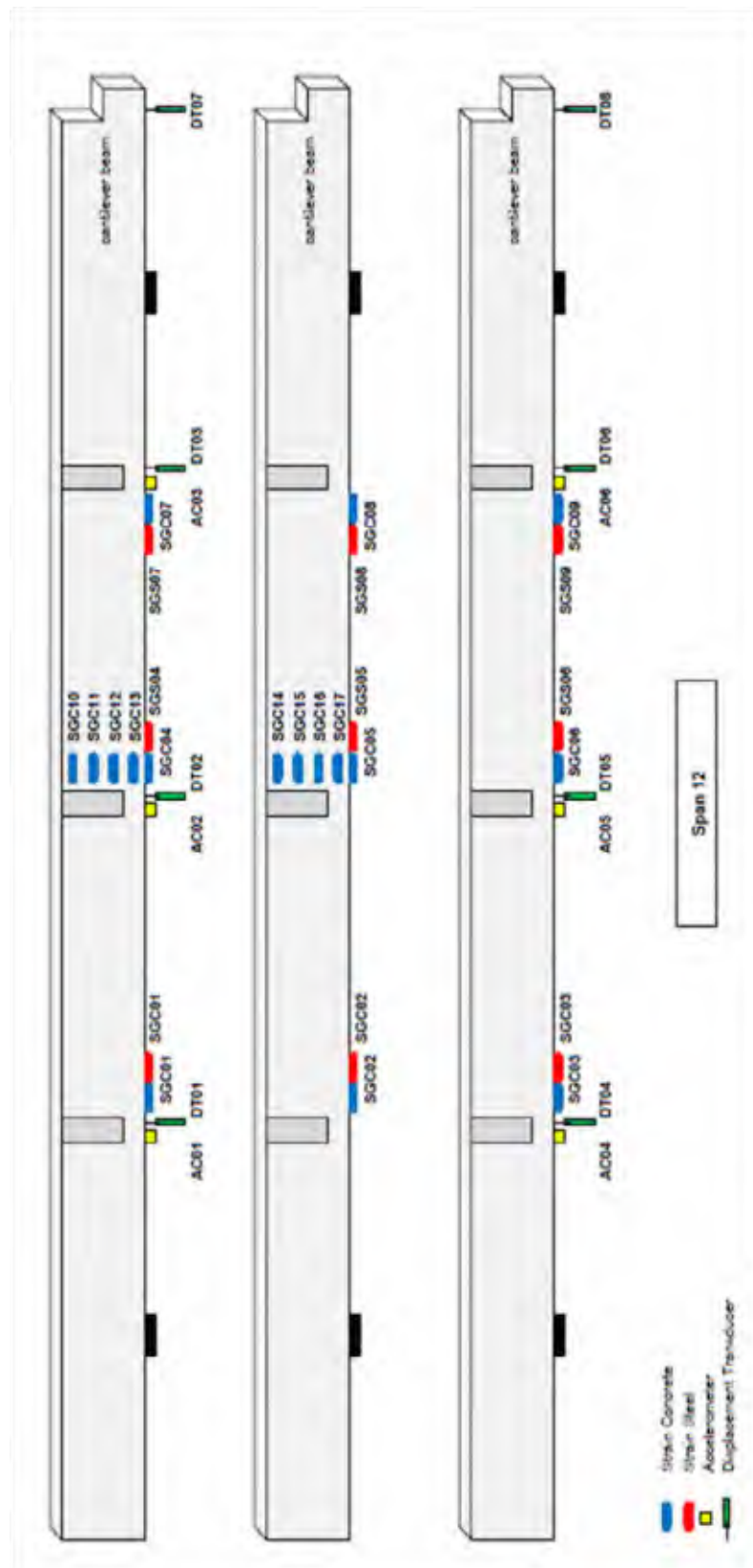
รูปที่ 6.16-1 ช่วงสะพานทดสอบ

6.16.2. ตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัด

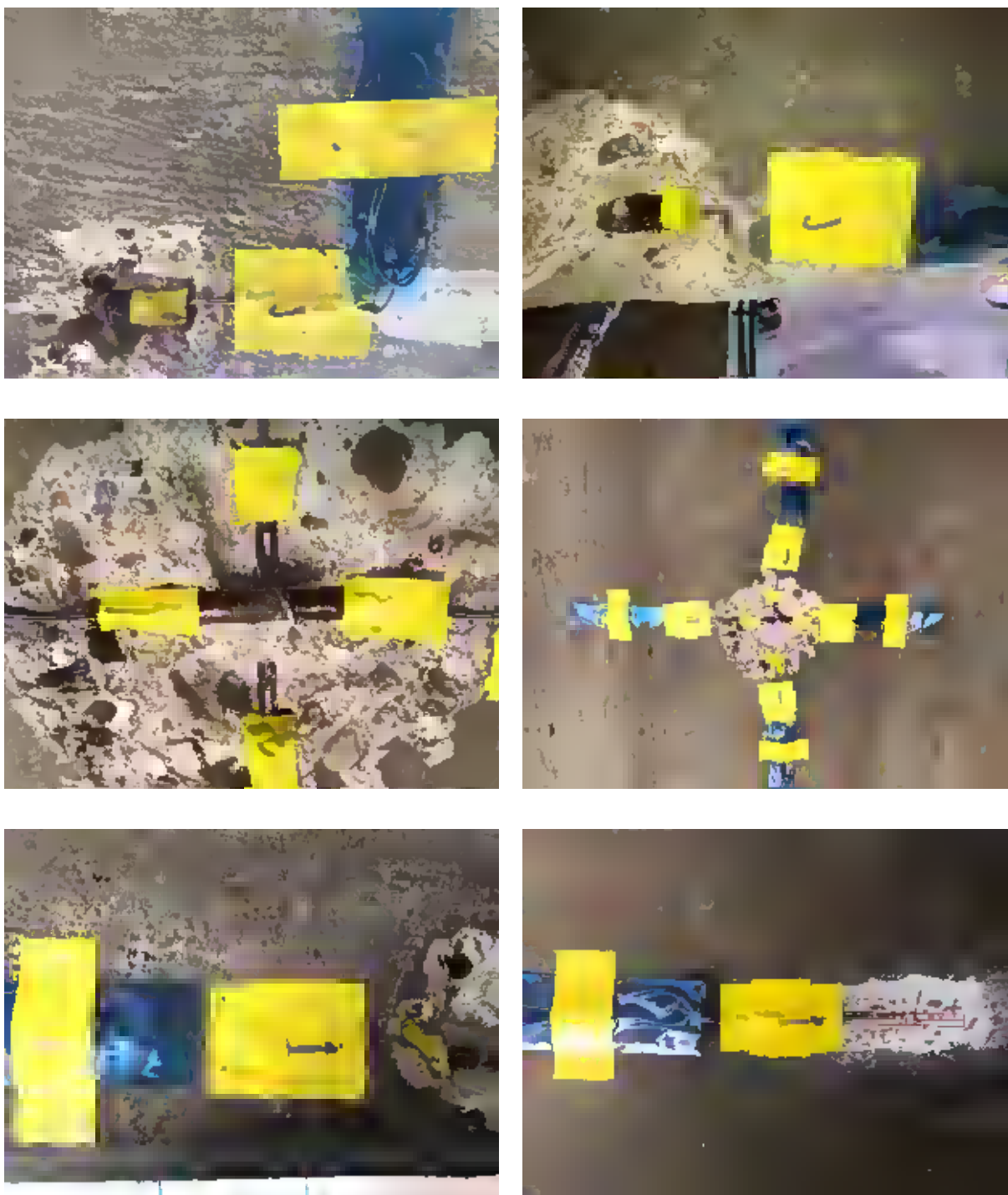
ในช่วงสะพานนี้ทำการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดความเครียดสำหรับคอนกรีต (Strain Gauge Concrete) จำนวน 21 ตำแหน่ง อุปกรณ์ตรวจวัดความเครียดสำหรับเหล็ก (Strain Gauge Steel) จำนวน 25 ตำแหน่ง อุปกรณ์ตรวจวัดการเคลื่อนที่ (Displacement Transducer) จำนวน 8 ตำแหน่ง และอุปกรณ์ตรวจวัดความเร่งจากการสั่นไหว (Accelerometer) จำนวน 6 ตำแหน่ง โดยมีรายละเอียดดังนี้



รูปที่ 6.16-2 ตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัด



รูปที่ 6.5-2 ตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัด (ต่อ)



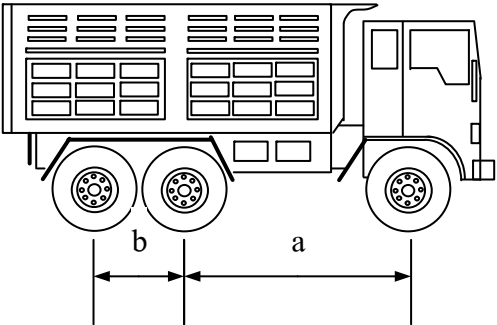
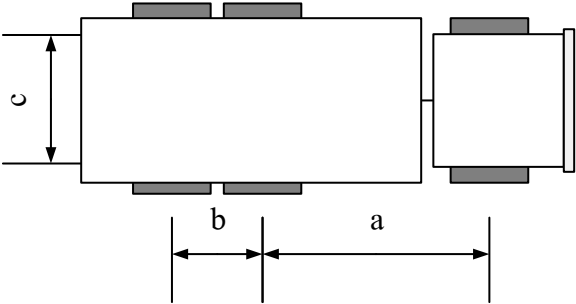
รูปที่ 6.16-3 ภาพการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดสะพานช่วงที่ 12 (Span 12)

6.16.3. น้ำหนักบรรทุกทดสอบ

ในช่วงสะพานนี้ได้ใช้รถบรรทุก 10 ล้อ จำนวน 2 คัน ประกอบด้วย รถบรรทุกเปล่าน้ำหนักรวมประมาณ 10 ตัน และรถบรรทุกน้ำหนักรวมประมาณ 18 ตัน ทดสอบสะพานภายใต้สภาวะควบคุม โดยมีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 6.16-1 น้ำหนักบรรทุกทดสอบ

คันที่	1	2
ประเภท	รถบรรทุกเปล่า (81-5301)	รถบรรทุกน้ำหนัก (81-5222)
น้ำหนักรถบรรทุก (ตัน)	10.570	18.280
ระยะเพลลาที่ 1 ถึง 2 (a, เมตร)	3.90	4.10
ระยะเพลลาที่ 2 ถึง 3 (b, เมตร)	1.30	1.30
ความกว้างฐานล้อ (c, เมตร)	1.90	1.90



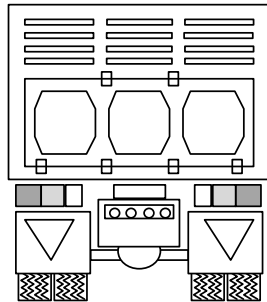
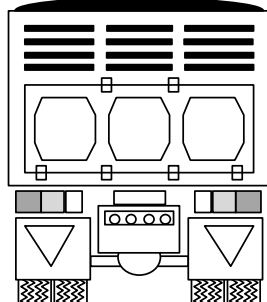
รูปที่ 6.16-4 รถบรรทุกทดสอบ

6.16.4. รูปแบบการทดสอบแบบสถิต

การทดสอบแบบสถิต (Static Test) ประกอบด้วย การทดสอบด้วยรถบรรทุกเปล่าและรถบรรทุกน้ำหนัก หลายรูปแบบโดยมีรายละเอียดดังนี้

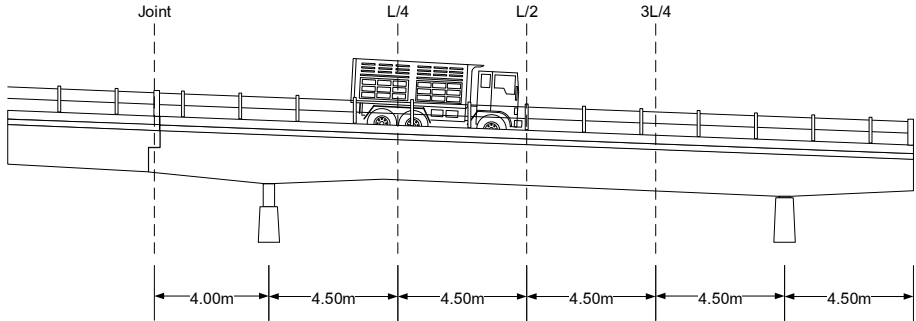
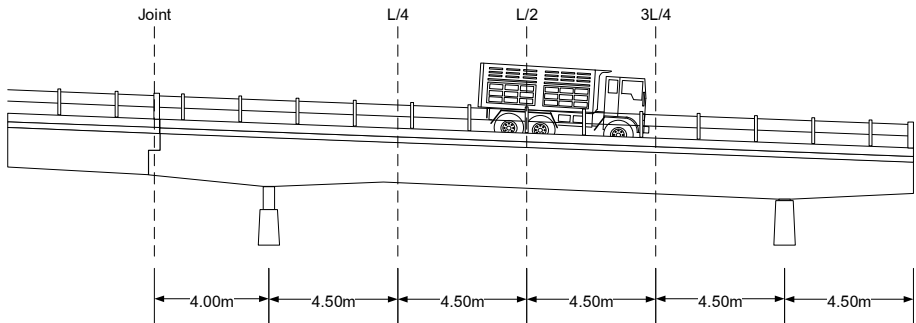
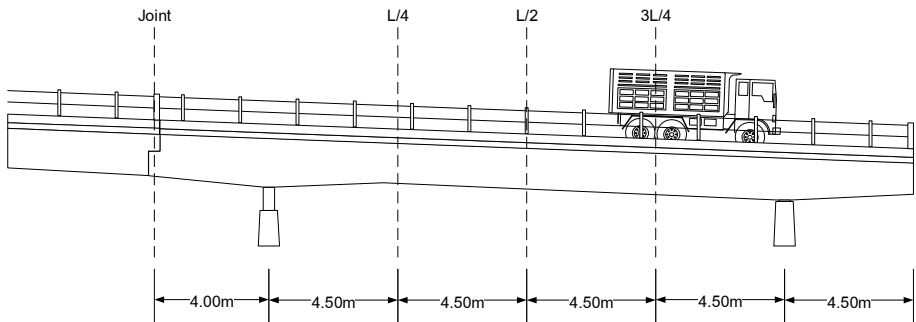
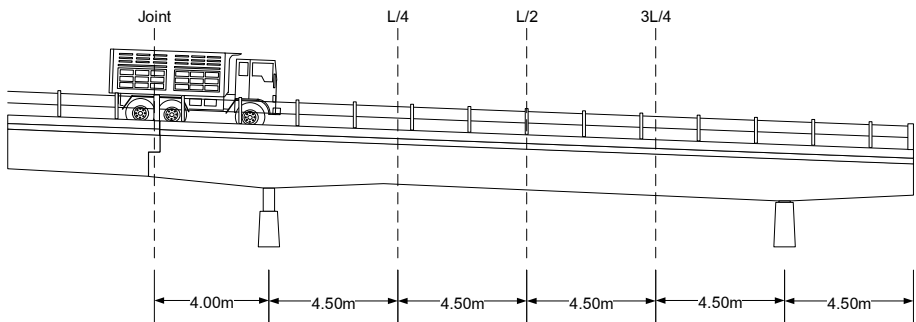
- Static 1-1 : ทดสอบด้วยรถบรรทุกเปล่า จอดตามตำแหน่ง L/4, L/2, 3L/4 ของความยาวช่วงระหว่างตอม่อ และ Joint ในช่องจราจรทางซ้าย
- Static 1-2 : ทดสอบด้วยรถบรรทุกเปล่า จอดตามตำแหน่ง L/4, L/2, 3L/4 ของความยาวช่วงระหว่างตอม่อ และ Joint ในช่องจราจรทางขวา
- Static 1-3 : ทดสอบด้วยรถบรรทุกเปล่า จอดตามตำแหน่ง L/4, L/2, 3L/4 ของความยาวช่วงระหว่างตอม่อ และ Joint กึ่งกลางสะพาน
- Static 2-1 : ทดสอบด้วยรถบรรทุกน้ำหนัก จอดตามตำแหน่ง L/4, L/2, 3L/4 ของความยาวช่วงระหว่างตอม่อ และ Joint ในช่องจราจรทางซ้าย
- Static 2-2 : ทดสอบด้วยรถบรรทุกน้ำหนัก จอดตามตำแหน่ง L/4, L/2, 3L/4 ของความยาวช่วงระหว่างตอม่อ และ Joint ในช่องจราจรทางขวา
- Static 2-3 : ทดสอบด้วยรถบรรทุกน้ำหนัก จอดตามตำแหน่ง L/4, L/2, 3L/4 ของความยาวช่วงระหว่างตอม่อ และ Joint กึ่งกลางสะพาน

ตารางที่ 6.16-2 สัญลักษณ์รถบรรทุกทดสอบ

รถบรรทุก	สัญลักษณ์
รถบรรทุกเปล่า	
รถบรรทุกน้ำหนัก	



ตารางที่ 6.16-3 ระยะจอตรถบรรทุกตามตำแหน่ง L/4, L/2, 3L/4 และ Joint

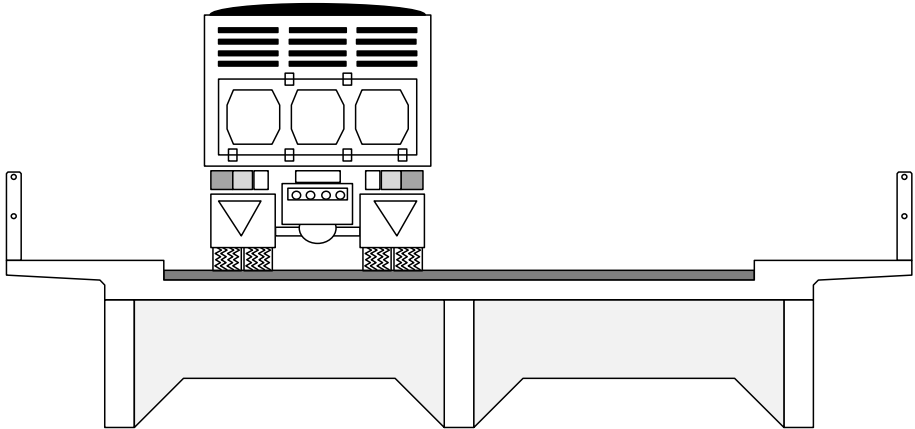
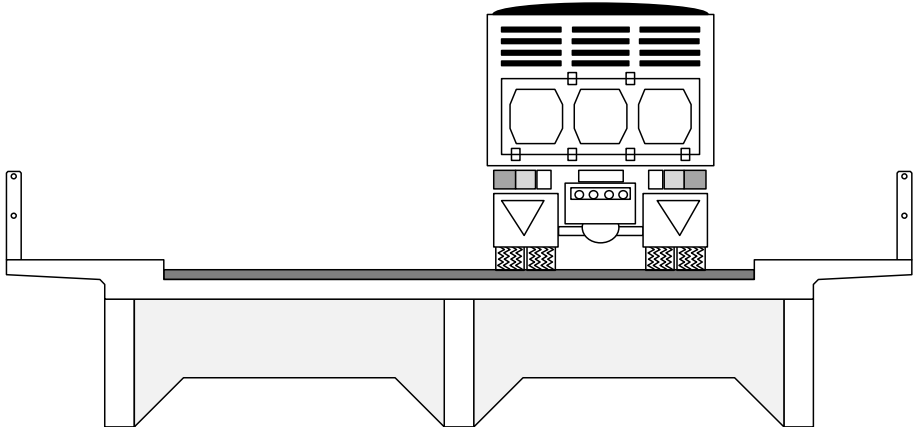
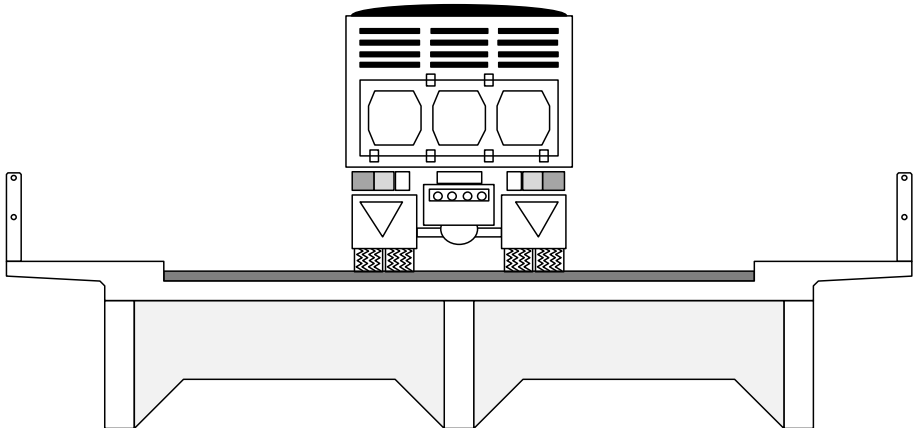
ระยะ	ตำแหน่งจอตรถบรรทุก
L/4	
L/2	
3L/4	
Joint	

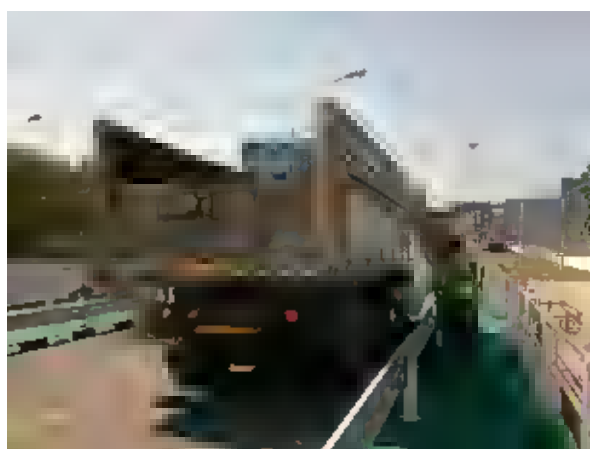
ตารางที่ 6.16-4 รูปแบบการทดสอบแบบสถิต ด้วยรถบรรทุกเปล่า

Case	Pattern
Static 1-1	
Static 1-2	
Static 1-3	



ตารางที่ 6.16-5 รูปแบบการทดสอบแบบสถิต ด้วยรถบรรทุกน้ำหนัก

Case	Pattern
Static 2-1	
Static 2-2	
Static 2-3	



รูปที่ 6.16-5 ภาพการทดสอบแบบสถิต



6.16.5. ผลการตรวจวัดพฤติกรรมสะพานแบบสถิต

ตารางที่ 6.16-6 ผลการตรวจวัดพฤติกรรมสะพานแบบสถิต ด้วยรถบรรทุกเปล่า

Time (s)	Static 1-1				Static 1-2				Static 1-3			
	Joint	L/4	L/2	3L/4	Joint	L/4	L/2	3L/4	Joint	L/4	L/2	3L/4
DT-01	0.307	-0.772	-0.508	-0.050	0.087	-0.187	-0.123	-0.021	0.154	-0.454	-0.288	-0.045
DT-02	0.306	-0.924	-0.744	-0.102	0.091	-0.226	-0.156	-0.034	0.147	-0.540	-0.389	-0.082
DT-03	0.169	-0.654	-0.673	-0.102	-0.039	-0.318	-0.260	-0.024	0.107	-0.373	-0.319	-0.073
DT-04	0.183	-0.006	0.056	0.171	0.247	-0.832	-0.588	-0.086	0.134	-0.498	-0.357	-0.039
DT-05	0.230	-0.128	-0.038	0.135	0.279	-0.959	-0.775	-0.100	0.167	-0.601	-0.457	0.048
DT-06	0.071	-0.281	-0.187	-0.026	0.072	-0.844	-0.788	-0.152	0.102	-0.397	-0.351	-0.083
DT-07	-0.386	0.723	0.626	0.264	-0.118	0.211	0.474	0.422	-0.243	0.303	0.141	0.024
DT-08	-0.177	0.186	0.097	-0.004	-0.470	0.575	0.371	0.049	-0.303	0.392	0.222	0.024
SGC-01	-0.030	1.562	0.534	0.403	-1.247	1.603	0.014	-0.555	-1.147	1.413	-0.539	-0.772
SGC-02	-0.075	3.904	1.335	1.006	-3.117	4.009	0.035	-1.388	-2.869	3.532	-1.348	-1.930
SGC-03	-1.264	4.277	2.713	0.606	-4.703	12.038	5.446	1.067	-1.546	7.260	4.145	-0.131
SGC-04	-1.113	-5.153	-4.593	-1.433	0.817	-1.135	-0.766	-0.206	0.869	-2.463	-1.969	-0.388
SGC-05	-1.823	8.741	5.139	0.283	-2.063	4.237	2.281	-1.075	-0.877	6.244	2.285	-1.138
SGC-06	-6.671	11.885	8.798	-2.181	-13.891	72.159	59.739	6.281	-6.910	39.256	29.926	2.234
SGC-07	0.006	2.227	2.071	0.869	0.677	0.900	0.448	-0.598	0.375	0.569	-0.125	-0.779
SGC-08	-5.042	23.320	39.340	3.910	-3.717	23.280	36.340	1.445	-2.402	23.310	46.970	4.252
SGC-09	-0.957	6.612	6.583	1.435	-4.271	25.458	41.138	7.068	-2.309	14.799	18.989	2.519
SGC-10	1.456	1.533	1.648	3.287	0.454	0.396	1.304	1.760	-0.604	-0.337	0.306	0.952
SGC-11	0.738	-0.412	-0.254	0.973	0.065	-1.094	-1.088	-1.433	1.121	-1.040	-0.975	-0.994
SGC-12	0.567	-0.779	-0.188	0.746	-0.246	-1.254	-0.875	-0.481	0.398	-0.933	-0.356	0.073
SGC-13	-0.498	5.708	4.335	1.025	-0.300	0.940	0.346	-0.263	-0.648	3.106	1.664	0.258
SGC-14	1.288	-4.092	-3.150	1.192	0.919	-11.323	-8.419	0.456	2.187	-9.348	-5.208	1.012
SGC-15	0.544	0.410	0.681	0.590	-0.075	-5.348	-3.838	0.300	0.560	-2.865	-0.783	0.285
SGC-16	-0.923	4.952	2.763	0.285	-0.844	-1.517	-1.048	0.092	-0.065	1.888	1.223	0.315
SGC-17	-8.233	50.415	40.575	4.155	-7.498	26.949	27.569	5.031	-5.912	43.447	37.597	5.271
SGC-18	-1.227	29.198	22.278	1.896	-0.825	7.971	4.842	0.225	-0.873	28.003	18.553	1.640
SGC-19	-0.306	7.048	4.167	0.173	-1.094	19.748	14.778	0.077	0.056	20.349	13.739	0.342
SGC-20	2.821	13.152	75.922	26.482	1.871	-1.513	5.983	0.333	2.008	7.973	50.628	16.148
SGC-21	-0.125	0.800	0.785	-0.181	0.419	2.098	7.281	0.869	0.521	1.925	6.069	-0.177

ตารางที่ 6.5-6 ผลการตรวจวัดพฤติกรรมสะพานแบบสถิต ด้วยรถบรรทุกเปล่า (ต่อ)

Time (s)	Static 1-1				Static 1-2				Static 1-3			
	Joint	L/4	L/2	3L/4	Joint	L/4	L/2	3L/4	Joint	L/4	L/2	3L/4
SGS-01	-17.747	41.683	19.313	1.616	-5.486	10.977	5.244	0.512	-8.298	23.299	10.489	0.096
SGS-02	-6.767	14.795	5.025	0.968	-6.821	18.997	5.084	0.671	-5.720	20.500	4.513	0.848
SGS-03	-4.390	8.125	3.970	0.508	-10.369	27.989	11.799	1.813	-6.284	17.391	8.504	0.638
SGS-04	-8.781	38.667	32.177	2.836	-2.654	8.794	6.612	0.936	-4.838	21.019	15.779	1.754
SGS-05	-6.155	31.135	29.755	2.687	-5.746	26.787	26.257	1.500	-3.904	31.585	29.925	1.994
SGS-06	-1.830	7.139	5.323	0.887	-6.363	28.008	26.768	1.573	-2.848	16.674	14.274	0.446
SGS-07	-4.744	25.831	34.081	5.621	-0.842	7.327	6.263	0.110	-1.460	14.458	14.788	1.450
SGS-08	-3.989	18.174	25.454	3.732	-3.346	16.887	23.797	0.894	-2.733	17.605	29.435	2.284
SGS-09	-0.750	4.202	4.548	0.973	-3.089	16.849	30.249	5.277	-1.773	10.483	15.073	2.401
SGS-10	-0.567	15.811	13.191	-0.006	-0.329	2.538	1.913	-0.894	0.454	10.583	8.723	0.444
SGS-11	-3.073	39.623	30.113	-2.769	-3.230	28.135	19.675	-0.429	-0.435	52.346	37.806	2.215
SGS-12	-1.061	8.291	6.448	-0.333	-1.025	11.623	8.708	-1.394	0.482	14.147	10.777	0.359
SGS-13	-0.479	11.582	10.932	1.819	-2.073	34.170	25.340	-1.630	1.037	27.497	22.137	1.010
SGS-14	-0.390	17.914	29.444	2.977	-1.333	8.225	1.596	-2.731	0.246	13.942	11.592	-1.402
SGS-15	2.146	0.804	21.484	4.769	1.662	-3.659	9.595	3.956	4.239	-0.644	25.659	8.079
SGS-16	3.588	-0.617	14.345	6.325	1.621	-2.394	18.946	9.173	0.219	2.313	29.035	10.895
SGS-17	-1.002	5.521	0.185	-0.562	-0.488	7.717	11.624	1.496	-0.729	8.221	5.269	-1.285
SGS-18	-0.127	4.529	7.379	-1.419	-0.823	-2.906	-3.773	-2.633	1.723	-8.325	-3.000	-2.389
SGS-19	-2.300	2.652	6.187	-4.269	-0.308	-2.709	-5.400	-4.521	4.494	-9.869	-5.288	-4.319
SGS-20	-0.133	3.568	-1.682	-1.194	-0.506	1.164	-0.419	-1.913	0.916	8.425	-4.490	-1.717
SGS-21	-0.517	3.567	-0.031	-1.100	-0.173	0.935	-0.106	-1.242	1.225	8.173	-1.586	-1.092
SGS-22	1.025	-3.848	-5.193	-1.764	-0.008	6.742	10.816	1.267	0.477	1.119	2.532	-0.671
SGS-23	0.533	-4.087	-4.687	-1.862	-0.060	6.773	10.873	0.873	1.242	0.760	3.310	-1.046
SGS-24	0.875	1.054	-0.448	-1.155	-0.898	1.273	-4.875	-1.656	0.623	3.077	-2.727	-1.816
SGS-25	-0.004	1.498	0.775	-0.117	-0.419	3.754	-2.221	-1.198	1.133	5.679	0.463	-0.381



ตารางที่ 6.16-7 ผลการตรวจวัดพฤติกรรมสะพานแบบสถิต ด้วยรถบรรทุกน้ำหนัก

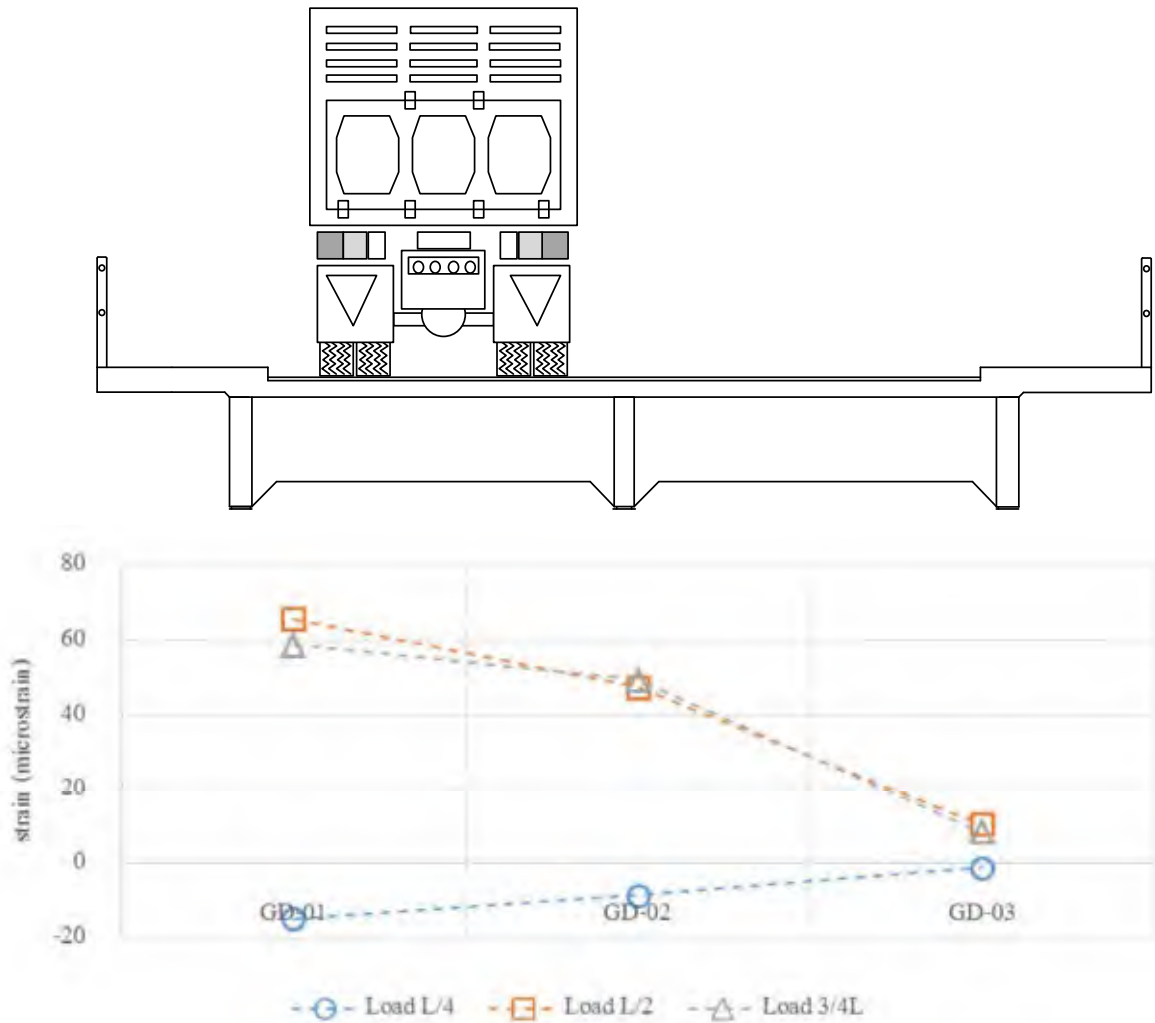
Time (s)	Static 2-1				Static 2-2				Static 2-3			
	Joint	L/4	L/2	3L/4	Joint	L/4	L/2	3L/4	Joint	L/4	L/2	3L/4
DT-01	0.473	-1.431	-0.976	-0.114	0.176	-0.366	-0.233	-0.009	0.303	-0.827	-0.554	-0.083
DT-02	0.471	-1.649	-1.390	-0.223	0.172	-0.420	-0.282	-0.008	0.306	-0.971	-0.749	-0.144
DT-03	0.289	-1.076	-1.077	-0.163	0.092	-0.310	-0.258	-0.061	0.174	-0.653	-0.615	-0.138
DT-04	0.158	-0.200	-0.113	0.061	0.470	-1.325	-0.832	-0.034	0.320	-0.760	-0.501	-0.024
DT-05	0.178	-0.360	-0.256	0.038	0.509	-1.551	-1.169	0.022	0.326	-0.853	-0.602	0.039
DT-06	0.113	-0.145	-0.093	0.049	0.308	-1.105	-1.053	-0.241	0.169	-0.651	-0.543	-0.130
DT-07	-0.692	1.051	0.697	0.207	-0.274	0.296	0.246	0.121	-0.426	0.680	0.432	0.112
DT-08	-0.193	0.368	0.237	0.061	-0.835	0.920	0.538	0.011	-0.478	0.694	0.412	0.080
SGC-01	-0.367	1.026	-0.235	-0.349	-1.993	1.277	-0.537	-1.262	-1.734	0.108	-1.412	-1.373
SGC-02	-0.917	2.565	-0.588	-0.873	-4.983	3.192	-1.342	-3.156	-4.336	0.271	-3.530	-3.434
SGC-03	-1.704	4.392	2.452	-1.327	-7.331	21.705	9.119	0.727	-5.015	10.568	4.780	1.630
SGC-04	1.829	-7.185	-6.133	-0.900	3.031	0.894	0.871	2.227	1.148	-4.456	-3.748	-0.229
SGC-05	-2.423	10.885	6.177	-2.448	-2.833	5.902	2.588	-1.479	-3.052	7.483	2.052	-1.829
SGC-06	-4.298	22.542	20.102	1.850	-23.652	117.998	99.298	8.262	-12.917	65.323	52.733	9.096
SGC-07	0.504	0.810	0.894	-0.969	0.331	2.154	0.177	0.008	-0.481	0.710	-0.648	-0.452
SGC-08	-7.243	38.283	67.183	6.905	-6.460	46.115	73.715	4.873	-6.554	45.967	88.107	9.454
SGC-09	-0.793	7.759	8.511	0.402	-7.252	44.288	70.958	13.598	-3.269	22.620	29.430	7.173
SGC-10	1.941	0.756	1.575	4.002	0.965	1.623	2.398	3.252	1.125	-0.221	-0.192	0.481
SGC-11	0.838	-2.821	-1.952	-1.336	0.800	1.050	-0.104	0.102	0.515	-1.969	-2.384	-0.365
SGC-12	0.944	-2.150	-0.783	0.104	0.781	-0.761	-0.613	-0.198	0.423	-1.946	-1.511	-0.085
SGC-13	-1.352	10.250	8.363	0.713	-0.292	2.957	1.276	0.204	-1.033	6.642	3.254	0.765
SGC-14	2.613	-7.225	-5.992	-0.196	3.100	-15.540	-12.360	1.463	2.336	-12.743	-11.043	0.546
SGC-15	0.998	1.252	2.017	0.352	0.606	-7.211	-5.454	0.550	0.723	-2.752	-1.721	1.140
SGC-16	-1.017	8.413	5.502	-0.527	-0.933	-1.748	-0.704	1.265	-1.040	4.246	2.212	0.383
SGC-17	-13.674	87.646	77.196	3.866	-12.610	50.240	50.660	8.503	-10.688	81.563	76.873	9.715
SGC-18	-1.906	45.508	39.898	1.711	-1.050	18.216	11.066	0.862	-1.429	48.790	38.120	3.217
SGC-19	-0.223	10.231	6.590	-0.446	-1.137	34.241	27.511	0.863	-0.663	30.860	23.160	1.469
SGC-20	2.727	15.524	121.884	34.824	3.681	2.685	18.159	4.019	3.261	19.402	108.602	33.832
SGC-21	0.975	0.494	0.081	-1.579	0.323	5.419	11.314	2.571	0.827	2.479	7.569	1.654

ตารางที่ 6.5-7 ผลการตรวจวัดพฤติกรรมสะพานแบบสถิต ด้วยรถบรรทุกน้ำหนัก (ต่อ)

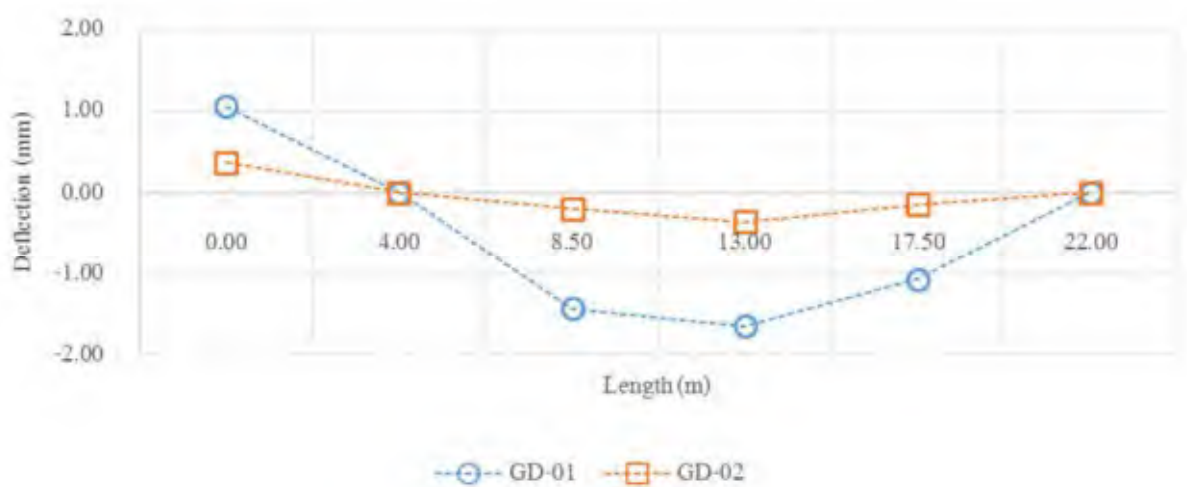
Time (s)	Static 2-1				Static 2-2				Static 2-3			
	Joint	L/4	L/2	3L/4	Joint	L/4	L/2	3L/4	Joint	L/4	L/2	3L/4
SGS-01	-29.121	77.689	36.419	1.075	-9.557	22.988	10.858	0.875	-19.130	44.600	20.820	2.212
SGS-02	-10.267	25.110	8.177	0.600	-10.607	37.003	9.604	1.289	-10.417	35.013	7.558	2.164
SGS-03	-4.688	12.618	7.371	0.238	-17.735	45.115	18.335	0.727	-10.292	28.088	13.298	2.021
SGS-04	-14.808	65.612	58.732	4.515	-5.179	17.419	12.499	0.736	-9.217	38.242	31.042	3.158
SGS-05	-8.577	47.565	49.515	1.915	-8.792	45.414	46.744	1.989	-8.498	50.114	53.974	2.673
SGS-06	-1.191	10.497	8.509	-0.021	-9.448	47.579	45.359	2.583	-4.692	25.078	22.738	3.046
SGS-07	-6.950	39.105	59.925	5.800	-2.011	14.796	11.806	1.273	-4.340	25.167	29.217	4.008
SGS-08	-5.219	26.920	40.160	4.192	-5.335	32.044	44.194	2.275	-4.748	30.511	50.431	5.367
SGS-09	-0.429	5.752	7.263	1.017	-5.084	28.580	49.040	7.548	-1.854	14.870	23.290	5.273
SGS-10	0.071	25.767	23.657	1.136	-0.248	7.090	3.957	0.104	-0.452	20.730	16.320	2.548
SGS-11	-0.758	64.365	53.705	1.042	-3.127	56.930	37.780	3.319	-3.048	93.162	71.022	7.054
SGS-12	0.392	13.442	10.562	1.004	-0.198	22.065	17.195	0.656	-0.598	25.550	18.790	2.627
SGS-13	1.604	14.813	14.423	1.635	-1.513	58.105	48.085	0.394	-0.281	45.556	38.406	4.427
SGS-14	0.567	26.747	52.597	4.642	-1.325	17.803	4.087	-1.227	-0.894	26.812	25.702	1.080
SGS-15	5.094	-0.414	30.166	7.925	4.169	-0.388	21.101	6.869	3.962	4.341	42.953	17.603
SGS-16	2.708	-4.981	18.523	6.863	1.950	-2.694	35.030	8.190	4.458	0.652	48.018	16.568
SGS-17	-0.965	8.613	0.523	-1.855	-0.171	15.580	21.600	2.190	-0.158	13.006	9.137	-1.032
SGS-18	1.682	6.203	12.795	-0.350	0.542	-1.096	-5.477	-1.492	0.211	-6.806	-4.593	-0.743
SGS-19	1.157	5.594	13.963	-3.016	2.071	-1.298	-7.094	-1.375	-0.977	-6.240	-5.996	-0.392
SGS-20	-0.394	10.133	-0.150	-2.823	0.815	4.495	0.760	-1.084	-0.067	5.416	-8.577	-2.807
SGS-21	-0.979	8.615	1.656	-2.639	1.019	4.710	1.094	-0.179	-0.210	6.919	-3.800	-2.227
SGS-22	1.442	-6.021	-8.229	-2.135	-0.473	13.653	18.293	1.069	0.777	-0.573	0.267	-1.346
SGS-23	1.573	-6.077	-7.525	-2.788	0.040	14.695	18.975	1.217	0.469	-0.271	0.883	-1.498
SGS-24	0.506	1.423	-0.998	-3.496	4.450	3.490	-8.227	-3.483	-1.302	-2.090	-7.082	-4.194
SGS-25	0.721	1.296	1.031	-1.621	-0.069	2.680	-4.489	-0.585	0.846	4.296	0.485	-0.490

เมื่อพิจารณาการกระจายค่าความเครียดของเหล็กตามขวางกรณีรถบรรทุกน้ำหนักสามรถแสดงผลได้ดังรูปที่ 6.16-6, รูปที่ 6.16-8 และรูปที่ 6.16-10 เมื่อพิจารณาค่าการแอ่นตัวของคานสะพานกรณีรถบรรทุกน้ำหนักสามรถแสดงได้ดังรูปที่ 6.16-7 รูปที่ 6.16-9 และรูปที่ 6.16-11 เมื่อพิจารณาค่าการแอ่นตัวของคานกรณีหยุดรถบรรทุกน้ำหนักที่รอยต่อสะพานช่วงยื่น แสดงได้ดังรูปที่ 6.16-12

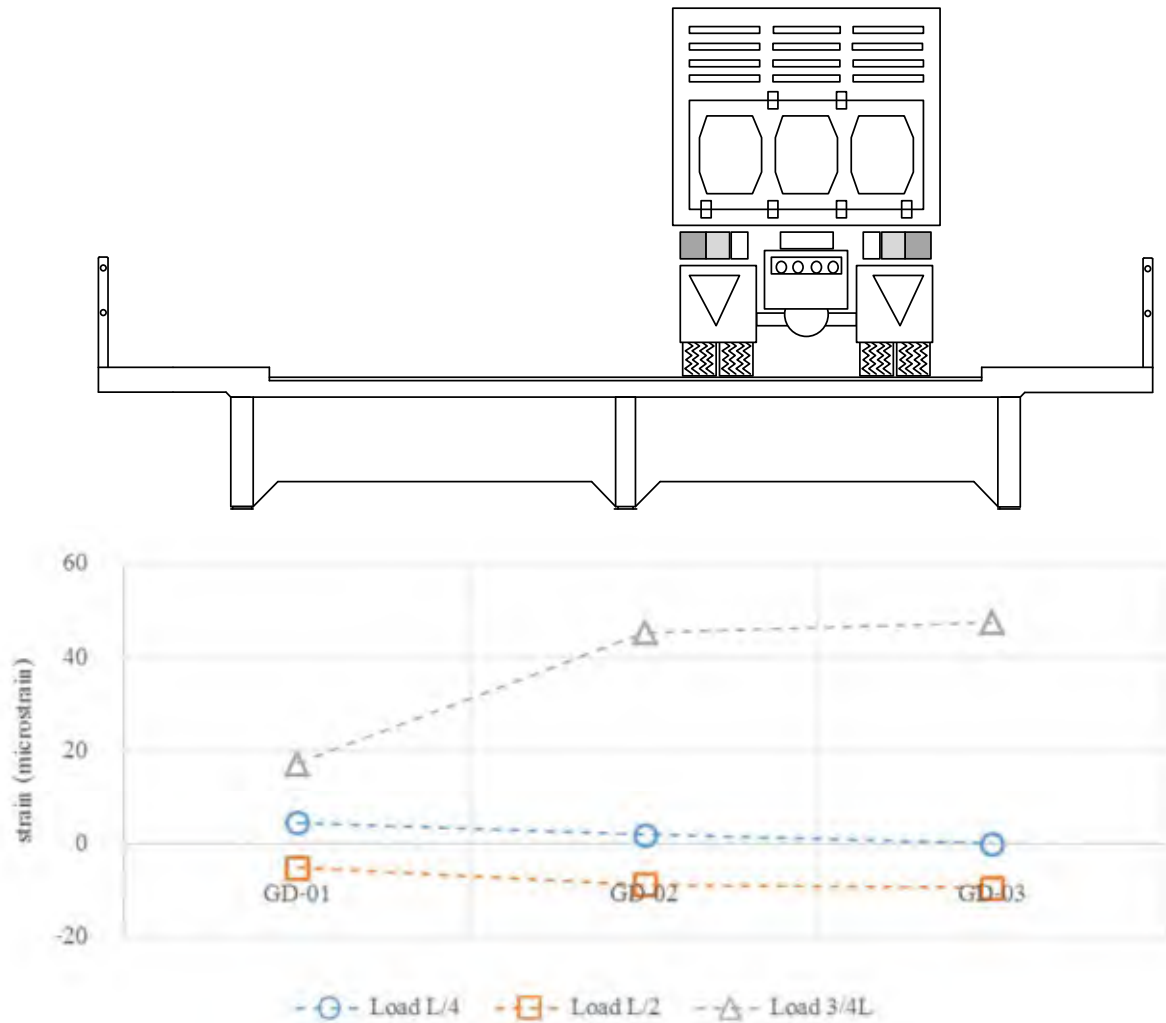




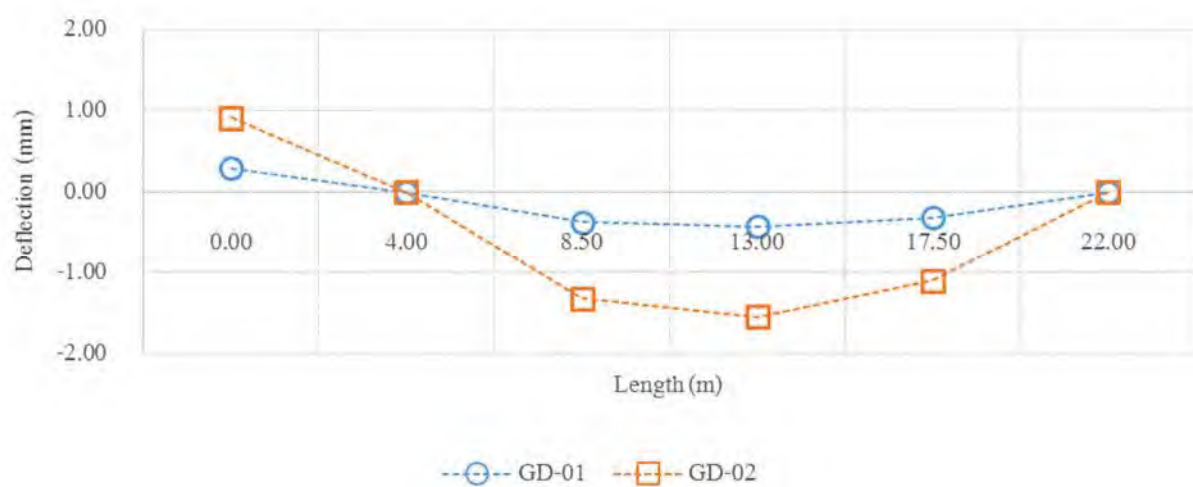
รูปที่ 6.16-6 การกระจายค่าความเครียดของเหล็กตามขวาง Static 2-1 สะพานช่วงที่ 12



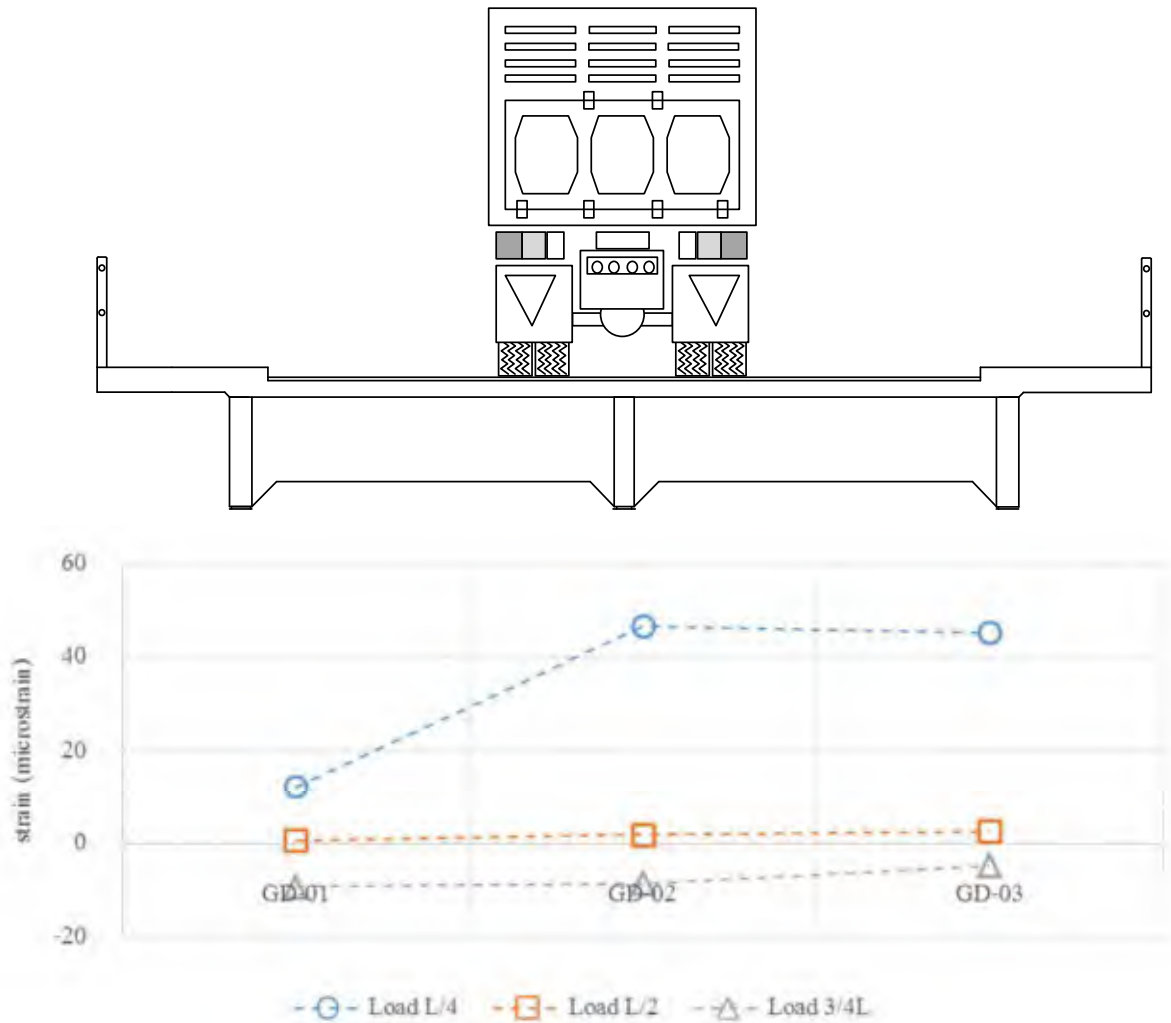
รูปที่ 6.16-7 การกระจายค่าการแอ่นตัวของคานตามยาว Static 2-1 สะพานช่วงที่ 12



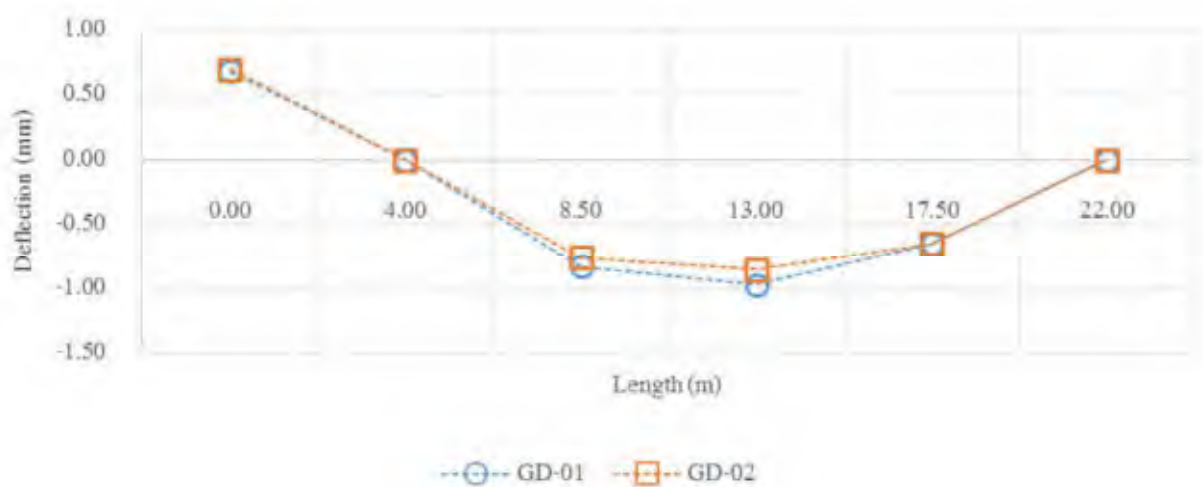
รูปที่ 6.16-8 การกระจายค่าความเครียดของเหล็กตามขวาง Static 2-2 สะพานช่วงที่ 12



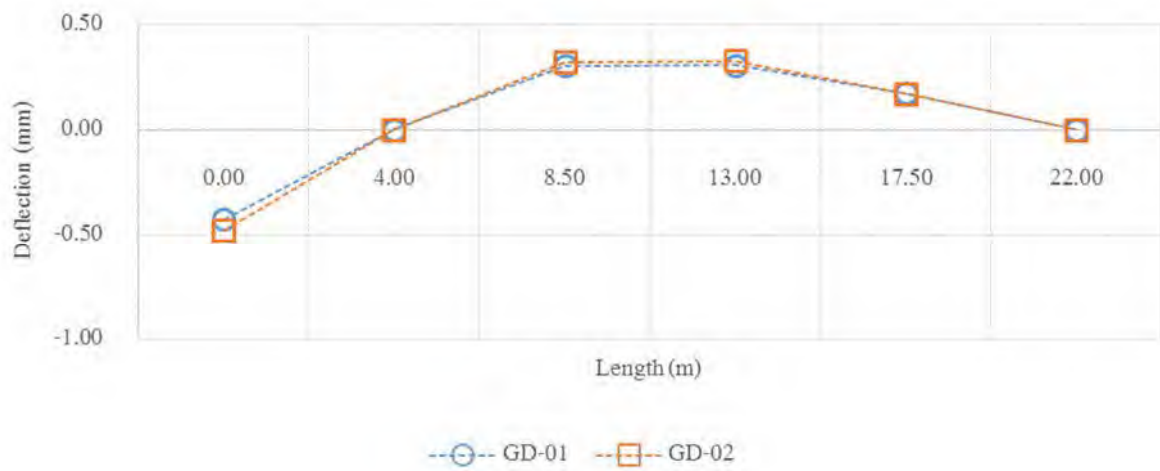
รูปที่ 6.16-9 การกระจายค่าการแอ่นตัวของคานตามยาว Static 2-2 สะพานช่วงที่ 12



รูปที่ 6.16-10 การกระจายค่าความเครียดของเหล็กตามขวาง Static 2-3 สะพานช่วงที่ 12



รูปที่ 6.16-11 การกระจายค่าการแอ่นตัวของคานตามยาว Static 2-3 สะพานช่วงที่ 12



รูปที่ 6.16-12 การกระจายค่าการแอ่นตัวของคานตามยาว กรณีหยุดรถบรรทุกน้ำหนักที่รอยต่อ
สะพานช่วงยี่น สะพานช่วงที่ 12



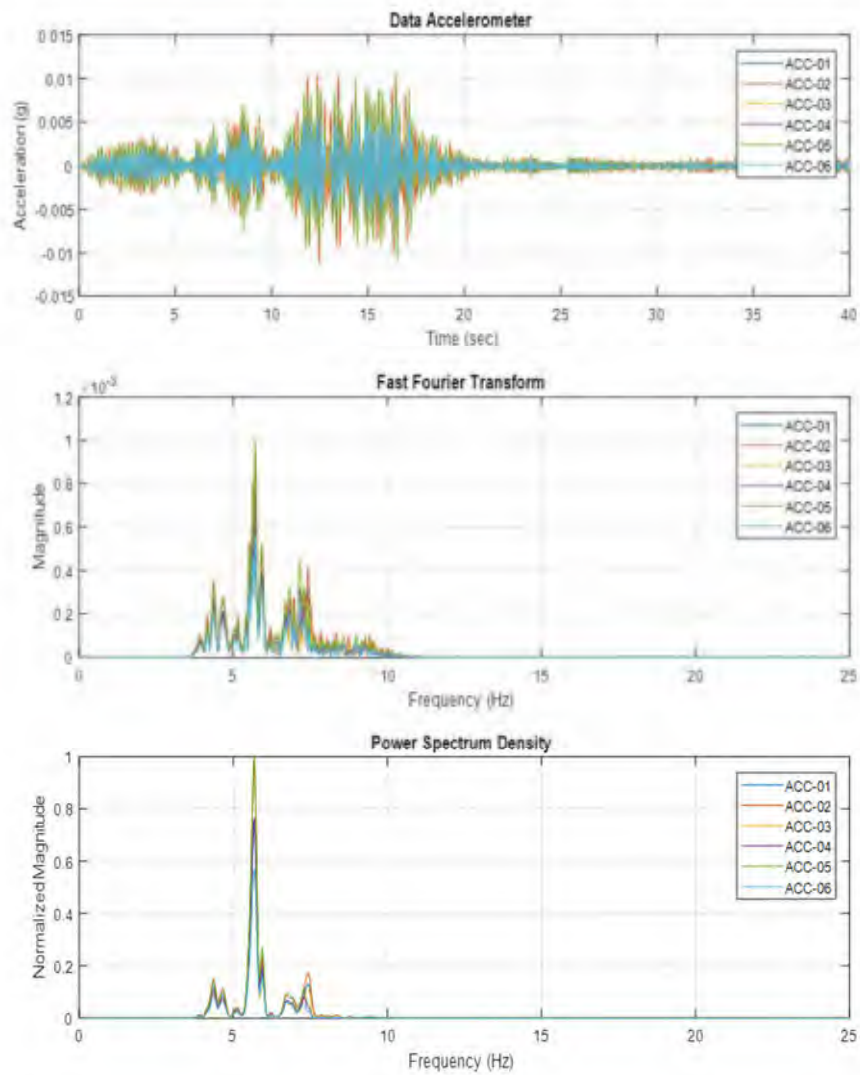
6.16.6. รูปแบบการทดสอบแบบพลวัต

การทดสอบแบบพลวัต (Dynamic Test) เป็นการทดสอบโดยใช้รถบรรทุกน้ำหนัก หลายรูปแบบ โดยมีรายละเอียดดังนี้

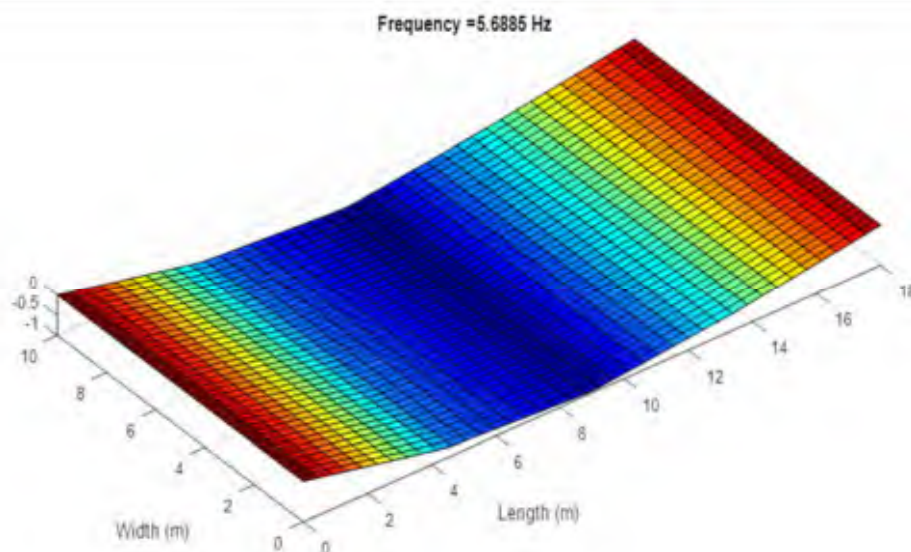
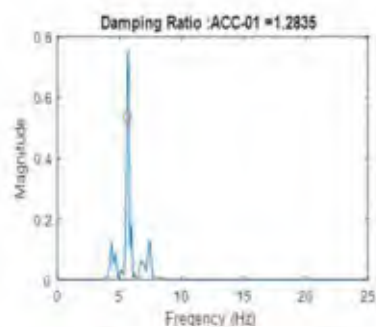
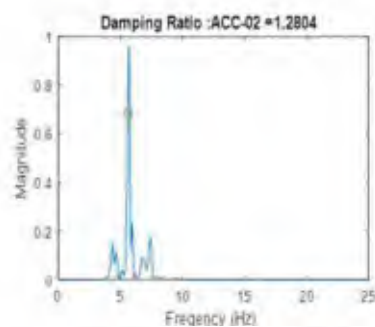
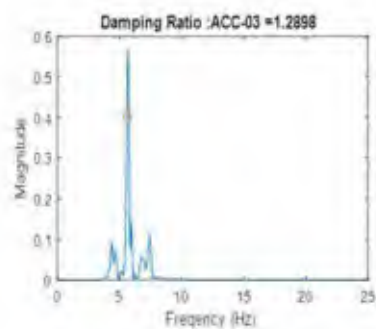
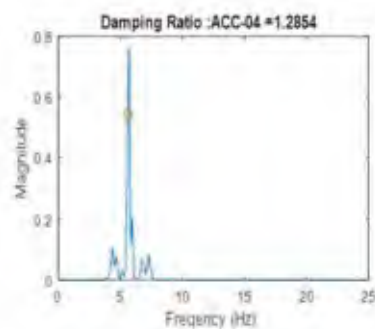
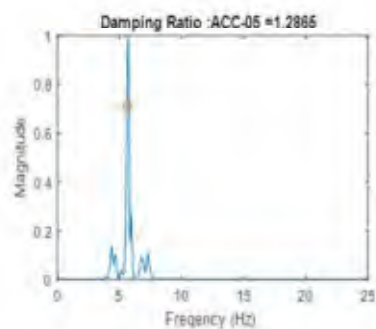
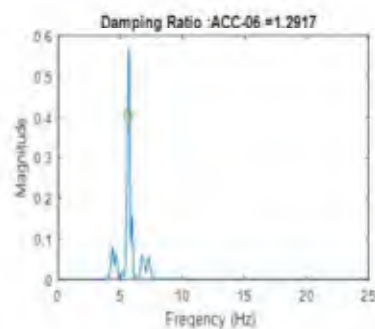
- Dynamic 1 : ทดสอบด้วยรถบรรทุกน้ำหนัก วิ่งด้วยความเร็ว 20 กม./ชม. กึ่งกลางสะพาน
- Dynamic 2 : ทดสอบด้วยรถบรรทุกน้ำหนัก วิ่งด้วยความเร็ว 30 กม./ชม. กึ่งกลางสะพาน
- Dynamic 3 : ทดสอบด้วยรถบรรทุกน้ำหนัก วิ่งด้วยความเร็ว 50 กม./ชม. กึ่งกลางสะพาน

6.16.7. ผลการตรวจวัดพฤติกรรมแบบพลวัต

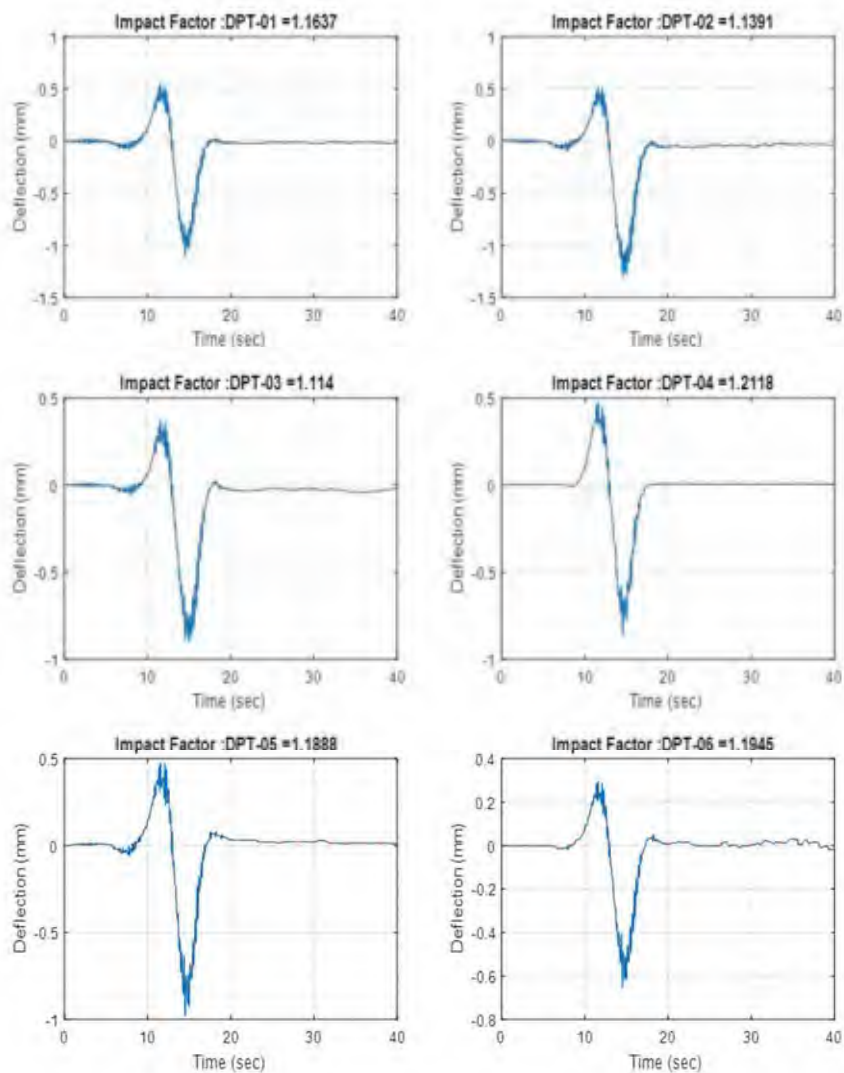
Dynamic Load Test 1 : 20 km/hr



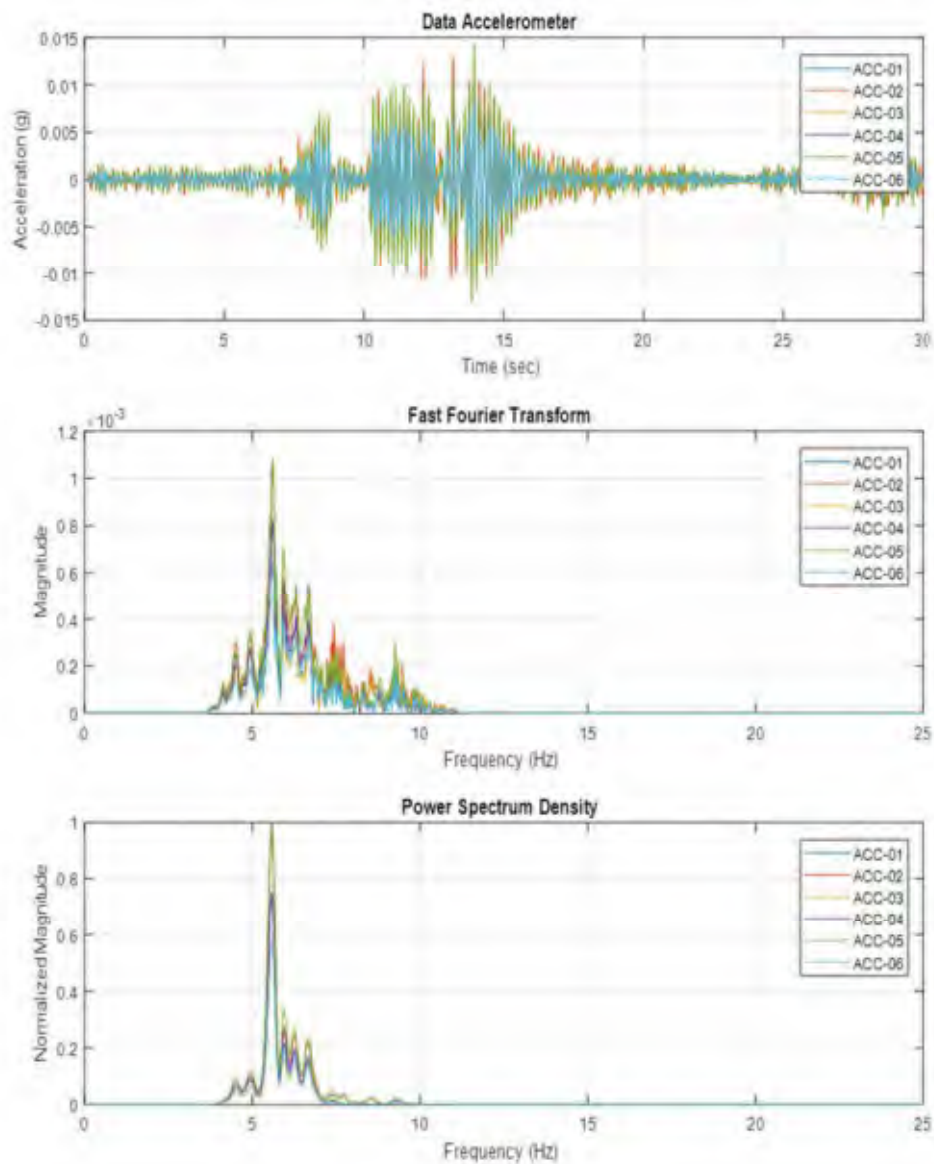
Dynamic Load Test 1 : 20 km/hr



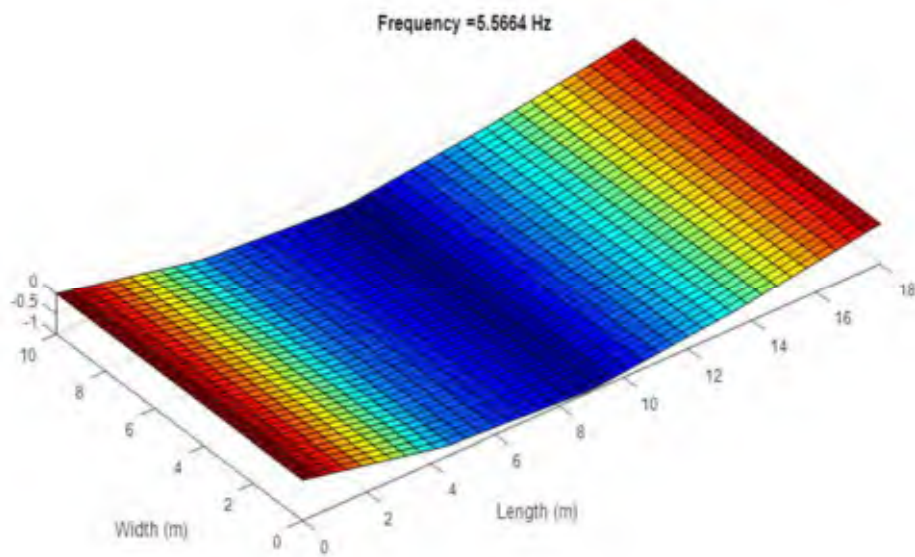
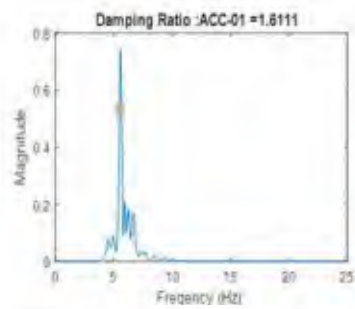
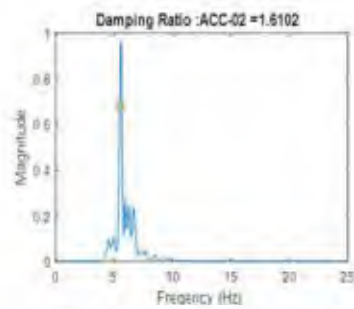
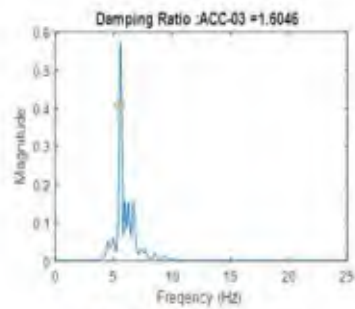
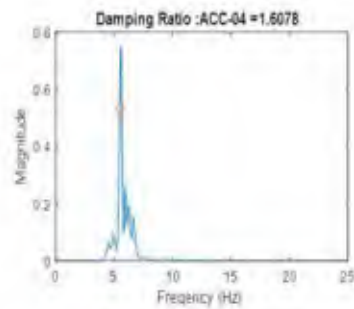
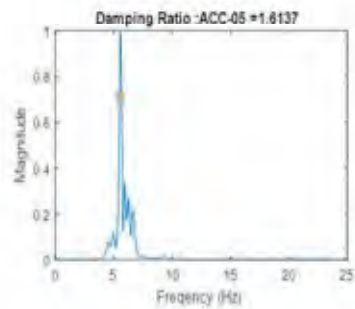
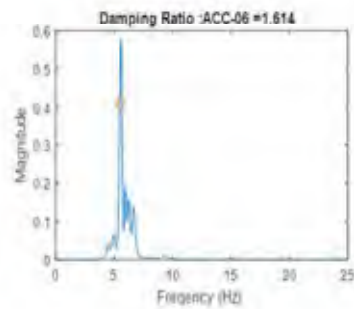
Dynamic Load Test 1 : 20 km/hr



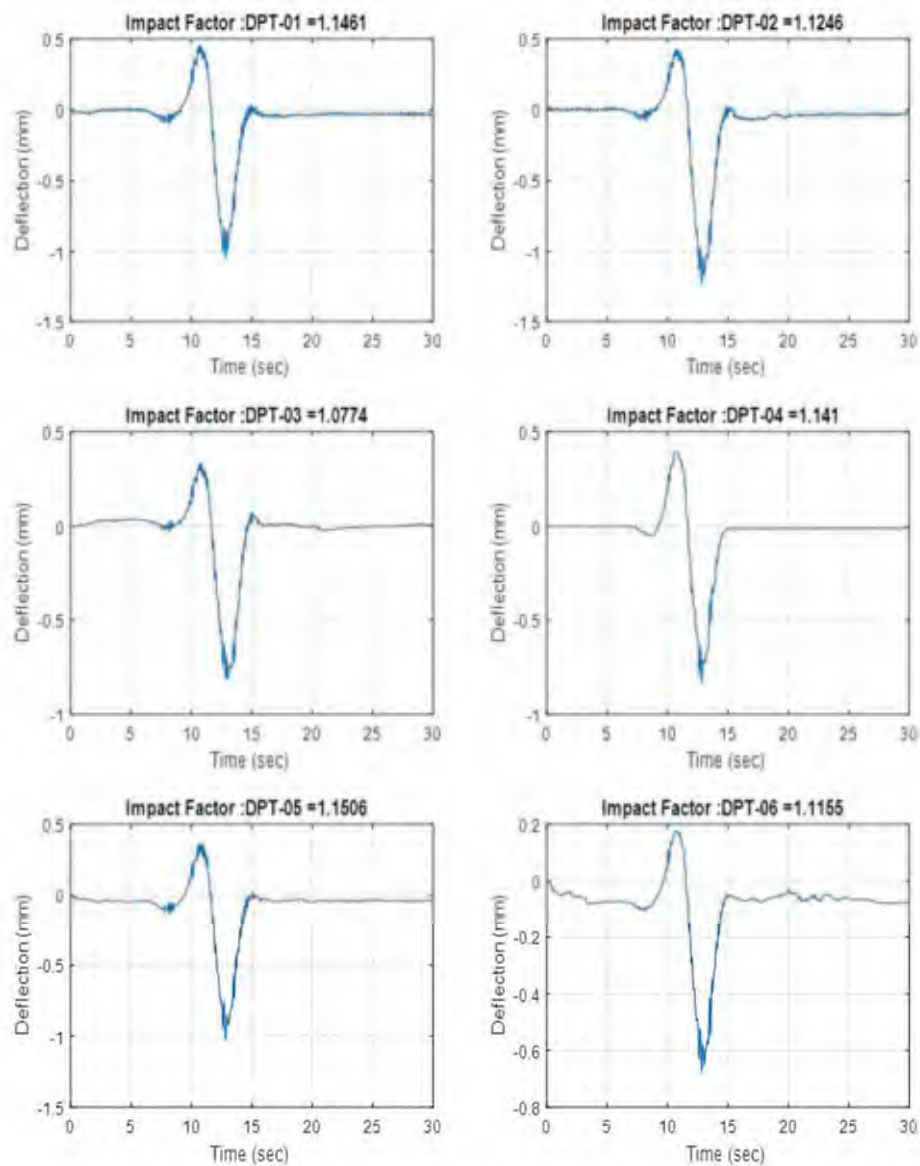
Dynamic Load Test 2 : 30 km/hr



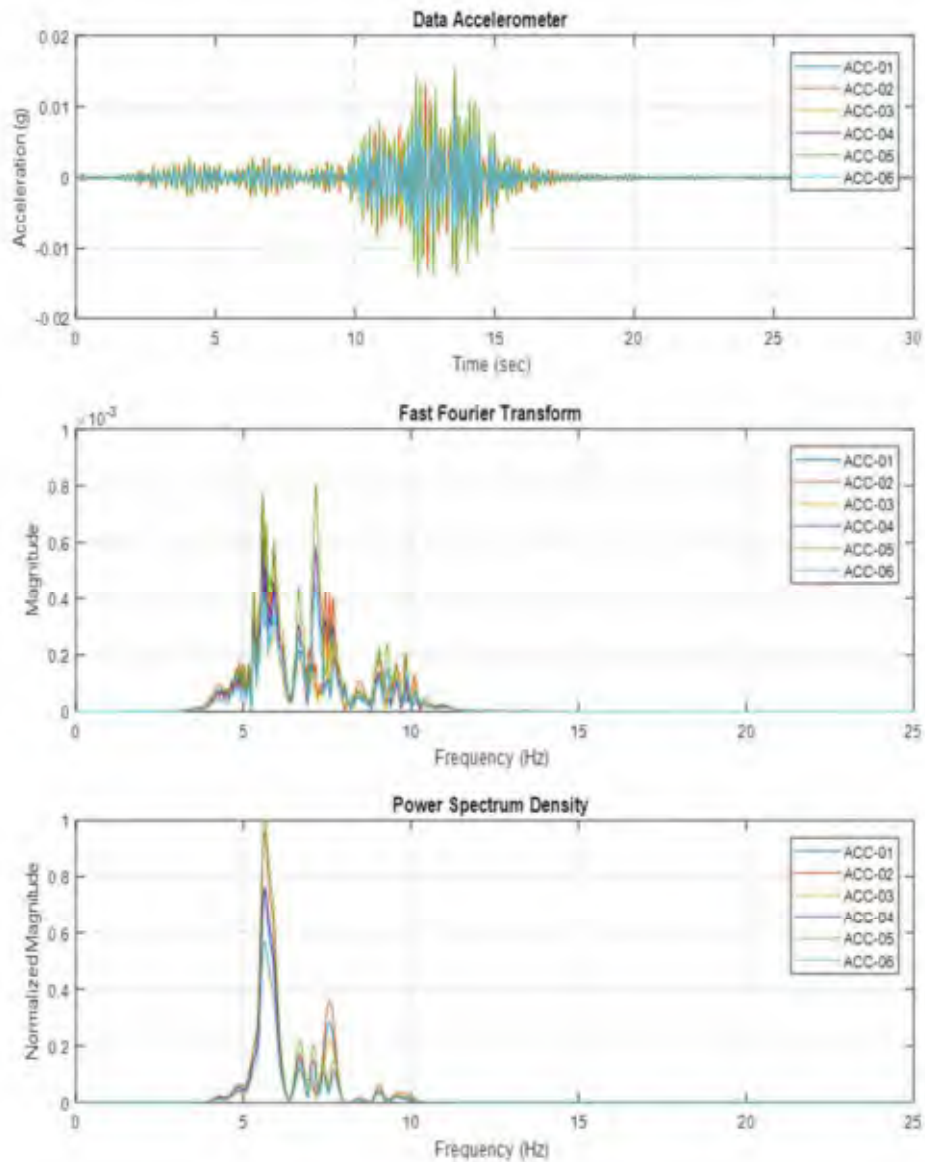
Dynamic Load Test 2 : 30 km/hr



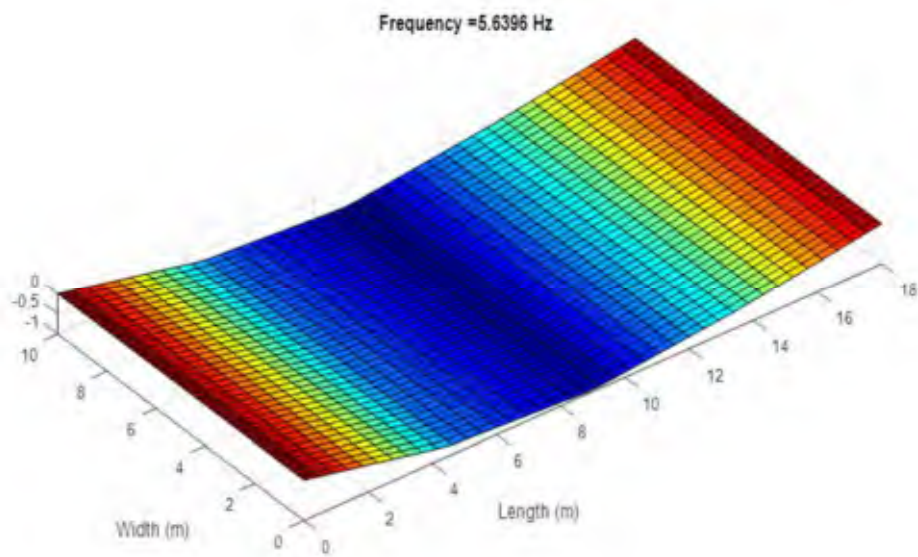
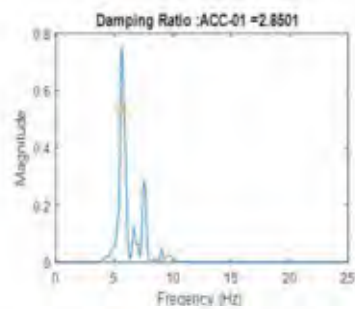
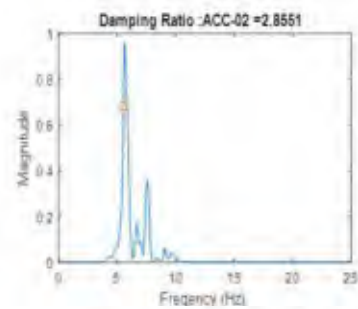
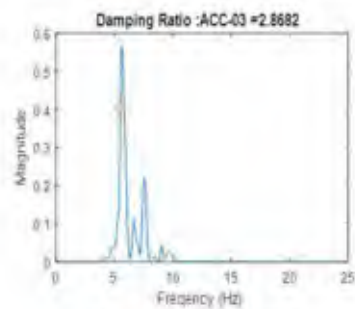
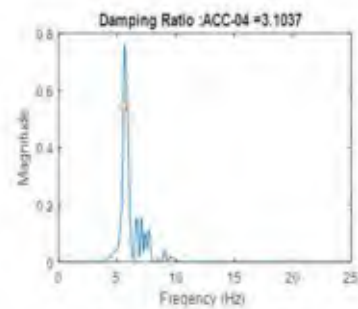
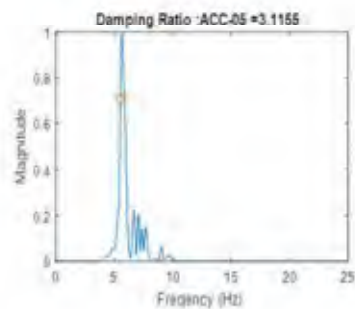
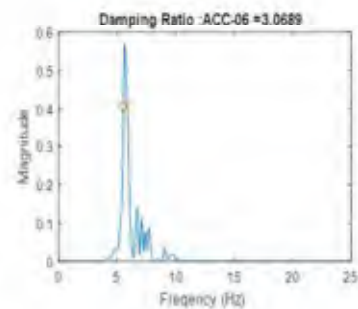
Dynamic Load Test 2 : 30 km/hr



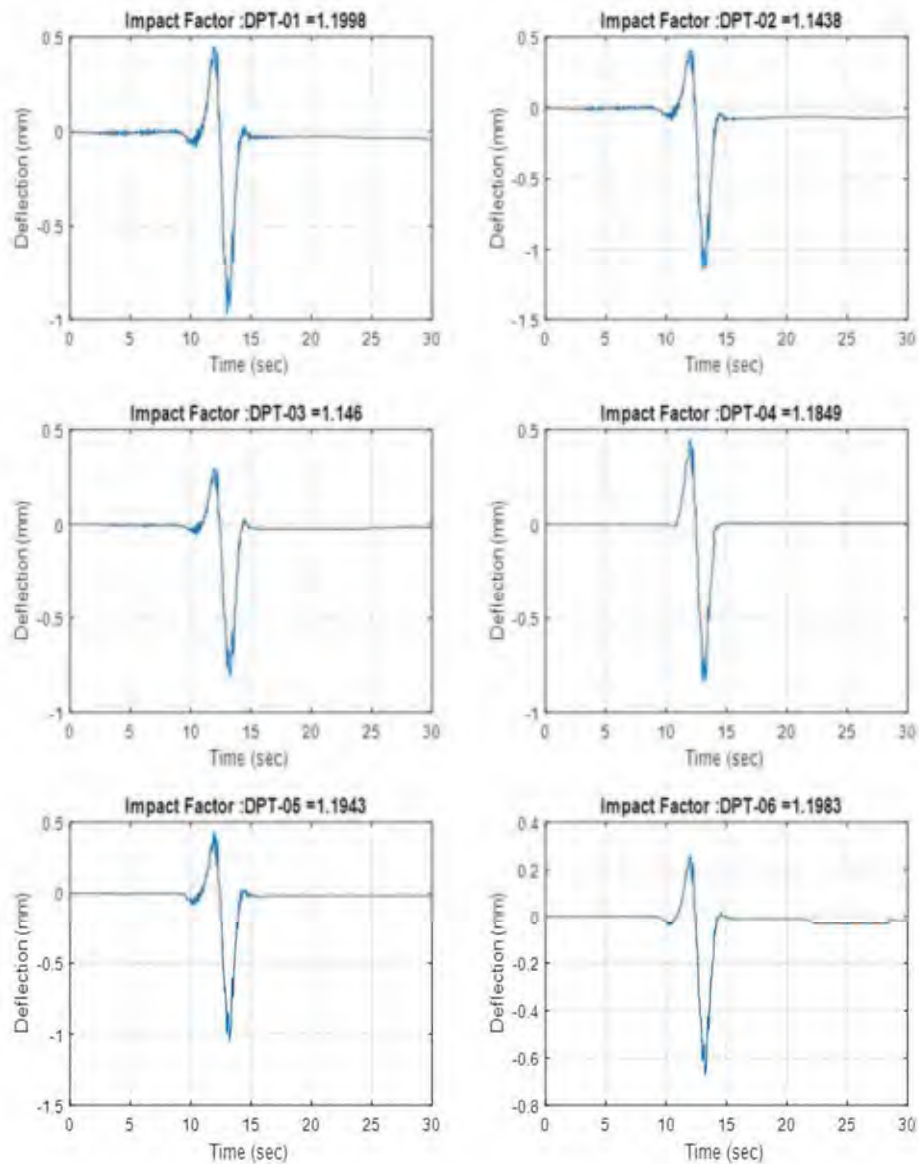
Dynamic Load Test 3 : 40 km/hr



Dynamic Load Test 3 : 40 km/hr



Dynamic Load Test 3 : 40 km/hr



ตารางที่ 6.16-8 ผลการวิเคราะห์ Natural Frequency, Mode Shape, Damping Ratio และ Impact Factor

Dynamic Case	Speed (km/h)	Frequency (Hz)	Mode Shape (1st Mode)	Damping Ratio (%)	Impact Factor (IM)
Dynamic1	20	5.689	Bending Mode	1.280 - 1.292	1.114 - 1.194
Dynamic2	30	5.566	Bending Mode	1.605 - 1.614	1.077 - 1.151
Dynamic3	40	5.640	Bending Mode	2.850 - 3.116	1.143 - 1.200

6.17 อภิปรายผลการทดสอบพฤติกรรมสะพาน

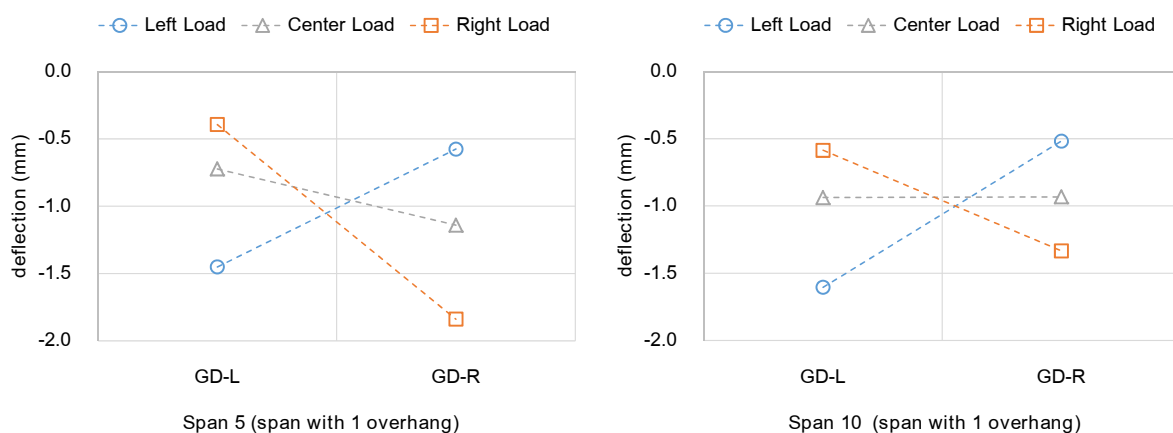
ลักษณะโครงสร้างส่วนบนของสะพานเดชาติวงศ์อาจแบ่งได้เป็น 4 กลุ่ม ดังนี้

1. Span with 1 Overhang ได้แก่ช่วงสะพาน S5 และ S10
2. Span with 2 Overhang ได้แก่ช่วงสะพาน S1, S3 และ S12
3. Suspended Span on Overhang ได้แก่ช่วงสะพาน S2, S4, และ S11
4. Arch Span ได้แก่ช่วงสะพาน S6, S7, S8, S9

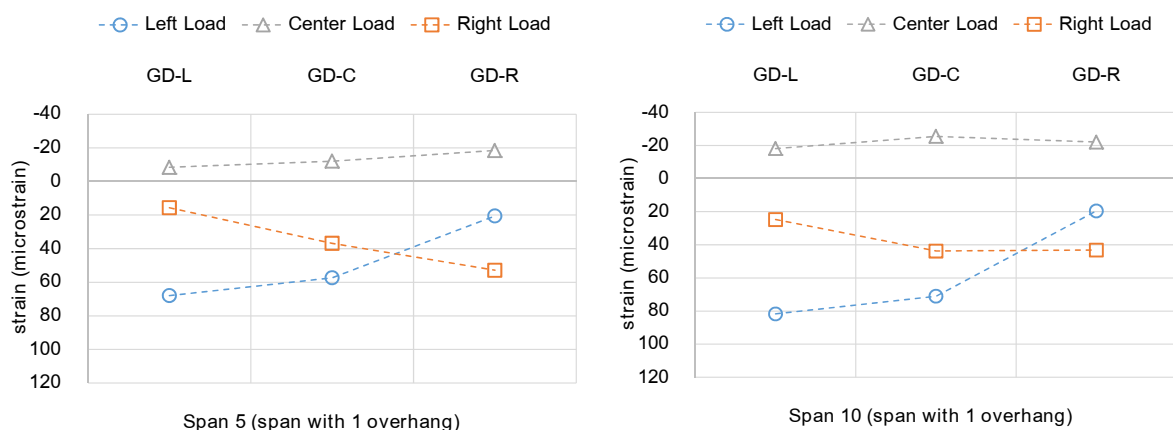
การติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดพฤติกรรมสะพานภายใต้แรงกระทำแบบสถิตมี 2 รูปแบบหลัก โดยที่บริเวณช่วงเชิงลาด (Approach Span, S1-S5 และ S10-S12) สามารถติดตั้งอุปกรณ์วัดค่าการแอ่นตัวและอุปกรณ์ตรวจวัดความเครียดได้ แต่บริเวณช่วงสะพานหลักที่เป็นคานโค้ง (Arch Span, S6-S9) ติดตั้งได้เพียงอุปกรณ์ตรวจวัดความเครียดเท่านั้น เนื่องจากเป็นช่วงข้ามแม่น้ำ ไม่สามารถตั้งนั่งร้านจากแม่น้ำขึ้นไปวัดการแอ่นตัวได้ ดังนั้นในบริเวณเชิงลาดจะเปรียบเทียบค่าการแอ่นตัวและค่าความเครียดส่วนบริเวณสะพานหลักจะเปรียบเทียบเฉพาะค่าความเครียด

รูปที่ 6.17-1 แสดงผลการตรวจวัดค่าการแอ่นตัวที่กึ่งกลางคานด้านซ้ายและคานด้านขวา (GD-L และ GD-R) ของสะพานกลุ่ม Span with 1 Overhang จะเห็นได้ว่าเมื่อนำรถบรรทุกน้ำหนัก 18 ตัน จอดด้านซ้าย คานด้านซ้าย (GD-L) จะแอ่นตัวประมาณ 1.4 – 1.6 มม. หากนำรถบรรทุกไปจอดด้านขวาคานด้านขวา (GD-R) จะแอ่นตัวประมาณ 1.3 – 1.8 มม. หากนำรถบรรทุกไปจอดไว้ตรงกลาง คานด้านซ้ายและด้านขวา (GD-L และ GD-R) จะแอ่นตัวประมาณ 0.7 – 1.2 มม. กล่าวโดยรวมช่วงสะพาน S5 และ S10 มีพฤติกรรมคล้ายกัน โดยที่คานด้านขวาของช่วงสะพาน S5 มีแนวโน้มแอ่นตัวได้มากที่สุด (1.8 มม.) ส่วนรูปที่ 6.17-2 แสดงผลการตรวจวัดค่าความเครียดที่กึ่งกลางคานด้านซ้าย คานตรงกลาง และคานด้านขวา (GD-L, GD-C และ GD-R) ของสะพานกลุ่ม Span with 1 Overhang พฤติกรรมโดยภาพรวมจะสอดคล้องกับการแอ่นตัวที่ได้กล่าวไปข้างต้น ซึ่งเมื่อนำรถบรรทุกไปจอดด้านซ้าย คานด้านซ้ายจะเกิดความเครียดมาก หากนำรถบรรทุกไปจอดด้านขวา คานด้านขวาจะเกิดความเครียดมาก หากนำไปจอดไว้ตรงกลาง คานทั้งสามตัวจะรับความเครียดใกล้เคียงกัน อย่างไรก็ตามการใช้อุปกรณ์

ตรวจวัดความเครียดในการวัดความเครียดดึงของคานคอนกรีตเสริมเหล็กที่มีการเชื่อมสภาพและแตกร้า ค่าที่ตรวจวัดอาจมีความคลาดเคลื่อนได้ ถึงแม้การทดสอบจะหลีกเลี่ยงการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดความเครียดร่อมรอยแตก ซึ่งจะทำให้ผลการตรวจวัดได้ค่าที่สูงมาก อย่างไรก็ตามหากติดตั้งในบริเวณที่เป็นรอยแตกขนาดเล็ก (Micro crack) หรือเสียหายขนาดเล็ก (Micro damage) ซึ่งมองไม่เห็นด้วยตาเปล่า ก็อาจทำให้ค่าที่ตรวจวัดได้สูงเกินจริง หรือการติดตั้งใกล้บริเวณรอยแตก ค่าที่อ่านได้อาจมีความแปรปรวนสูง ดังนั้นข้อมูลความเครียดอาจใช้ประกอบดุลพินิจในการวิเคราะห์ต่อไป



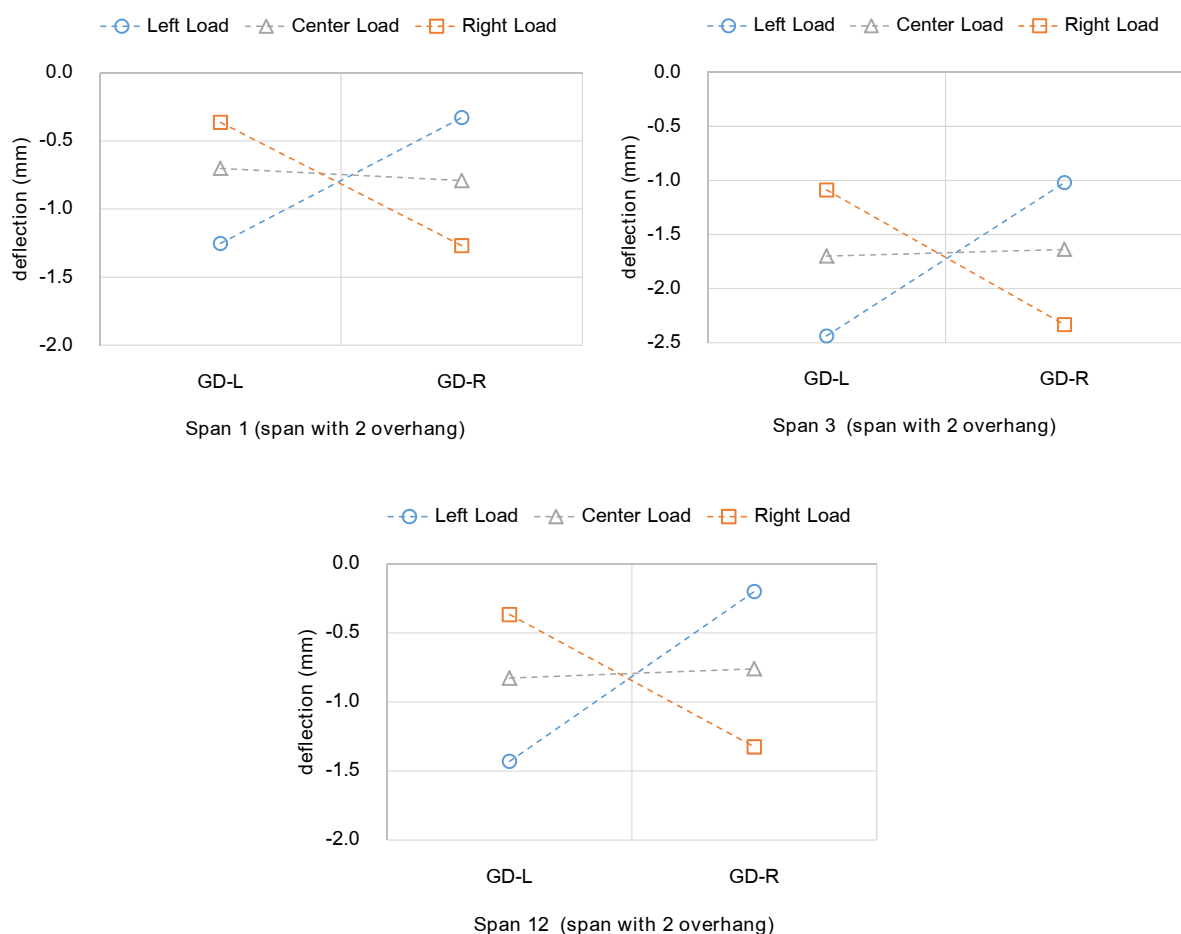
รูปที่ 6.17-1 ค่าการแอ่นตัวที่กึ่งกลางช่วงสะพานของกลุ่ม Span with 1 Overhang



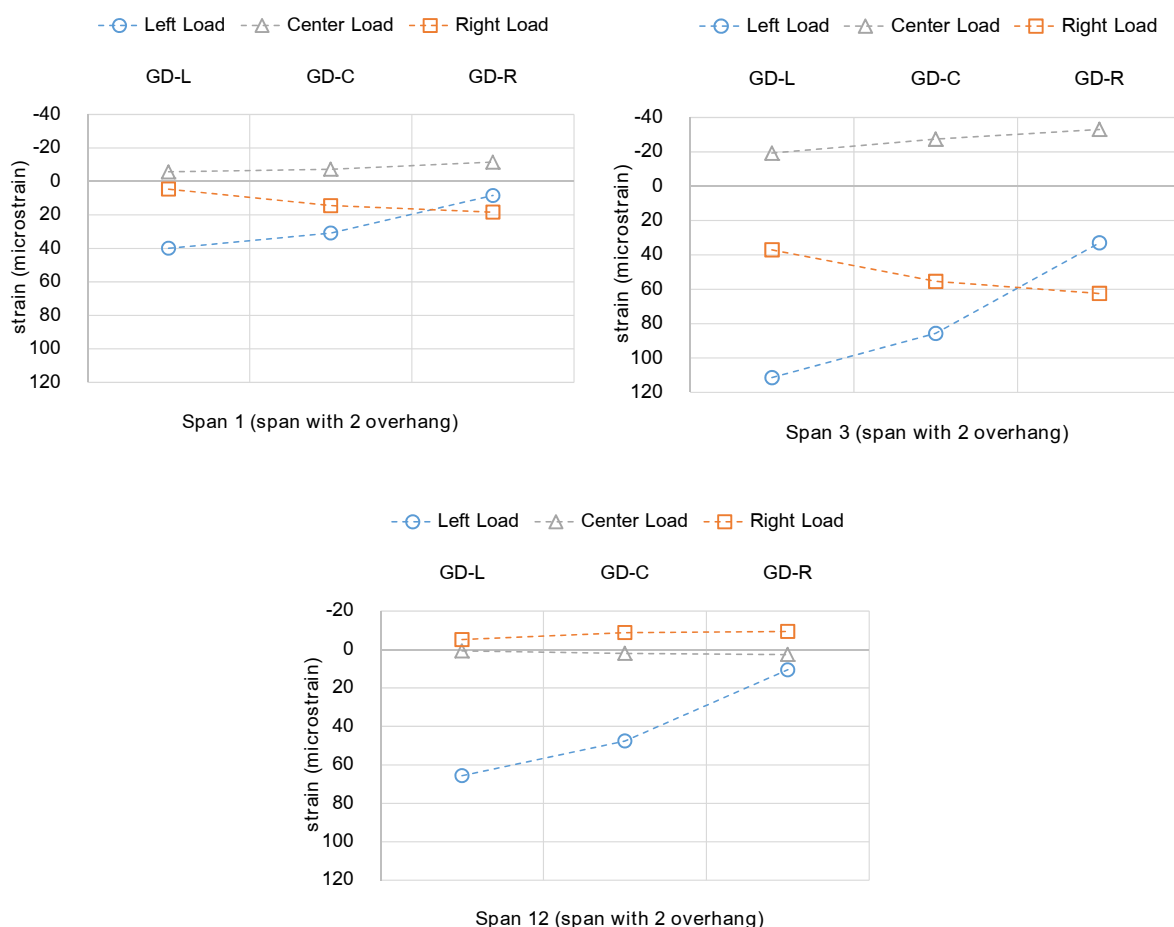
รูปที่ 6.17-2 ค่าความเครียดที่กึ่งกลางช่วงสะพานของกลุ่ม Span with 1 Overhang



รูปที่ 6.17-3 แสดงผลการตรวจวัดค่าการแอ่นตัวที่กึ่งกลางคานด้านซ้ายและคานด้านขวา (GD-L และ GD-R) ของสะพานกลุ่ม Span with 2 Overhang จะเห็นได้ว่าเมื่อนำรถบรรทุกน้ำหนัก 18 ตัน จอดด้านซ้าย คานด้านซ้าย (GD-L) จะแอ่นตัวประมาณ 1.3 - 2.45 มม. หากนำรถบรรทุกไปจอดด้านขวา คานด้านขวา (GD-R) จะแอ่นตัวประมาณ 1.3 - 2.4 มม. หากนำรถบรรทุกไปจอดไว้ตรงกลาง คานด้านซ้ายและด้านขวา (GD-L และ GD-R) จะแอ่นตัวประมาณ 0.7 - 1.7 มม. โดยภาพรวมช่วงสะพาน S1 และ S12 มีพฤติกรรมใกล้เคียงกัน ส่วนช่วงสะพาน S3 มีพฤติกรรมอ่อนกว่า S1 และ S12 ส่วนรูปที่ 6.17-4 แสดงผลการตรวจวัดค่าความเครียดที่กึ่งกลางคานด้านซ้าย คานตรงกลาง และคานด้านขวา (GD-L, GD-C และ GD-R) ของสะพานกลุ่ม Span with 2 Overhang พฤติกรรมโดยภาพรวมจะสอดคล้องกับการแอ่นตัว ซึ่งเมื่อนำรถบรรทุกไปจอดด้านซ้าย คานด้านซ้ายจะเกิดความเครียดมาก หากนำรถบรรทุกไปจอดด้านขวา คานด้านขวาก็จะเกิดความเครียดมาก อย่างไรก็ตามการใช้อุปกรณ์ตรวจวัดความเครียดในการวัดความเครียดดึงของคานคอนกรีตเสริมเหล็กที่มีการเสื่อมสภาพและแตกร้าว ค่าที่ตรวจวัดอาจมีความคลาดเคลื่อนได้ ดังที่ได้อธิบายไปแล้ว ดังนั้นข้อมูลความเครียดอาจใช้ประกอบดุลพินิจในการวิเคราะห์ต่อไป



รูปที่ 6.17-3 ค่าการแอ่นตัวที่กึ่งกลางช่วงสะพานของกลุ่ม Span with 2 Overhang

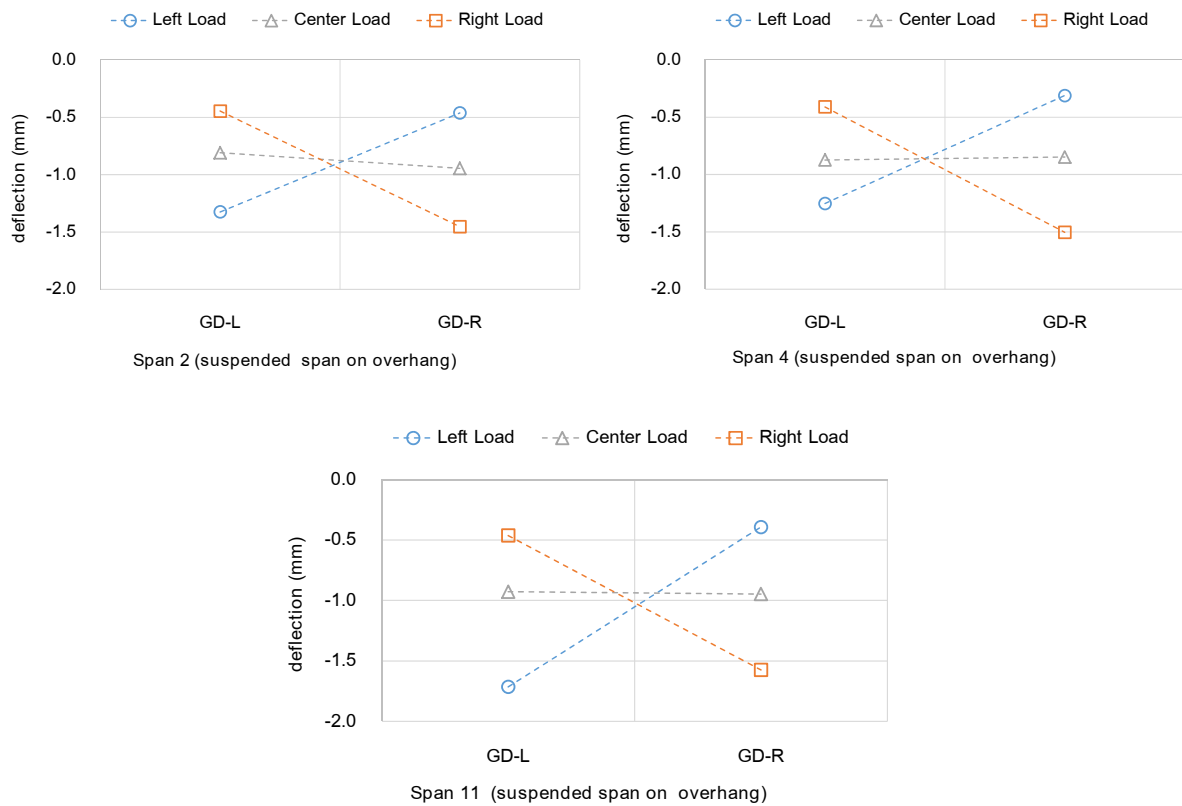


รูปที่ 6.17-4 ค่าความเครียดที่กึ่งกลางช่วงสะพานของกลุ่ม Span with 2 Overhang

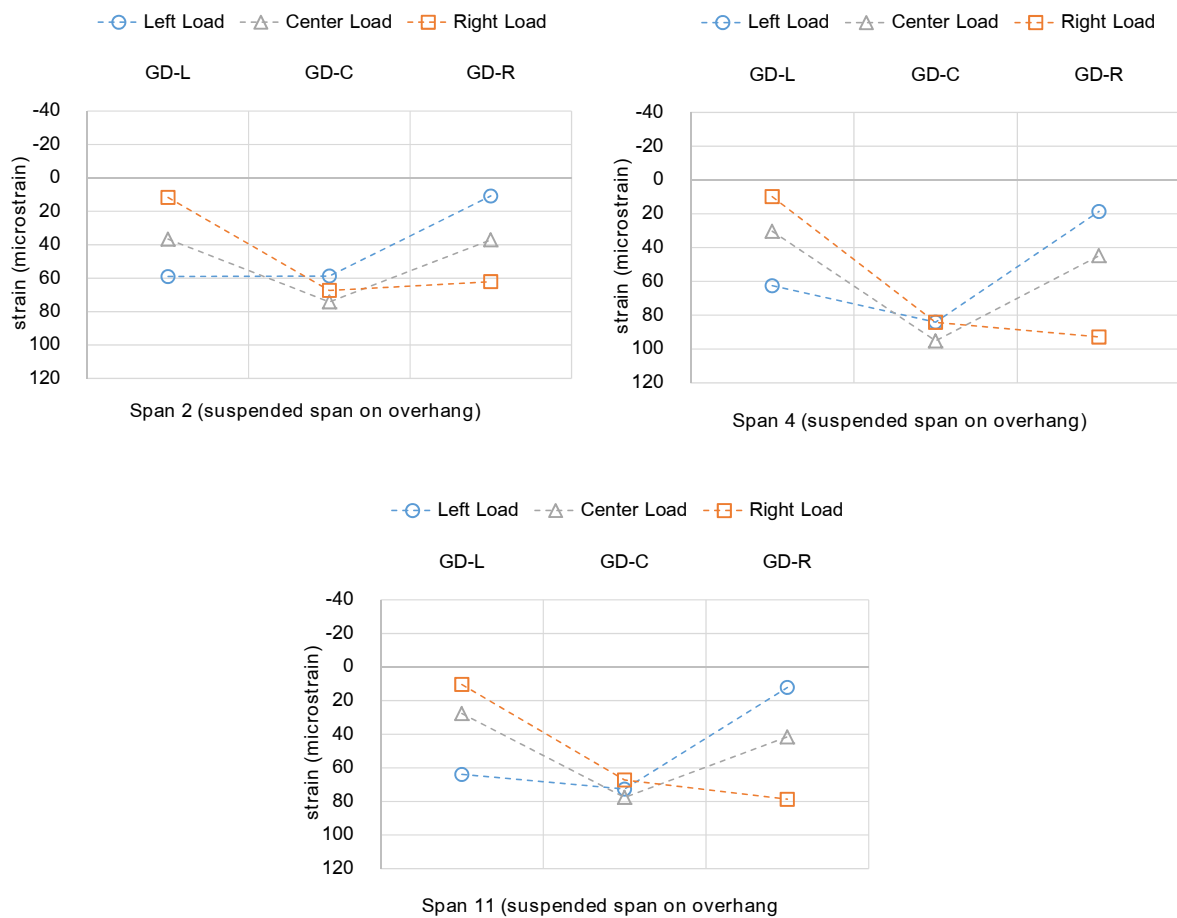
รูปที่ 6.17-5 แสดงผลการตรวจวัดค่าการแอ่นตัวที่กึ่งกลางคานด้านซ้ายและคานด้านขวา (GD-L และ GD-R) ของสะพานกลุ่ม Suspended Span on Overhang จะเห็นได้ว่าเมื่อนำรถบรรทุกน้ำหนัก 18 ตัน จอดด้านซ้าย คานด้านซ้าย (GD-L) จะแอ่นตัวประมาณ 1.3 – 1.7 มม. หากนำรถบรรทุกไปจอดด้านขวา คานด้านขวา (GD-R) จะแอ่นตัวประมาณ 1.4 – 1.6 มม. หากนำรถบรรทุกไปจอดไว้ตรงกลาง คานด้านซ้ายและด้านขวา (GD-L และ GD-R) จะแอ่นตัวประมาณ 0.8 – 0.9 มม. กล่าวโดยรวมทั้ง 3 ช่วงสะพาน (S2, S4, และ S11) มีพฤติกรรมคล้ายกัน โดยที่คานด้านซ้ายของช่วงสะพาน S11 มีแนวโน้มแอ่นตัวได้มากที่สุด (1.7 มม.) ส่วนรูปที่ 6.17-6 แสดงผลการตรวจวัดค่าความเครียดที่กึ่งกลางคานด้านซ้าย คานตรงกลาง และด้านขวา (GD-L, GD-C และ GD-R) ของสะพานกลุ่ม Suspended Span on Overhang พฤติกรรมโดยภาพรวมจะสอดคล้องกับการแอ่นตัว ซึ่งเมื่อนำรถบรรทุกไปจอดด้านซ้าย คานด้านซ้ายจะเกิดความเครียดมาก หากนำรถบรรทุกไปจอดด้านขวา คานด้านขวาจะเกิดความเครียดมาก หากนำไปจอดไว้ตรงกลาง คานตัวกลางจะรับความเครียดมาก อย่างไรก็ตามการใช้อุปกรณ์ตรวจวัดความเครียดในการวัดความเครียดดึงของคานคอนกรีตเสริมเหล็กที่มีการเชื่อมสภาพและ



แต่กร้าว ค่าที่ตรวจวัดอาจมีความคลาดเคลื่อนได้ ดังที่ได้อธิบายไปแล้ว ดังนั้นข้อมูลความเครียดอาจใช้ประกอบดุลพินิจในการวิเคราะห์ต่อไป



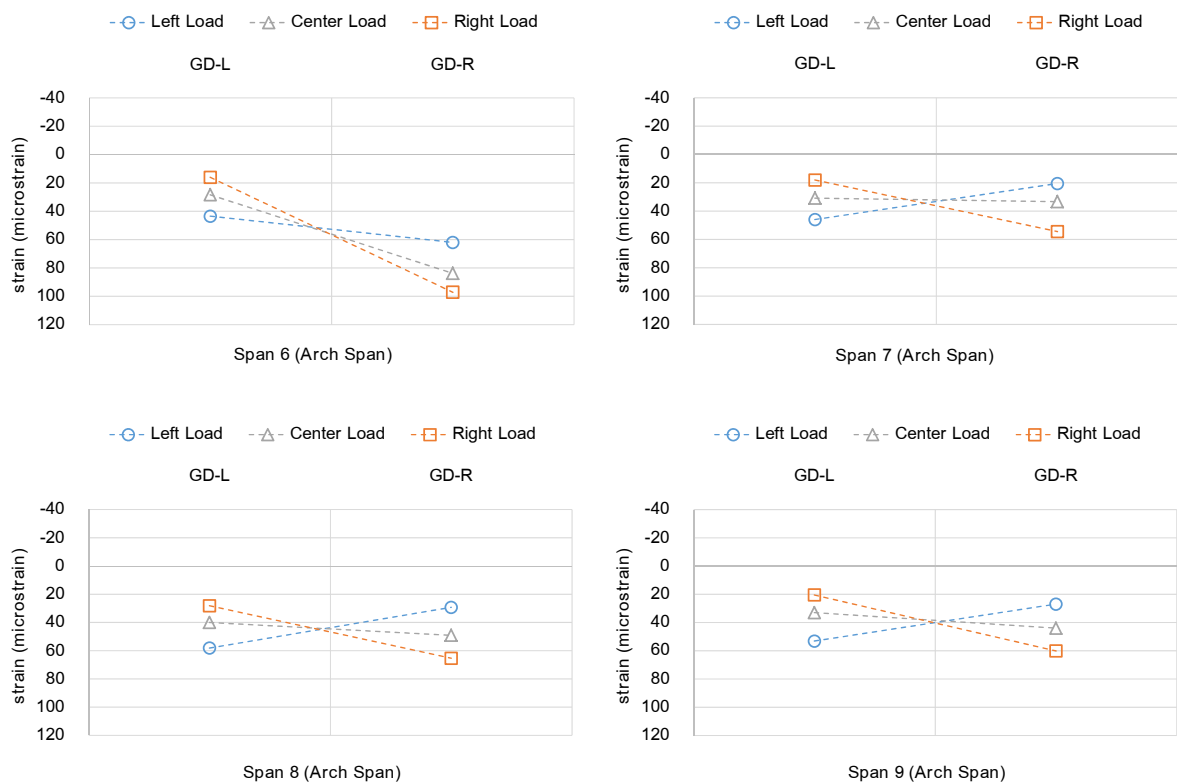
รูปที่ 6.17-5 ค่าการแอ่นตัวที่กึ่งกลางช่วงสะพานกลุ่ม Suspended Span on Overhang



รูปที่ 6.17-6 ค่าความเครียดที่กึ่งกลางช่วงสะพานกลุ่ม Suspended Span on Overhang

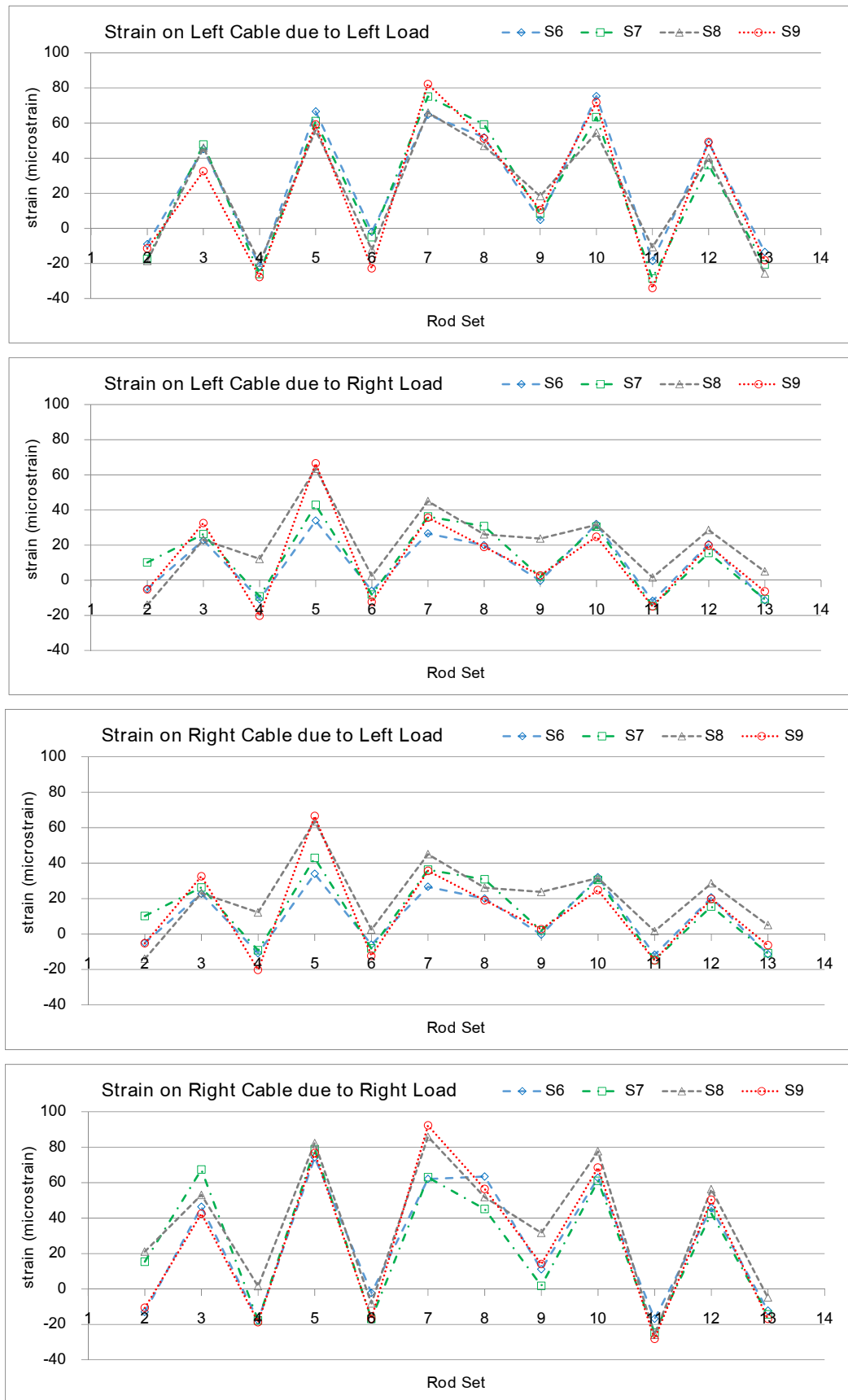
รูปที่ 6.17-7 แสดงผลการตรวจวัดค่าความเครียดที่กึ่งกลางคานด้านซ้าย คานตรงกลาง และคานด้านขวา (GD-L, GD-C และ GD-R) ของสะพานกลุ่ม Arch Span (กลุ่มนี้ไม่มีการวัดค่าการแอ่นตัว) โดยภาพรวมช่วงสะพาน S7-S9 มีพฤติกรรมใกล้เคียงกัน เมื่อนำรถบรรทุกไปจอดด้านซ้าย คานด้านซ้ายจะเกิดความเครียดมาก หากนำรถบรรทุกไปจอดด้านขวา คานด้านขวาจะเกิดความเครียดมาก หากนำไปจอดไว้ตรงกลาง คานด้านซ้ายและคานด้านขวาจะรับความเครียดพอๆ กัน ส่วนช่วงสะพาน S6 คานด้านขวามีพฤติกรรมอ่อนกว่าคานด้านซ้ายพอสมควร อย่างไรก็ตามการใช้อุปกรณ์ตรวจวัดความเครียดในการวัดความเครียดของคานคอนกรีตเสริมเหล็กที่มีการเสื่อมสภาพและแตกร้าว ค่าที่ตรวจวัดอาจมีความคลาดเคลื่อนได้ ดังที่ได้อธิบายไปแล้ว ดังนั้นข้อมูลความเครียดอาจใช้ประกอบดุลพินิจในการวิเคราะห์ต่อไป





รูปที่ 6.17-7 ค่าความเครียดที่กึ่งกลางช่วงสะพานของกลุ่ม Arch Span

รูปที่ 6.17-8 แสดงผลการตรวจวัดความเครียดในลวดขึง (Steel Rod) ของสะพานกลุ่ม Arch Span โดยลวดขึงจะแบ่งเป็น 2 ผัง คือ ด้านซ้ายและด้านขวา ในแต่ละตำแหน่งของลวดขึงจะมี 3 เส้นย่อย โดยจะใช้อุปกรณ์ตรวจวัดความเครียดจำนวน 2 ตัว ตรวจวัดในเส้นที่ 1 และเส้นที่ 3 และหาค่าเฉลี่ยเป็นตัวแทนของลวดขึงในแต่ละตำแหน่ง ส่วนการทดสอบน้ำหนักบรรทุกที่กึ่งกลางคาน (Mid Span) จะแบ่งเป็น 2 ตำแหน่ง คือ จอดรถบรรทุกด้านซ้ายและด้านขวา จากผลการทดสอบจะเห็นได้ว่าช่วงสะพานทั้ง 4 (S6-S9) มีพฤติกรรมคล้ายคลึงกัน หากนำรถบรรทุกไปจอดด้านซ้าย ลวดขึงฝั่งซ้ายจะยืดมากกว่าลวดขึงฝั่งขวา หากนำรถบรรทุกไปจอดด้านขวา ลวดขึงฝั่งขวาจะยืดมากกว่าลวดขึงฝั่งซ้าย พฤติกรรมการรับแรงของลวดขึงจากน้ำหนักบรรทุกจรที่กึ่งกลางคานจะประกอบด้วย 2 หลักการ คือ แรงดึงที่จะทำให้คานหลักแยกออกจากคานโค้ง และการถ่ายแรงภายในโครงถักจากกึ่งกลางคานไปสู่จุดรองรับซึ่งจะทำให้เกิด Tension Cord และ Compression Cord ซึ่งผลรวมของแรงทั้งสองหลักการนี้ทำให้ลวดขึงบางส่วนรับแรงดึงสลับกับบางส่วนรับแรงอัด โดยค่าแรงอัดที่ตรวจวัดได้ คือ ค่าแรงดึงในลวดขึงที่ลดลงเนื่องจากอิทธิพลของน้ำหนักบรรทุกจร หากพิจารณาน้ำหนักบรรทุกคงที่ของสะพานด้วย ผลรวมของแรงในลวดขึงทั้งหมดยังคงอยู่ภายใต้แรงดึง



รูปที่ 6.17-8 ค่าความเครียดที่ Steel Rod ของช่วงสะพานกลุ่ม Arch Span



ตารางที่ 6.17-1 แสดงผลการวิเคราะห์พฤติกรรมสะพานแบบพลวัตแยกตาม 4 กลุ่มช่วงสะพาน ได้แก่ Span with 1 Overhang, Span with 2 Overhang, Suspended Span on Overhang และ Arch Span

ตารางที่ 6.17-1 ผลการวิเคราะห์การทดสอบแบบพลวัต

Group	Span No.	Avg. Natural Frequency	Avg. Damping Ratio	Max Impact Factor
Span with 1 overhang (support - support = 18 m)	S5	4.05	5.83	1.22
	S10	3.76	1.92	1.07
	Avg	3.90	3.88	1.15
Span with 2 overhang (support - support = 18 m)	S1	4.05	2.97	1.12
	S3	4.92	1.91	1.26
	S12	5.63	1.96	1.17
	Avg	4.87	2.28	1.18
Suspended span on overhang (support - support = 10 m)	S2	4.96	4.98	1.17
	S4	5.01	4.36	1.22
	S11	5.73	5.96	1.16
	Avg	5.24	5.10	1.18
Arch Span (support - support = 62.5 m)	S6	3.81	3.91	1.17
	S7	3.56	3.48	1.17
	S8	4.10	6.15	1.13
	S9	3.71	6.83	1.13
	Avg	3.80	5.09	1.15

ค่าความถี่ธรรมชาติ (Natural Frequency) เป็นค่าจำเพาะของสะพานแต่ละตัว (Unique Characteristic) สะพานอาจถูกก่อสร้างด้วยมาตรฐานเดียวกัน แต่ค่าความถี่ธรรมชาติของสะพานก็อาจแตกต่างกันได้ ค่าความถี่ธรรมชาติอาจถูกนำมาใช้เป็นค่าที่บ่งบอกสติฟเนสในภาพรวม (Global Stiffness) ถ้าโครงสร้างมีสติฟเนสสูง ค่าความถี่ธรรมชาติจะสูงตามไปด้วย สะพานตัวเดียวกันหากสติฟเนสลดลงจากการเสื่อมสภาพ ค่าความถี่ธรรมชาติจะลดลงตามไปด้วย หรือถ้ามีการปรับปรุงให้โครงสร้างแข็งแรงขึ้น (สติฟเนสสูงขึ้น) ค่าความถี่ธรรมชาติก็จะเพิ่มขึ้น ดังนั้นในแต่ละช่วงอายุสะพาน อาจมีการตรวจสอบค่าความถี่ธรรมชาติ เพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการปรับแก้แบบจำลองสะพานให้มีสติฟเนสในภาพรวมใกล้เคียงกับสะพานจริง ณ ช่วงเวลานั้น เพื่อใช้แบบจำลองที่ปรับแก้แล้วประเมินการกระจายแรงภายในโครงสร้าง ผลการวิเคราะห์ 4 กลุ่มช่วงสะพาน ได้แก่ Span with 1 Overhang, Span with 2 Overhang, Suspended Span on Overhang และ Arch Span พบว่ามีค่าเฉลี่ยความถี่ธรรมชาติเท่ากับ 3.90, 4.87, 5.24, และ 3.80 Hz ตามลำดับ

ค่าอัตราส่วนความหน่วง (Damping Ratio) เป็นคุณสมบัติทางพลศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการสลายพลังงานการสั่นไหว ซึ่งเกิดจากปัจจัยหลายอย่าง โดยทั่วไปหากโครงสร้างมีชิ้นส่วนที่สามารถยับยั้งตัวได้มาก หรือมีส่วนประกอบของวัสดุที่ช่วยสลายพลังงาน หรือมีรอยแตกร้าว ค่าอัตราส่วนความหน่วงก็มีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น อย่างไรก็ตามค่าอัตราส่วนความหน่วงโดยทั่วไปเป็นค่าที่ความแปรปรวนค่อนข้างสูง ผลการวิเคราะห์ 4 กลุ่มช่วงสะพาน ได้แก่ Span with 1 Overhang, Span with 2 Overhang, Suspended Span on Overhang และ Arch Span พบว่ามีค่าเฉลี่ยอัตราส่วนความหน่วงเท่ากับ 3.88, 2.28, 5.10, และ 5.09 % ตามลำดับ

ค่าแฟกเตอร์แรงกระแทก (Impact Factor, IM) เป็นค่าที่บ่งบอกว่าการสั่นไหวจากการวิ่งผ่านของรถบรรทุกทำให้เกิดแรงกระทำสูงกว่าสภาพรถบรรทุกที่จอดอยู่นิ่ง (แบบสถิต) เท่าไร ผลการตรวจวัดของช่วงสะพานต่าง ๆ พบว่า IM มีค่าในช่วง 1.07 – 1.26 ซึ่งยังไม่เกินค่า IM = 1.33 ที่ AASHTO LRFD เพื่อใช้ในการออกแบบ

6.18 สรุปผลการทดสอบพฤติกรรมสะพาน

โครงสร้างส่วนบนของสะพานเดชาติวงศ์สามารถจำแนกได้เป็น 4 กลุ่มช่วงสะพาน ได้แก่ Span with 1 Overhang, Span with 2 Overhang, Suspended Span on Overhang และ Arch Span การทดสอบแบบสถิต พบว่า ผลการตรวจวัดค่าการแอ่นตัวสอดคล้องกับตำแหน่งรถบรรทุกที่กระทำ หากรถบรรทุกจอดด้านซ้าย คานด้านซ้ายจะแอ่นตัวมากกว่าคานด้านขวา หากรถบรรทุกจอดด้านขวา คานด้านขวาจะแอ่นตัวมากกว่าคานด้านซ้าย โดยพฤติกรรมการแอ่นตัวของช่วงสะพานต่างๆ ที่อยู่ในกลุ่มเดียวกันจะมีพฤติกรรมใกล้เคียงกัน ยกเว้นกลุ่ม Span with 2 Overhang ที่ช่วงสะพาน S3 อ่อนกว่า S1 และ S12 ค่อนข้างมาก นอกจากนี้ยังพบว่าการตรวจวัดค่าการแอ่นตัวให้ผลที่น่าเชื่อถือกว่าการตรวจวัดพฤติกรรมการรับน้ำหนักโดยใช้ค่าความเครียด ทั้งนี้เนื่องจากการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดความเครียดบนผิวคอนกรีตที่แตกร้าวและหรือเสื่อมสภาพมากมีแนวโน้มที่จะให้ผลคลาดเคลื่อน ส่วนผลการทดสอบแบบพลวัต พบว่ากลุ่มช่วงสะพาน Span with 1 Overhang, Span with 2 Overhang, Suspended Span on Overhang และ Arch Span มีค่าความถี่ธรรมชาติเฉลี่ยเท่ากับ 3.90, 4.87, 5.24, และ 3.80 Hz ตามลำดับ ค่าแฟกเตอร์แรงกระแทก (Impact Factor, IM) ของทุกกลุ่มโครงสร้างมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 1.07 – 1.26 ซึ่งยังไม่เกินค่า IM = 1.33 ที่ ASSHTO LRFD เพื่อใช้ในการออกแบบ



สำนักวิจัยและพัฒนางานทาง กรมทางหลวง
2/486 ถนนศรีอยุธยา แขวงทุ่งพญาไท เขตราชเทวี กรุงเทพมหานคร 10402

จัดทำโดย

บริษัท แอสโคนา เอ็ม จำกัด
เลขที่ 1558/46 ถนนบางนา-ตราด แขวงบางนาใต้
เขตบางนา กรุงเทพมหานคร 10260