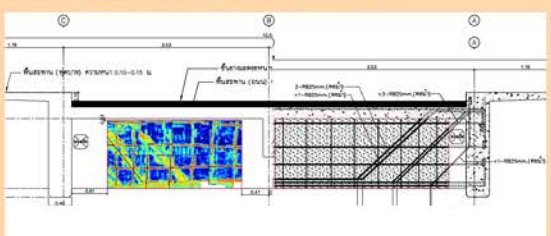
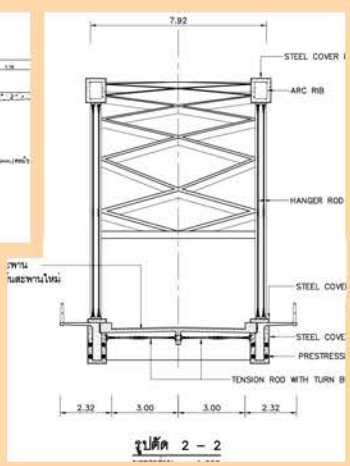
สำนักวิจัยและพัฒนางานทาง

กรมทางหลวง

โครงการศึกษาจัดทำแนวทางการบูรณะ สะพานปรีดี-ธำรงภายหลังการใช้งาน ๗๗ ปี





Final Report

รายงานขั้นสุดท้าย

กันยายน 2564

บริษัท แอสโคนา เอ็ม จำกัด

รายละเอียดโครงการ

ผู้ว่าจ้าง	สำนักวิจัยและพัฒนางานทาง กรมทางหลวง
ผู้รับจ้าง	บริษัท แอสโคนา เอ็ม จำกัด
เลขที่สัญญา	สจ.1/2564 ลงวันที่ 4 มกราคม 2564
วันเริ่มโครงการ	วันที่ 5 มกราคม 2564
วันสิ้นสุดโครงการ	วันที่ 1 ตุลาคม 2564
ระยะเวลาดำเนินงาน	270 วัน

คณะกรรมการ

1.	ดร.พลเทพ	เลิศวรวนิช	รก.ผู้อำนวยการสำนักวิจัยและพัฒนางานทาง
2.	นายเศกชัย	อนุเวชศิริเกียรติ	วิศวกรโยธาเชี่ยวชาญ
3.	ดร.ประภัทรเผ่า	อาวะกุล	วิศวกรโยธาเชี่ยวชาญ
4.	ดร.สุกิจ	ยินดีสุข	วิศวกรโยธาชำนาญการพิเศษ
5.	ดร.ราชวัลลภ	กัมพูพงศ์	วิศวกรโยธาชำนาญการ
6.	นายวุฒิชัย	อมรประสิทธิ์ผล	วิศวกรโยธาปฏิบัติการ
7.	นายวิกรินทร์	สอนถม	วิศวกรโยธาปฏิบัติการ
8.	นายอารักษ์	มณฑา	วิศวกรโยธาปฏิบัติการ
9.	นายอรรถพล	หายทุกข์	วิศวกรโยธาปฏิบัติการ
10.	นายศิวา	นาคอ้าย	วิศวกรโยธาปฏิบัติการ

ที่ปรึกษา บริษัท แอสโคนา เอ็ม จำกัด

1.	นายธีระพจน์	วราชิต	ผู้จัดการโครงการ
2.	ดร.พลเดช	เทอดพิทักษ์วาณิช	ผู้เชี่ยวชาญด้านการวิเคราะห์และออกแบบโครงสร้าง
3.	นายครองสิน	เจริญพงษ์	ผู้เชี่ยวชาญด้านการทดสอบโครงสร้าง
4.	นายศรศักดิ์	แสนสมบัติ	ผู้เชี่ยวชาญด้านการบำรุงรักษาสะพาน
5.	ผศ.ดร.วินัย	อวยพรประเสริฐ	ผู้เชี่ยวชาญด้านการสำรวจ

บทคัดย่อ

สะพานปรีดี-ธำรง เป็นสะพานขนาด 8 ช่วงสะพาน ความยาวรวม 168.54 เมตร ก่อสร้างข้ามแม่น้ำป่าสัก ที่จังหวัดพระนครศรีอยุธยา เปิดให้บริการเมื่อปี พ.ศ. 2486 ผลการตรวจสอบความเสียหายด้วยสายตา พบว่า ชิ้นส่วนหลักของโครงสร้างมีความเสียหายรุนแรง มีสภาพไม่ปลอดภัยต่อการใช้งาน ผลการทดสอบวัสดุ พบว่า ชิ้นส่วนแต่ละประเภทมีค่าเฉลี่ยกำลังรับแรงอัดคอนกรีตในช่วง 15.2 – 19.0 MPa ซึ่งถือว่าต่ำเมื่อเทียบมาตรฐานในปัจจุบันที่สะพานต้องรับน้ำหนักบรรทุกมากขึ้นกว่าสมัยก่อน ดังนั้นจึงได้ทำการออกแบบบูรณะและเสริมกำลังสะพาน โดยอ้างอิงมาตรฐาน ASSHTO LRFD ผลการประเมินพบว่า โครงสร้างส่วนล่าง (Substructure) ยังคงสามารถรับน้ำหนักสูงสุดได้อย่างปลอดภัย แต่โครงสร้างส่วนบน (Superstructure) มีความสามารถไม่เพียงพอ จำเป็นจะต้องปรับปรุงเสริมกำลัง

การปรับปรุงสะพานจะแบ่งเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่เป็นช่วงสะพานโค้ง (Arch Span) และส่วนที่เป็นช่วงสะพานเชิงลาด (Approach Span) การออกแบบบูรณะสะพานจะแบ่งเป็น 2 ทางเลือก คือ ใช้รองรับรถเล็กและใช้รองรับรถบรรทุกหนัก ซึ่งการบูรณะของทั้งสองทางเลือกนี้จะต่างกันเฉพาะส่วนที่เป็นช่วงสะพานโค้ง โดยการบูรณะสำหรับรองรับรถเล็ก ส่วนที่เป็นช่วงสะพานโค้ง จะทำการขยายหน้าตัดคานโค้งให้มีขนาดใหญ่ขึ้น เปลี่ยนลวดขึงเพียง 2 เส้นในแต่ละข้าง รื้อทำพื้นสะพานใหม่ และขึงพื้นสะพานตามแนวขวางด้วยเกลียวเร่ง (Turnbuckle) ขณะที่การบูรณะสำหรับรองรับรถบรรทุกหนักจะมีเพิ่มเติม ดังนี้ เปลี่ยนลวดขึงทุกเส้น ทำการขยายหน้าตัดคานตามยาวให้ใหญ่ขึ้นและอัดคานด้วยลวดอัดแรง ส่วนการบูรณะสำหรับรองรับรถเล็กและรถใหญ่บริเวณช่วงสะพานเชิงลาดกระทำเหมือนกัน คือ รื้อทำพื้นสะพานใหม่ ขยายหน้าตัดคานตามยาวให้ใหญ่ขึ้นและอัดคานด้วยลวดอัดแรง ขึงพื้นสะพานตามแนวขวางด้วยเกลียวเร่ง (Turnbuckle) เสริมกำลังปลายคานรับแรงเฉือนด้วย PT bar นอกจากนี้ ทั้งสองทางเลือกจะทำการยกสะพานเปลี่ยนจุดรองรับคาน (Bearing) ใหม่ทั้งหมด ปูผิวทางและติดตั้งรอยต่อเผื่อขยายใหม่ตลอดความยาวสะพาน

การประมาณราคาค่าบูรณะสะพานในโครงการนี้เป็นการแนะนำราคาเบื้องต้นเท่านั้น ซึ่งพบว่าจะต้องใช้งบประมาณรวมทั้งสิ้น 95 ล้านบาทสำหรับรถเล็กและ 104 ล้านบาทสำหรับรถบรรทุกหนัก

Abstract

Two rehabilitation details for Pridi-Thamrong Bridge – the 77-year-old Thailand's historic tied-arch concrete bridge – have been proposed. The bridge comprises one tied-arch main span and seven T-beam concrete approach spans. The first detail or the restricted detail limits the capacity of the bridge to accommodate only passenger cars, i.e., trucks are not allowed on the bridge. The restricted detail aims to preserve the current usage of the bridge with adequate safety. The second detail or the full detail expands the envelope of the bridge to accommodate truck traffics in conformity with AASHTO LRFD (2020) Specifications. Rehabilitation details are based on in-depth field inspection and numerical analysis. Externally prestressed concrete jacketing (EPCJ) is the primary strengthening method. The EPCJ on all T-beams of the approach spans is proposed for both details. However, only the full rehabilitation detail requires the EPCJ on tied-beams of the main span. Besides, replacement of all hangers in the main span is proposed for the full detail whereas only end hangers are proposed to be replaced for the restricted detail. Common to both details are concrete jacketing on the arch ribs and replacement of the deck slabs on all spans. The expected cost of ฿104 million for the full rehabilitation, however, can be compared to ฿95 million for the restricted rehabilitation. It is suggested that full rehabilitation of the bridge is more beneficial than the restricted one.

บทสรุปผู้บริหาร

สะพานปรีดี-ธำรง เป็นสะพานเก่าแก่ ที่มีความสำคัญทางประวัติศาสตร์ด้านวิศวกรรมการก่อสร้างสะพานของกรมทางหลวงและของประเทศไทย เปิดให้บริการเมื่อปีพ.ศ. 2486 สะพานใช้ข้ามแม่น้ำป่าสัก ตั้งอยู่บนทางหลวงหมายเลข 309 กิโลเมตรที่ 20+552 ซึ่งเป็นเส้นทางหลักเข้า-ออก ตัวจังหวัดพระนครศรีอยุธยา ซึ่งมีการจราจรหนาแน่น ในปัจจุบัน สะพานปรีดี-ธำรง ได้ถูกจำกัดการใช้งานโดยให้รองรับยานพาหนะขนาดเล็กเท่านั้น ทั้งนี้เนื่องจากสะพานมีสภาพทรุดโทรมหลังผ่านการใช้งานมานานกว่า 77 ปี ซึ่งมีความจำเป็นที่จะต้องบูรณะสะพานปรีดี-ธำรง นี้ให้มีสภาพปลอดภัยต่อผู้ใช้ทาง นอกจากนี้จะเป็นการช่วยสะพานสมเด็จพระนเรศวรมหาราช และสะพานสมเด็จพระเอกาทศรถ ซึ่งเป็นสะพานที่ขนานกับสะพานปรีดี-ธำรง ในการระบายรถเข้า-ออก ตัวจังหวัดพระนครศรีอยุธยาให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ดังนั้น สำนักวิจัยและพัฒนางานทาง กรมทางหลวง จึงได้จัดทำ “โครงการศึกษาจัดทำแนวทางการบูรณะสะพานปรีดี-ธำรงภายหลังการใช้งาน 77 ปี” ขึ้น เพื่อศึกษาและจัดทำแนวทางการบูรณะสะพานปรีดี-ธำรง โดยขอบเขตการดำเนินงานประกอบด้วย การจัดทำค่าระดับและมิติสะพาน การจัดทำรายละเอียดความเสียหายสะพาน การสำรวจโครงสร้างใต้น้ำ การสำรวจรายละเอียดเหล็กเสริม การทดสอบคุณสมบัติวัสดุโครงสร้างสะพาน การตรวจวัดพฤติกรรมโครงสร้างสะพาน การออกแบบบูรณะสะพาน การจัดทำแบบรายละเอียดการบูรณะสะพาน การประมาณราคาค่าบูรณะสะพาน และการจัดทำแผนการตรวจสอบสะพานภายหลังการบูรณะ

การดำเนินงานในส่วนแรกเป็นการสำรวจค่าระดับหลังสะพาน และการตรวจวัดขนาดชิ้นส่วนต่าง ๆ ของโครงสร้างสะพาน เพื่อนำไปใช้สร้างแบบจำลองโครงสร้างสะพานด้วยโปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์ โดยโครงสร้างส่วนบน (Superstructure) ประกอบด้วย 8 ช่วงสะพาน (Span) มีความยาวรวม 168.54 เมตร แบ่งเป็นช่วงสะพานเชิงลาด (Approach Span) ฝั่งวังน้อย 3 ช่วง (S1-S3) ช่วงสะพานสะพานโค้ง (Arch Span) 1 ช่วง (S4) และช่วงสะพานเชิงลาดฝั่งอยุธยาอีก 4 ช่วง (S5 – S8) โครงสร้างส่วนล่าง (Substructure) ประกอบด้วย ตอม่อตับกลาง (Pier) 7 ตอม่อ (P1-P7) ซึ่งอยู่ระหว่างตอม่อตับริม (Abutment) 2 ตอม่อ (A1-A2)

จากการตรวจสอบความเสียหาย ในแต่ละบริเวณของสะพาน พบว่ามีการเสื่อมสภาพและมีปริมาณชำรุดที่ค่อนข้างมาก พบคอนกรีตหลุดล่อนมองเห็นเหล็กเสริมในหลาย ๆ บริเวณที่เป็น พื้นสะพาน และคานตามยาว บ่งบอกถึงระดับสนิมในเหล็กเสริมที่เกิดขึ้นค่อนข้างมากแล้ว ผิวคอนกรีตที่หุ้มเหล็กเสริมเลยแตกและหลุดล่อนออกมาก นอกจากนี้ คานตามยาว (Girder) ในช่วงสะพานโค้ง (Arch Span) มีรอยแตกดัดหลายเส้นขนานกัน จากท้องคานถึงพื้นสะพาน บ่งบอกว่าช่วงสะพานโค้งไม่

สามารถรับแรงดัดจากน้ำหนักบรรทุกจรได้เพียงพอ ควรได้รับการเสริมกำลัง ส่วนบริเวณตอม่อกลางน้ำ (Pier) มีการเสื่อมสภาพหลายตำแหน่ง แต่ยังไม่รุนแรงมากนัก

การสำรวจโครงสร้างส่วนที่อยู่ใต้น้ำได้ใช้เครื่อง Sonar Scan ทำให้สามารถมองเห็นลักษณะท้องน้ำตามแนวสะพานและสภาพโครงสร้างตอม่อส่วนที่อยู่ใต้น้ำได้ ผลการสำรวจพบว่าร่องน้ำลึกจะอยู่ในช่วงสะพาน S4 ระหว่างตอม่อ P3 และ P4 โดยมีความลึกอยู่ที่ 10.58 เมตร ไม่พบปัญหาด้านการกัดเซาะของตอม่อสะพานปรีดี-ธำรงที่ต้องการจะบูรณะในโครงการนี้

การสำรวจรายละเอียดเหล็กเสริมได้ใช้เครื่อง Ferro Scan ร่วมกับเครื่อง Ground Penetration Radar โดยได้สุ่มตรวจสอบครอบคลุมทั้งสะพาน ประกอบด้วย เสาตอม่อ 5 ตำแหน่ง คานรัดหัวเสา 1 ตำแหน่ง คานหลัก 39 ตำแหน่ง คานรองพื้นสะพาน 26 ตำแหน่ง พื้นสะพานบริเวณถนน 32 ตำแหน่ง พื้นสะพานบริเวณทางเท้า 26 ตำแหน่ง และคานโค้ง 2 ตำแหน่ง ผลการสำรวจเหล็กเสริมรวมทั้งสิ้น 131 ตำแหน่ง ถูกนำมาใช้ในการจัดทำแบบก่อสร้างภาคสนาม (Field As-Built Drawing) เพื่อใช้ประกอบการประเมินความสามารถการรับแรงกระทำของโครงสร้างเดิมและการออกแบบเสริมกำลังกรณีที่จำเป็น

การทดสอบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตด้วยวิธีการเจาะทดสอบ (Core Drilling) พบว่าค่าเฉลี่ยกำลังรับแรงอัดคอนกรีตของชิ้นส่วนทางเท้า (SW) คานตามยาว (GD) คานรองพื้นสะพาน (FB) คานรัดหัวเสา (CB) ค้ำยันเสาตอม่อ (BC) กำแพงตอม่อ (PW) และเสาตอม่อ (PR) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 19.0, 16.2, 16.7, 18.1, 17.5, 15.2 และ 16.5 MPa ตามลำดับ ซึ่งนับว่าค่อนข้างต่ำ ทั้งนี้เนื่องจากคอนกรีตที่ใช้ก่อสร้างสะพานผ่านการใช้งานมานานกว่า 77 ปี ยกเว้นทางเท้าที่อาจมีการก่อสร้างใหม่

การทดสอบความลึกการเกิดปฏิกิริยาคาร์บอเนชันในคอนกรีต พบว่าชิ้นส่วนทางเท้า (SW) คานตามยาว (GD) คานรองพื้นสะพาน (FB) คานรัดหัวเสา (CB) ค้ำยันเสาตอม่อ (BC) กำแพงตอม่อ (PW) เสาตอม่อ (PR) และพื้นสะพาน (Deck) มีความลึกคาร์บอเนชันเฉลี่ยเท่ากับ 1.19, 3.00, 3.17, 1.50, 2.50, 3.75, 2.40 และ 2.77 ซม. ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ตามหลักสถิติที่พิจารณาความแปรปรวนความลึกคาร์บอเนชันกับระยะคอนกรีตที่หุ้มเหล็กเสริมแล้ว พบว่า ชิ้นส่วนคานตามยาว (GD) และคานรองพื้นสะพาน (FB) มีโอกาสจะเกิดสนิมได้มากที่สุด (70% และ 73%) ซึ่งสอดคล้องกับผลการสำรวจความเสียหาย

การทดสอบกำลังรับแรงดึงของเหล็กเสริมที่ตัดออกมาจากชิ้นส่วนโครงสร้างสะพาน พบว่าเหล็กที่ใช้ในสะพานเป็นเหล็กกลมทั้งหมด เมื่อทดสอบจำนวน 40 ตัวอย่าง พบว่ามีค่าเฉลี่ยความเค้นดึงที่จุดครากเท่ากับ 372 MPa ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 43 MPa เมื่อวิเคราะห์ตามหลักสถิติที่พิจารณาความแปรปรวนความเค้นดึงที่จุดคราก พบว่าโอกาสที่เหล็กกลมจะมีกำลังรับแรงดึงต่ำกว่าจุดครากของเหล็กเสริม SR2400 (240 MPa) มีเพียง 0.18%

การทดสอบการรับน้ำหนักบรรทุกของสะพานจะแบ่งโครงสร้างส่วนบนของสะพานปรีดี-ธำรง เป็น 5 กลุ่มช่วงสะพาน ได้แก่ Span with 1 Overhang, Span with 2 Overhang, Suspended Span on Overhang 1 side, Suspended Span on Overhang 2 side และ Arch Span ผลการทดสอบพบว่า แต่ละกลุ่มมีค่าเฉลี่ยความถี่ธรรมชาติเท่ากับ 5.37, 5.98, 5.60, 5.37 และ 3.91 Hz ตามลำดับ ซึ่งสามารถนำไปใช้ปรับแก้แบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ของสะพานให้มีพฤติกรรมใกล้เคียงกับสภาพปัจจุบัน หรือใช้เปรียบเทียบพฤติกรรมก่อนและหลังการบูรณะได้

การออกแบบบูรณะสะพานใช้มาตรฐาน ASSHTO LRFD ผลการประเมินพบว่า โครงสร้างส่วนล่าง (Substructure) ยังคงสามารถรับน้ำหนักสูงสุดได้อย่างปลอดภัย แต่โครงสร้างส่วนบน (Superstructure) มีความสามารถไม่เพียงพอ จำเป็นจะต้องปรับปรุงเสริมกำลัง โดยการปรับปรุงสะพานจะแบ่งเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่เป็นช่วงสะพานโค้ง (Arch Span) และส่วนที่เป็นช่วงสะพานเชิงลาด (Approach Span) การออกแบบบูรณะสะพานจะแบ่งเป็น 2 ทางเลือก คือ ใช้รองรับรถเล็กและใช้รองรับรถบรรทุกหนัก ซึ่งการบูรณะของทั้งสองทางเลือกนี้จะต่างกันเฉพาะส่วนที่เป็นช่วงสะพานโค้ง โดยการบูรณะสำหรับรองรับรถเล็ก ส่วนที่เป็นช่วงสะพานโค้ง จะทำการขยายหน้าตัดคานโค้งให้มีขนาดใหญ่ขึ้น เปลี่ยนลวดขึงเพียง 2 เส้นในแต่ละข้าง รื้อทำพื้นสะพานใหม่ และขึงพื้นสะพานตามแนวขวางด้วยเกลียวเร่ง (Turnbuckle) ขณะที่การบูรณะสำหรับรองรับรถบรรทุกหนักจะมีเพิ่มเติม ดังนี้ เปลี่ยนลวดขึงทุกเส้น ทำการขยายหน้าตัดคานตามยาวให้ใหญ่ขึ้นและอัดคานด้วยลวดอัดแรง ส่วนการบูรณะสำหรับรองรับรถเล็กและรถใหญ่บริเวณช่วงสะพานเชิงลาดกระทำเหมือนกัน คือ รื้อทำพื้นสะพานใหม่ ขยายหน้าตัดคานตามยาวให้ใหญ่ขึ้นและอัดคานด้วยลวดอัดแรง ขึงพื้นสะพานตามแนวขวางด้วยเกลียวเร่ง (Turnbuckle) เสริมกำลังปลายคานรับแรงเฉือนด้วย PT bar นอกจากนี้ ทั้งสองทางเลือกจะทำการยกสะพานเปลี่ยนจุดรองรับคาน (Bearing) ใหม่ทั้งหมด ปูผิวทางและติดตั้งรอยต่อเผื่อขยายใหม่ตลอดความยาวสะพาน

การประมาณราคาค่าบูรณะสะพานในโครงการนี้เป็นการแนะนำราคาเบื้องต้นเท่านั้น โดยได้พิจารณาปริมาณวัสดุตามแบบรายละเอียดการบูรณะสะพาน รวมถึงกิจกรรมต่าง ๆ ที่จำเป็นจะต้องใช้ระหว่างการบูรณะสะพาน ผลการประเมิน พบว่าทางเลือกรองรับรถเล็กและทางเลือกรองรับรถบรรทุกหนักต้องใช้งบประมาณรวมทั้งสิ้น 95 ล้านบาท และ 104 ล้านบาท ตามลำดับ และเมื่อสะพานได้รับการบูรณะเรียบร้อยแล้ว หน่วยงานที่รับผิดชอบควรหมั่นตรวจสอบสภาพการใช้งานสะพานเป็นประจำตามแผนการตรวจสอบสะพานภายหลังการบูรณะที่ได้จัดทำขึ้นในโครงการนี้

Executive Summary

Pridi-Thamrong Bridge is an old bridge that has historical importance to bridge engineering of Department of Highways, Thailand. It was opened to service in 1943, The bridge is used for crossing Pasak River on Highway 309 at KM 20+552, which is the gateway to City of Ayutthaya that has high traffic volume. The current bridge usage was restricted to only small vehicles due to structural deterioration after being used for more than 77 years. It is necessary to rehabilitate Pridi-Thamrong Bridge to provide safety for road users. It also helps two parallel bridges, Naresuan Mararaj Bridge and Eka Thot Sa Rot Bridge, to alleviate traffic congestion around the city gateway area. Thus, Bureau of Road Research and Development conducted the project **Study of Rehabilitation of Pridi-Thamrong Bridge after being used for more than 77 years.** Scope of the 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 used to create a bridge model by finite element software. Bridge superstructure consists of 8 spans; 3 approach spans (S1-S3) on Wangnoi side; 1 arch spans (S4) in the middle; and 3 approach spans on (S5-S8) Ayutthaya side. Bridge substructure consists of 7 piers (P1-P7) which are in between 2 abutments (A1 and A2).

Visual inspection found that the bridge had a lot of damages in many locations. There were a lot of rebar-exposed spalling in decks and girders. These indicated severe corrosion in reinforcement such that rust swell and push concrete cover to come out. In addition, there were several parallel flexural cracks in girders in the arch span. The cracks started from the bottom of girders to the top decks. These indicated the load capacity of the arch span was not adequate for the current live load, and need strengthening. Piers and abutments also had deterioration but not very severe.

Underwater 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 river channel was in span S4 between pier P3 and pier P4. The deepest water level under span S4 was 10.58 meter. The piers of Pridi-Thamrong had no scour.

Survey of detailed reinforcement was conducted by using ferro scaner and ground penetration radar. It took several sampling locations throughout the bridge, included 5 locations in piers, 1 location in cab beam, 39 locations in girders, 26 locations in floorbeams, 32 locations in road deck, 26 locations in sidewalk deck and 2 locations in arch girders. The total of 131 sampling locations was surveyed to create a field as-built drawing to be used for assessing of existing capacity and design strengthening (if required).

Tests of concrete compressive strength were conducted by core drilling method. It found that the sidewalks, girders, floorbeam, cab beams, bracing, pier walls and pier columns had average compressive strengths of 19.0, 16.2, 16.7, 18.1, 17.5, 15.2 and 16.5 MPa respectively. The tests revealed that the existing structure had relatively low compressive strength, which was caused by deterioration of material after being used for more than 77 years, except the sidewalk, which may be reconstructed.

Tests of carbonation depths found that the average carbonation depths in sidewalks, girders, floorbeam, cab beams, bracings, pier walls, pier columns and decks were 1.19, 3.00, 3.17, 1.50, 2.50, 3.75, 2.40 and 2.77 cm respectively. Statistical analysis using variation of carbonation depths and concrete coverings found that floorbeams and girders had the highest chance of corrosion 70% and 73%, respectively. The analysis results were in agreement with the visual inspection results.

Tension tests of reinforcements that were cut from existing structure found that the reinforcements used in the bridge were all a type of round bar (RB). The average yield strength was 372 MPa and standard deviation was 43 MPa. Statistical analysis using variation of yield strengths showed that the probability of yield strength to be lower than the steel grade SR2400 (240 MPa) was only 0.18%.

Bridge behaviors under load tests were analyzed separately for 5 groups (span with 1 overhang, span with 2 overhang, suspended span on overhang 1 side, suspended span on overhang 2 sides, and arch span). The natural frequencies of these groups were 5.37, 5.98,

5.60, 5.37 and 3.91 Hz, respectively. They can be used in model calibration between actual bridge and finite element bridge model or compare the behavior between before and after rehabilitation.

Bridge rehabilitation was evaluated and designed according to AASHTO LRFD. The assessment revealed that the substructures were adequate but the superstructures were not and need strengthening. The strengthening was separated into 2 groups: arch spans and approach spans. The strengthening was proposed for 2 alternatives: small vehicles and heavy vehicles. These two alternatives were different only in the arch span. In the arch spans for small vehicle case, the strengthening included: enlarge cross section of arch girders; replace only 2 steel hangers per side; reconstruct deck; brace two tie girders on both sides (left-right) with transverse rods installing turnbuckles. For heavy vehicle case, there was additional strengthening: replace all steel hangers; enlarge cross section of tie girders and install post-tension bars along the longitudinal direction. In the arch span and approach span, the strengthening for small vehicle and heavy vehicle were the same, which included, enlarge cross section of tie girders; brace two tie girders on both sides (left-right) with transverse rods installing turnbuckle; strengthen the section near support to increase shear capacity with a diagonal PT bar. Finally, both alternatives will replace all new bearings, resurface bridge deck and install new expansion joints throughout the bridge.

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 budgets for small vehicle alternative and heavy vehicle alternative were 95 and 104 million baht, respectively. 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.

สารบัญ

บทคัดย่อ 1

Abstract 2

บทสรุปผู้บริหาร 3

Executive Summary 6

สารบัญ 9

บทที่ ๑ บทนำ 1-1

[1.1] ที่มาและความสำคัญ 1-1

[1.2] วัตถุประสงค์ 1-2

บทที่ 2 การสำรวจค่าระดับหลังสะพานและมิติสะพาน 2-1

[2.1] การสำรวจค่าระดับหลังสะพาน 2-1

[2.2] การสำรวจมิติสะพาน 2-19

บทที่ 3 การจัดทำรายละเอียดความเสียหายของสะพาน 3-1

[3.1] การตรวจสอบความเสียหายของสะพาน 3-1

[3.2] สรุปภาพรวมผลการตรวจสอบสะพาน 3-12

บทที่ 4 การสำรวจสภาพใต้น้ำ 4-1

[4.1] การสำรวจสภาพโครงสร้างใต้น้ำ 4-2

[4.2] ผลการสำรวจโครงสร้างใต้น้ำ 4-4

[4.3] สรุปผลการสำรวจ 4-18

บทที่ 5 การสำรวจรายละเอียดเหล็กเสริม 5-1

[5.1] รายละเอียดการสำรวจ 5-1

[5.2] การสำรวจรายละเอียดเหล็กเสริม ด้วยเครื่องมือ Ground Penetrating Radar 5-4

[5.3] ผลการสำรวจ 5-6

[5.4] ผลการสำรวจรายละเอียดเหล็กเสริม 5-9

บทที่ 6 การทดสอบคุณสมบัติวัสดุโครงสร้างสะพาน 6-1

[6.1] ภาพรวมการทดสอบ 6-1

[6.2] การทดสอบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีต 6-3

[6.3] การทดสอบกำลังรับแรงดึงของคอนกรีต 6-9

[6.4] การทดสอบกำลังรับแรงดึงของเหล็กเสริม 6-14

[6.5] การทดสอบการเกิดคาร์บอเนชัน 6-19

[6.6] สรุปผลทดสอบวัสดุสะพานปรีดี-ธำรง 6-28

บทที่ 7 การตรวจวัดพฤติกรรมโครงสร้างสะพาน 7-1

[7.1] อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ 7-1

[7.2] การทดสอบสะพานแบบสถิต (Static Load Test) 7-2

[7.3] การทดสอบสะพานแบบพลวัต (Dynamic Load Test) 7-4

[7.4] ตำแหน่งการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัด 7-9

[7.5] ผลการตรวจวัดพฤติกรรมสะพานช่วงที่ 1 และ 2 (Span 1 และ Span 2) 7-15

[7.6] ผลการตรวจวัดพฤติกรรมสะพานช่วงที่ 3 (Span 3) 7-41

[7.7] ผลการตรวจวัดพฤติกรรมสะพานช่วงที่ 4 (Span 4) 7-63

[7.8] ผลการตรวจวัดพฤติกรรมสะพานช่วงที่ 5 (Span 5) 7-98

[7.9] ผลการตรวจวัดพฤติกรรมสะพานช่วงที่ 6 (Span 6) 7-121

[7.10] ผลการตรวจวัดพฤติกรรมสะพานช่วงที่ 7 และ 8 (Span 7 และ Span 8) 7-145

[7.11] อภิปรายผลการทดสอบพฤติกรรมสะพาน 7-171

[7.12] สรุปผลการทดสอบพฤติกรรมสะพาน 7-182

บทที่ 8 แนวทางการออกแบบบูรณะสะพาน 8-1

[8.1] การจัดทำแบบจำลองของสะพานตามแบบก่อสร้าง 8-1

[8.2] แรงกระทำต่อโครงสร้าง 8-18

[8.3] วิธีการออกแบบโครงสร้างสะพาน 8-28

[8.4] วัสดุก่อสร้างโครงสร้างสะพาน 8-30

[8.5] การตรวจสอบพฤติกรรมสะพานเพื่อรองรับแรงลม 8-55

[8.6] การบูรณะสะพานเพื่อรองรับการสั่นเนื่องจากยานพาหนะ 8-57

[8.7] การนำเสนอแนวทางการเสริมกำลังของโครงสร้าง 8-58

[8.8] การออกแบบหน้าตัดและสะพานภายหลังการเสริมกำลังของโครงสร้าง 8-65

[8.9] การออกแบบส่วนของโครงสร้าง ในระหว่างการเสริมกำลัง 8-81

[8.10] การออกแบบส่วนของ Bearing Plinth 8-83

[8.11] การบูรณะสะพานเพื่อรองรับยานพาหนะ 2 เพลา (กรณีส่วน Approach Span) 8-85

[8.12] บูรณะสะพานเพื่อรองรับยานพาหนะ 3 เพลา (กรณีส่วน Approach Span) 8-94

[8.13] การออกแบบเหล็กเสริม พิเศษบริเวณ ฐานรองรับของ Approach Span 8-99

[8.14] การออกแบบเสริมกำลังแผ่นพื้นสะพาน 8-101

[8.15] การตรวจสอบโครงสร้างตอม่อสะพานปรีดี-ธำรง (Bridge Pier) 8-108

[8.16] สรุปการตรวจสอบกำลังโครงสร้างเดิมและการเสริมกำลัง 8-120

บทที่ 9 การประมาณราคาค่าบูรณะสะพาน 9-1

[9.1] รายละเอียดการประมาณราคาค่าบูรณะสะพาน 9-4

บทที่ 10 การจัดทำแผนการตรวจสอบสะพานภายหลังการบูรณะ 10-1

[10.1] ความเป็นมาของสะพานปรีดี - ธำรง 10-1

[10.2] องค์ประกอบของสะพานปรีดี - ธำรง 10-7

[10.3] ความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นกับองค์ประกอบของสะพาน 10-13

[10.4] แนวทางการดำเนินการหากเกิดรอยแตกของคอนกรีต 10-14

[10.5] แนวทางการดำเนินการหากเกิดรอยแตกเดี่ยว 10-14

[10.6] ความเสียหายของคานสะพาน คานโค้ง และค้ำยันคานสะพาน 10-15

[10.7] ความเสียหายของเส้นลวดขึง 10-18

[10.8] ความเสียหายของเสาคอนกรีตใต้แผ่นยางรองสะพาน 10-19

[10.9] ความเสียหายของตอม่อและฐานรากสะพาน 10-19

[10.10] ความเสียหายของแผ่นรองคานสะพานประเภทยางเสริมแผ่นเหล็ก 10-20

[10.11] ความเสียหายของรอยต่อพื้นสะพานแบบอัดยาง (Compression Seal Joint) 10-21

[10.12] ความเสียหายของผิวจราจรแอสฟัลต์คอนกรีต 10-21

[10.13] ความเสียหายที่เกิดขึ้นกับองค์ประกอบสะพาน 10-21

[10.14] การตรวจสอบใหญ่ (Principal Inspection) 10-24

[10.15] การตรวจเชิงป้องกัน (Preventive Inspection) 10-27

บทที่ 11 บทสรุป 11-1

บทที่ 1 บทนำ

[1.1] ที่มาและความสำคัญ

สะพานปรีดี-ธำรง สะพานเก่าแก่ ที่มีความสำคัญต่อประวัติศาสตร์ด้านวิศวกรรมการก่อสร้างสะพานของกรมทางหลวงและของประเทศไทย เป็นสะพานขนาด 8 ช่วงสะพาน ความยาวรวม 168.54 เมตร ก่อสร้างข้ามแม่น้ำป่าสัก ที่จังหวัดพระนครศรีอยุธยา เปิดให้บริการเมื่อปีพ.ศ. 2486 ปัจจุบันสะพานปรีดี-ธำรงยังคงเป็นสะพานที่มีความสำคัญต่อการคมนาคมทางถนนของประเทศ เป็นสะพานที่ตั้งอยู่บนทางหลวงหมายเลข 309 บริเวณกิโลเมตรที่ 20+552 ซึ่งเป็นเส้นทางหลักเข้า-ออก ตัวจังหวัดพระนครศรีอยุธยา ที่มีการจราจรหนาแน่น แต่อย่างไรก็ตาม สะพานปรีดี-ธำรง ได้ถูกจำกัดการใช้งานเนื่องจากมีสภาพที่ทรุดโทรม ตามการใช้งานที่ผ่านมานานกว่า 77 ปี ดังนั้น จึงมีความจำเป็นเร่งด่วน ที่จะต้องบูรณะสะพานปรีดี-ธำรง แห่งนี้ให้มีสภาพพร้อมใช้งานตลอดเวลา ทั้งนี้ นอกจากจะเพื่อความปลอดภัยของผู้ใช้ทางแล้ว ยังเป็นการช่วยสะพานสมเด็จพระนเรศวรมหาราช และ สะพานสมเด็จพระเอกาทศรถ ซึ่งเป็นสะพานขนานกับสะพานปรีดี-ธำรง ในการระบายรถเข้า-ออก ตัวจังหวัดพระนครศรีอยุธยา ให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น เป็นการอำนวยความสะดวกในการขนส่ง ลดความสูญเสียทางเศรษฐกิจของประเทศได้เป็นอันมาก อีกทั้ง ยังเป็นการอนุรักษ์และเพิ่มคุณค่าการใช้ประโยชน์สะพานที่เป็นหลักฐานความสำเร็จทางวิศวกรรมให้อยู่คู่ประเทศไทยต่อไป

อนึ่ง การบูรณะ สะพานปรีดี-ธำรง ไม่สามารถดำเนินการตามขั้นตอนปกติได้ เนื่องจาก สะพานปรีดี-ธำรง เป็นสะพานเก่าและมีสภาพที่ทรุดโทรม จึงมีความจำเป็นต้องทำการศึกษา ตรวจสอบคุณสมบัติวัสดุ ตรวจวัดพฤติกรรมโครงสร้าง เพื่อนำมาประกอบการออกแบบบูรณะ อีกทั้งการออกแบบบูรณะ ยังจะต้องพิจารณาปัจจัยด้านความคงทน เพื่อลดภาระการบำรุงรักษาสะพานในอนาคต รวมถึงความสวยงามของโครงสร้างหลังการบูรณะ เพิ่มเติมจากปัจจัยด้านความแข็งแรง

โครงการนี้ จะทำการตรวจสอบและประเมินสภาพสะพานปรีดี-ธำรง เพื่อนำข้อมูลมาประกอบการออกแบบบูรณะตามแนวทางที่ได้กล่าวข้างต้น พร้อมกับการจัดทำแบบรายละเอียดการบูรณะ แสดงขั้นตอนการบูรณะที่ชัดเจน รวมถึง การประมาณราคาค่าบูรณะและแผนการบำรุงรักษา เพื่อให้กรมทางหลวงสามารถใช้ประกอบการเสนอของบประมาณในการบูรณะและบำรุงรักษาสะพานปรีดี-ธำรง ได้ทันที

รูปที่ 1-1 สะพานปรีดี-ธำรง

[1.2] วัตถุประสงค์

1) ตรวจสอบสภาพปัจจุบันสะพานปรีดี-ธำรง
2) ออกแบบบูรณะสะพานปรีดี-ธำรง
3) จัดทำแบบรายละเอียดการบูรณะสะพานปรีดี-ธำรง
4) ประมาณราคาค่าบูรณะสะพานปรีดี-ธำรง
5) จัดทำแผนการตรวจสอบสะพานปรีดี-ธำรง ภายหลังการบูรณะ

บทที่ 2 การสำรวจค่าระดับหลังสะพานและมิติสะพาน

[2.1] การสำรวจค่าระดับหลังสะพาน

การสำรวจค่าระดับหลังสะพานได้จัดทำหมุดหลักฐานอ้างอิง (GPS) ในพื้นที่โครงการ จำนวน 2 หมุด เพื่อใช้เป็นค่าอ้างอิงในการสำรวจค่าระดับหลังสะพานเป็นระยะทาง 500 เมตร โดยสำรวจทุก ๆ 10 เมตร หลังจากได้ดำเนินการสำรวจภาคสนาม ได้นำข้อมูลมาประมวลผลและเขียนแบบ Auto Cad เพื่อแสดงค่าระดับหลังสะพานและภาพตัดขวาง (Cross Section) จำนวน 50 รูปตัด

[2.1.1] เครื่องมือและอุปกรณ์

1) เครื่องมือรังวัดพิกัด GPS แบบ RTK (TOPCON รุ่น GR-5)

2) เครื่องมือรังวัดพิกัด GPS แบบ RTK (TOPCON รุ่น HiPer V) พร้อมอุปกรณ์

3) กล้องวัดมุม Total Station รุ่น TOPCON OS-101 พร้อมอุปกรณ์

4) กล้องระดับดิจิตอล TOPCON รุ่น DL-502 พร้อมอุปกรณ์

[2.1.2] การจัดทำแบบหมายหมุดหลักฐาน

ในการสำรวจค่าระดับหลังสะพานได้เลือกโครงข่ายอ้างอิงหมุด GPS ที่อยู่ใกล้พื้นที่โครงการ คือ สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำ ศาลากลางจังหวัดอ่างทอง ตำบลบางแก้ว อำเภอเมืองอ่างทอง จังหวัดอ่างทอง มีค่าพิกัด Latitude เท่ากับ 14 35 26.20171 พิกัด Longitude เท่ากับ 100 27 19.14748 ม. ค่าระดับ เท่ากับ 19.6009 ม.(รทก.) โซน 47 ดังรูปที่ 2-1 จากนั้นได้จัดทำโครงข่ายหมุดหลักฐานถาวร (Benchmarks) ในพื้นที่โครงการ จำนวน 2 หมุด คือ GNSS01 และ GNSS02 โดยมีรายละเอียดแสดงในตารางที่ 2-1 และรูปที่ 2-2 ถึง รูปที่ 2-5 โดยใช้วิธีการโยงโครงข่ายด้วย GPS ที่มีความละเอียดสูง โดยอ้างอิงพิกัดทางราบ (Horizontal Datum) เป็นพิกัด WGS 84 (World Geodetic System 1984) และอ้างอิงพิกัดทางดิ่ง (Vertical Datum) เป็นค่าระดับน้ำทะเลปานกลาง (Mean Sea Level)

Station : ANGT

(ศาลากลางจังหวัดอ่างทอง ตำบลบางแก้ว อำเภอเมืองอ่างทอง จังหวัดอ่างทอง)

Receiver	
Manufacturer	Topcon Positioning Systems
Type	TPS NET-G5
Serial number	-
Firmware	5.2.2
Antenna	
Manufacturer	Topcon Positioning Systems
Type	TPSCR.G5 TPSH
Serial number	-
Vertical height [m]	0
Details	
Site code	ANGT
Marker name	ANGT
Marker number	-
Latitude	14 35 26.20171
Longitude	100 27 19.14748
Height [m]	-19.6009
Reference Frame	ITRF2008 follow RTSD
Last update	2020-06-20
Photo	

รูปที่ 2-1 หมุดอ้างอิงของสถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำ ศาลากลางจังหวัดอ่างทอง ตำบลบางแก้ว อำเภอเมืองอ่างทอง จังหวัดอ่างทอง

ตารางที่ 2-1 ตารางสรุปค่าระดับและค่าพิกัดหมุดหลักฐานถาวร (Benchmarks)

Name	Northing (m)	Easting (m)	Elevation (m)
GNSS01	1,587,242.302	670,443.907	10.9916
GNSS02	1,587,253.680	670,569.168	12.8442

สำนักวิจัยและพัฒนางานทาง กรมทางหลวง

แบบหมายหมุดหลักฐาน

โครงการ การศึกษาจัดทำแนวทางการบูรณะสะพานปรีดี – ธำรง ภายหลังการใช้งาน 77 ปี จังหวัดพระนครศรีอยุธยา

ชื่อหมุดหลักฐาน GNSS01 แผนที่ชุด L7018โซน 47N. หมายเลขระวาง 5137 IV

สถานที่ตั้ง บริเวณทางเท้า สะพานปรีดี - ธำรง

ตำบล หอรัตนไชย อำเภอ พระนครศรีอยุธยา จังหวัด พระนครศรีอยุธยา

ค่าพิกัดหมุดหลักฐาน WGS 84 *(ออกจากระบบ CORS NETWORK ของกรมแผนที่ทหาร ปี 2562)*

ละติจูด (Lat.) 14° 21' 07.3014" N ลองจิจูด (Long.) 100° 34' 50.0807" E

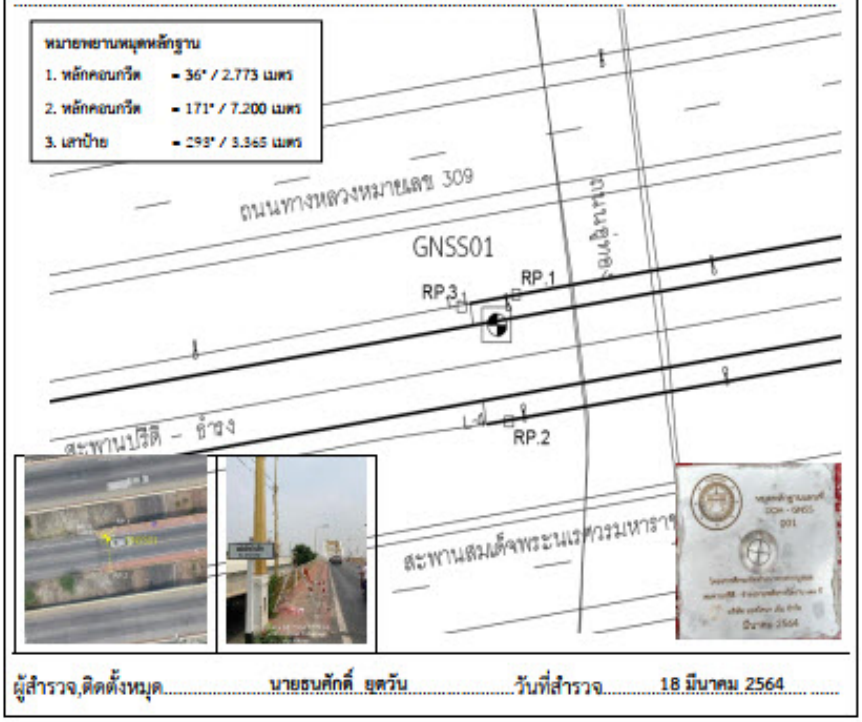
UTM เหนือ (N) 1,587,242.302 เมตร UTM ตะวันออก (E) 670,443.907 เมตร

ค่าระดับความสูง 10.992 เมตรเหนือระดับทะเลปานกลาง

ค่าพิกัดทางดิ่งหรือค่าระดับความสูง สำรวจด้วยวิธีการรังวัดพิกัดด้วยเครื่องวัดสัญญาณดาวเทียม (GNSS)

คำบรรยายประกอบหมุดหลักฐาน

หัวหมุดเป็นน็อตหัวร่ม ⌀ 18 มิลลิเมตร บนแผ่นสแตนเลสสี่เหลี่ยมขนาด 8x8 เซนติเมตร ฝังอยู่บริเวณทางเท้า สะพานปรีดี - ธำรง



ผู้สำรวจ,ติดตั้งหมุด นายธนศักดิ์ ยุตวัน วันที่สำรวจ 18 มีนาคม 2564

รูปที่ 2-2 แบบหมายหมุดหลักฐาน GNSS01

รูปที่ 2-3 GNSS01 หมุดสแตนเลสฝังอยู่บริเวณทางเท้าสะพานปรีดี-ธำรง

N = 1,587,242.302 ม., E = 670,443.907 ม., EL = 10.9916 ม. (รทก.)

สำนักวิจัยและพัฒนางานทาง กรมทางหลวง

แบบหมายหมุดหลักฐาน

โครงการ การศึกษาจัดทำแนวทางการบูรณะสะพานปรีดี – ธำรง ภายหลังการใช้งาน 77 ปี จังหวัดพระนครศรีอยุธยา

ชื่อหมุดหลักฐาน GNSS02 แผนที่ชุด L7018โซน 47N. หมายเลขระวาง 5137 IV

สถานที่ตั้ง บริเวณทางเท้า สะพานปรีดี - ธำรง

ตำบล หอรัตนไชย อำเภอ พระนครศรีอยุธยา จังหวัด พระนครศรีอยุธยา

ค่าพิกัดหมุดหลักฐาน WGS 84 *(ออกจากระบบ CORS NETWORK ของกรมแผนที่ทหาร ปี 2562)*

ละติจูด (Lat.) 14° 21' 07.6437" N ลองจิจูด (Long.) 100° 34' 54.2639" E

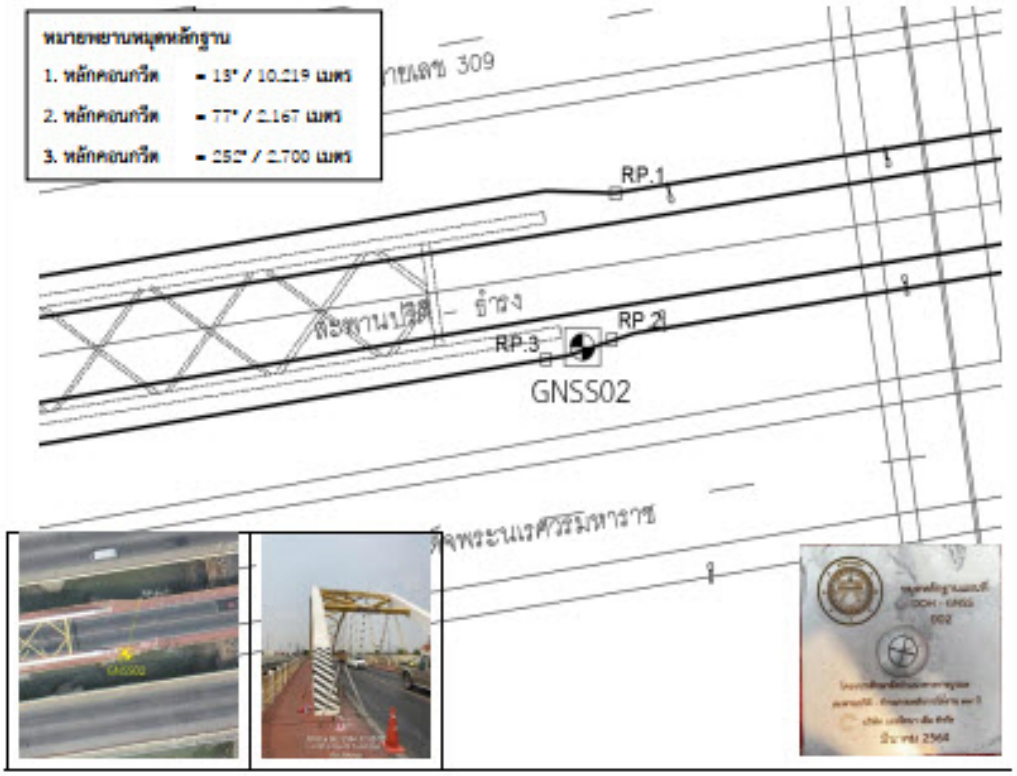
UTM เหนือ (N) 1,587,253.680 เมตร UTM ตะวันออก (E) 670,569.168 เมตร

ค่าระดับความสูง 12.844 เมตรเหนือระดับทะเลปานกลาง

ค่าพิกัดทางดิ่งหรือค่าระดับความสูง สำรวจด้วยวิธีการรังวัดพิกัดด้วยเครื่องวัดสัญญาณดาวเทียม (GNSS)

คำบรรยายประกอบหมุดหลักฐาน

หัวหมุดเป็นน็อตหัวร่ม ∅ 18 มิลลิเมตร บนแผ่นสแตนเลสสี่เหลี่ยมขนาด 8x8 เซนติเมตร ฝังอยู่บริเวณทางเท้า สะพานปรีดี - ธำรง



ผู้สำรวจ,ติดตั้งหมุด นายธนศักดิ์ ยุดวัน วันที่สำรวจ 18 มีนาคม 2564

รูปที่ 2-4 แบบหมายหมุดหลักฐาน GNSS02

รูปที่ 2-5 GNSS02 หมุดสแตนเลสฝังอยู่บริเวณทางเท้าสะพานปรีดี-ธำรง

N = 1,587,253.680 ม., E = 670,569.168 ม., EL = 12.8442 ม. (รทก.)

[2.1.3] วิธีการสำรวจค่าระดับหลังสะพาน

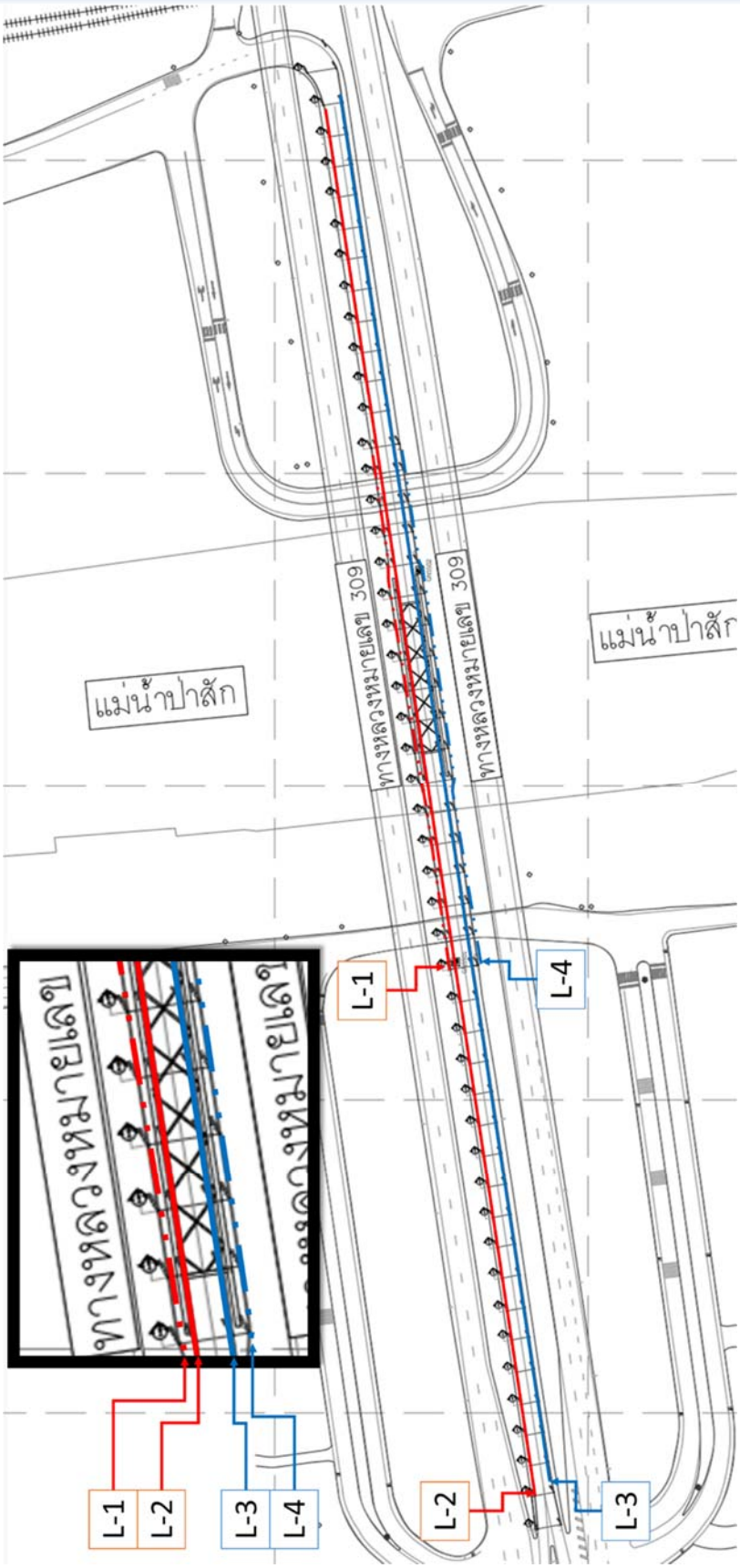
1) แนวการสำรวจค่าระดับหลังสะพาน

ทำการสำรวจทั้งหมด 4 แนว

- L-1 เริ่มต้นสำรวจ ณ ตำแหน่งราวสะพานตั้งแต่ต้นช่วงสะพานที่ 1 สำรวจตามแนวราวสะพาน จนไปถึงปลายช่วงสะพานที่ 8 ฝั่งทิศเหนือ
- L-2 เริ่มต้นสำรวจ ณ ตั้งแต่ทางขึ้นสะพานไปถึงปลายทางลงสะพาน สำรวจตามแนวเส้นจราจร ฝั่งทิศเหนือ
- L-3 เริ่มต้นสำรวจ ณ ตั้งแต่ทางขึ้นสะพานไปถึงปลายทางลงสะพาน สำรวจตามแนวเส้นจราจร ฝั่งทิศใต้
- L-4 เริ่มต้นสำรวจ ณ ตำแหน่งราวสะพานตั้งแต่ต้นช่วงสะพานที่ 1 สำรวจตามแนวราวสะพาน จนไปถึงปลายช่วงสะพานที่ 8 ฝั่งทิศใต้

รูปที่ 2-6 ตัวอย่างจุดสำรวจแนว L-1 และ L-4

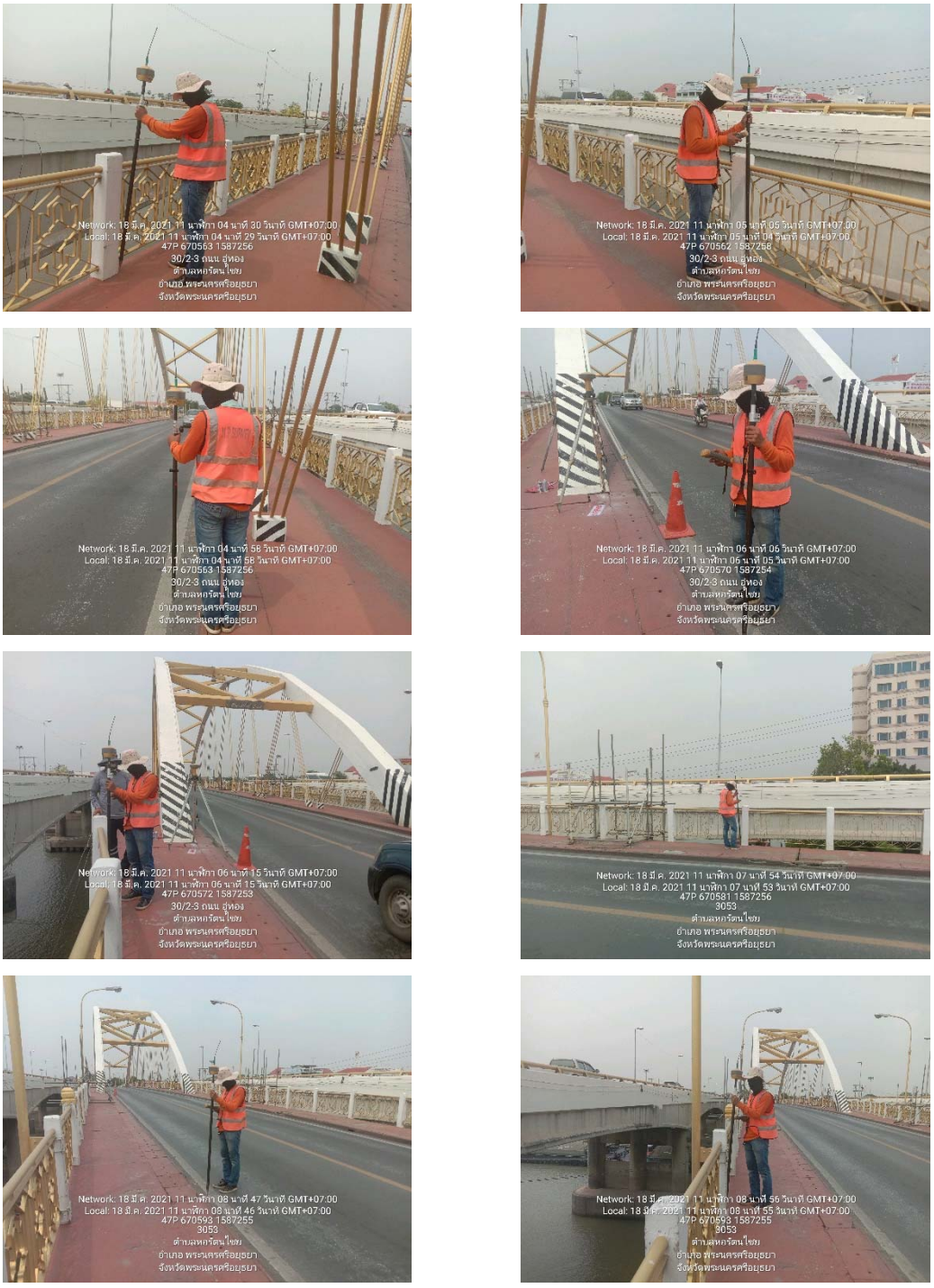
รูปที่ 2-7 ตัวอย่างจุดสำรวจแนว L-2 และ L-3



รูปที่ 2-8 แนวการสำรวจค่าระดับหลังสะพาน

2) การรังวัดพิกัดดาวเทียม GPS แบบ RTK

ใช้หมุดหลักฐานในพื้นที่โครงการเป็นจุด Base ในการรังวัดพิกัดดาวเทียม GPS แบบ RTK (Real Time Kinematic) หลังจากนั้นเก็บรายละเอียด ดังต่อไปนี้ ถนน, แหล่งน้ำ, สิ่งปลูกสร้าง, เสาไฟฟ้า พร้อมทั้งแสดงรายละเอียดค่าระดับของพื้นที่โดยใช้ GPS แบบ RTK ที่เรียกว่าตัว Rover



รูปที่ 2-9 การรังวัดพิกัดดาวเทียม GPS แบบ RTK

รูปที่ 2-9 การรังวัดพิกัดดาวเทียม GPS แบบ RTK (ต่อ)

[2.1.4] ผลการสำรวจ

จากการรังวัดพิกัดดาวเทียม GPS แบบ RTK เพื่อเก็บรายละเอียดค่าระดับหลังสะพานสามารถสรุปได้ดังนี้

ตารางที่ 2-2 Plan Profile L1

NO	Northing	Easting	STA	Elevation
	m.	m.	m.	m.
L1-1	1,587,243.86	670,441.57	0.00	10.929
L1-2	1,587,245.38	670,451.45	10.00	11.333
L1-3	1,587,246.88	670,461.34	20.00	11.725
L1-4	1,587,248.40	670,471.22	30.00	12.053
L1-5	1,587,249.90	670,481.11	40.00	12.362
L1-6	1,587,251.40	670,491.00	50.00	12.592
L1-7	1,587,253.60	670,500.78	60.00	12.823
L1-8	1,587,255.24	670,510.64	70.00	12.954
L1-9	1,587,256.75	670,520.53	80.00	13.039
L1-10	1,587,258.26	670,530.41	90.00	13.102
L1-11	1,587,259.78	670,540.30	100.00	13.093
L1-12	1,587,261.29	670,550.18	110.00	12.997
L1-13	1,587,262.80	670,560.07	120.00	12.955
L1-14	1,587,263.69	670,570.05	130.00	12.77
L1-15	1,587,264.93	670,579.98	140.00	12.536
L1-16	1,587,266.42	670,589.87	150.00	12.281
L1-17	1,587,267.91	670,599.75	160.00	11.968
L1-18	1,587,269.17	670,608.07	168.41	11.644

ตารางที่ 2-3 Plan Profile L2

NO	Northing	Easting	STA	Elevation
	m.	m.	m.	m.
L2-1	1,587,216.00	670,263.11	0.00	4.458
L2-2	1,587,216.96	670,273.63	10.57	4.581
L2-3	1,587,218.13	670,283.31	20.31	4.757
L2-4	1,587,219.70	670,292.91	30.03	4.934
L2-5	1,587,221.20	670,302.79	40.02	5.241
L2-6	1,587,222.74	670,313.02	50.36	5.593
L2-7	1,587,224.28	670,323.24	60.70	5.945
L2-8	1,587,225.69	670,332.54	70.11	6.255
L2-9	1,587,227.26	670,342.98	80.67	6.652
L2-10	1,587,228.74	670,352.77	90.56	7.025
L2-11	1,587,230.18	670,362.27	100.17	7.404
L2-12	1,587,231.64	670,371.95	109.96	7.814
L2-13	1,587,233.16	670,381.98	120.11	8.174
L2-14	1,587,234.64	670,391.74	129.98	8.511
L2-15	1,587,236.14	670,401.68	140.03	8.843
L2-16	1,587,237.62	670,411.39	149.85	9.234
L2-17	1,587,239.11	670,421.21	159.78	9.685
L2-18	1,587,240.63	670,431.21	169.90	10.25
L2-19	1,587,242.24	670,441.83	180.64	10.918
L2-20	1,587,243.76	670,451.71	190.63	11.189
L2-21	1,587,245.26	670,461.60	200.63	11.575
L2-22	1,587,246.76	670,471.48	210.63	11.932
L2-23	1,587,248.23	670,481.38	220.64	12.229
L2-24	1,587,249.69	670,491.27	230.64	12.487
L2-25	1,587,251.15	670,501.16	240.64	12.69
L2-26	1,587,252.62	670,511.05	250.64	12.799
L2-27	1,587,254.11	670,520.94	260.64	12.884
L2-28	1,587,255.60	670,530.83	270.64	12.941

NO	Northing	Easting	STA	Elevation
	m.	m.	m.	m.
L2-29	1,587,257.10	670,540.72	280.64	12.953
L2-30	1,587,258.59	670,550.61	290.64	12.874
L2-31	1,587,260.09	670,560.49	300.64	12.747
L2-32	1,587,261.58	670,570.38	310.64	12.634
L2-33	1,587,263.08	670,580.27	320.64	12.43
L2-34	1,587,264.58	670,590.16	330.64	12.144
L2-35	1,587,266.09	670,600.04	340.64	11.786
L2-36	1,587,267.35	670,608.36	349.05	11.664
L2-37	1,587,269.01	670,619.24	360.06	11.116
L2-38	1,587,270.56	670,629.49	370.43	10.453
L2-39	1,587,271.96	670,638.73	379.77	9.876
L2-40	1,587,273.41	670,648.43	389.58	9.38
L2-41	1,587,274.91	670,658.43	399.69	8.941
L2-42	1,587,276.42	670,668.54	409.91	8.471
L2-43	1,587,277.85	670,678.06	419.54	8.021
L2-44	1,587,279.39	670,688.33	429.92	7.536
L2-45	1,587,280.82	670,697.88	439.58	7.154
L2-46	1,587,282.42	670,707.53	449.36	6.807
L2-47	1,587,284.36	670,717.54	459.54	6.545
L2-48	1,587,289.61	670,727.87	470.56	6.29

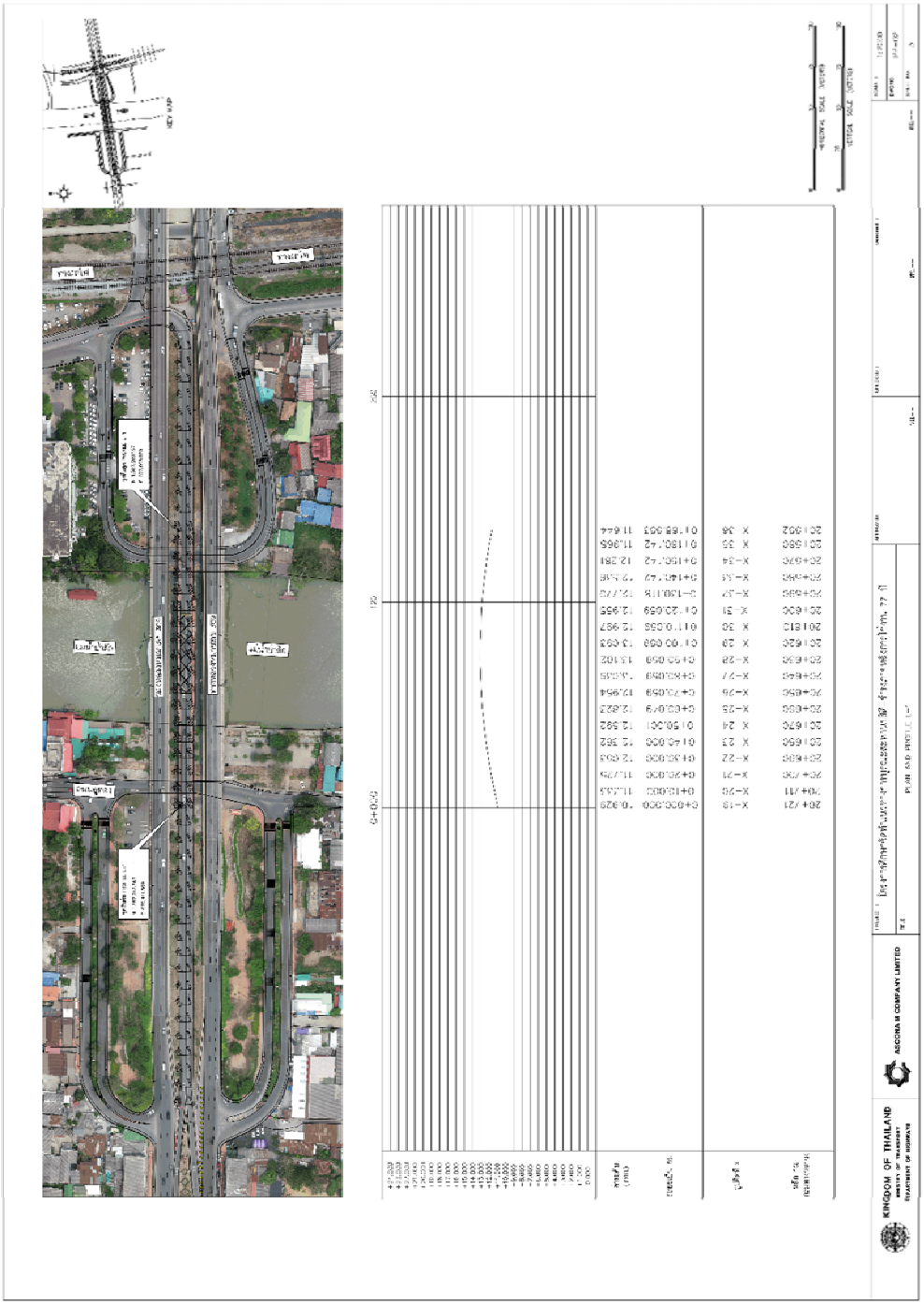
ตารางที่ 2-4 ตาราง Plan Profile L3

NO	Northing	Easting	STA	Elevation
	m.	m.	m.	m.
L3-1	1,587,208.56	670,264.52	0.00	4.441
L3-2	1,587,210.90	670,274.80	10.55	4.557
L3-3	1,587,212.63	670,284.35	20.25	4.72
L3-4	1,587,214.13	670,293.97	29.97	4.882
L3-5	1,587,215.66	670,303.84	39.96	5.186
L3-6	1,587,217.23	670,314.06	50.30	5.574
L3-7	1,587,218.77	670,324.28	60.63	5.961
L3-8	1,587,220.18	670,333.58	70.04	6.279
L3-9	1,587,221.75	670,344.03	80.60	6.606
L3-10	1,587,223.22	670,353.81	90.50	7.037
L3-11	1,587,224.66	670,363.31	100.10	7.353
L3-12	1,587,226.12	670,373.00	109.89	7.753
L3-13	1,587,227.64	670,383.03	120.04	8.187
L3-14	1,587,229.12	670,392.79	129.91	8.569
L3-15	1,587,230.63	670,402.72	139.96	8.895
L3-16	1,587,232.11	670,412.43	149.78	9.309
L3-17	1,587,233.61	670,422.25	159.71	9.815
L3-18	1,587,235.14	670,432.25	169.83	10.353
L3-19	1,587,236.73	670,442.69	180.39	10.944
L3-20	1,587,238.22	670,452.58	190.39	11.203
L3-21	1,587,239.72	670,462.47	200.39	11.622
L3-22	1,587,241.21	670,472.36	210.39	11.962
L3-23	1,587,242.70	670,482.25	220.39	12.257
L3-24	1,587,244.19	670,492.14	230.39	12.467
L3-25	1,587,245.70	670,502.02	240.39	12.707
L3-26	1,587,247.20	670,511.89	250.38	12.829
L3-27	1,587,248.70	670,521.79	260.39	12.908
L3-28	1,587,250.21	670,531.68	270.39	12.919

NO	Northing	Easting	STA	Elevation
	m.	m.	m.	m.
L3-29	1,587,251.71	670,541.57	280.39	12.937
L3-30	1,587,253.21	670,551.45	290.39	12.897
L3-31	1,587,254.72	670,561.34	300.39	12.805
L3-32	1,587,256.21	670,571.23	310.39	12.657
L3-33	1,587,257.70	670,581.12	320.39	12.448
L3-34	1,587,259.18	670,591.01	330.39	12.133
L3-35	1,587,260.66	670,600.90	340.39	11.888
L3-36	1,587,261.91	670,609.21	348.80	11.677
L3-37	1,587,263.53	670,620.11	359.82	11.111
L3-38	1,587,265.06	670,630.36	370.18	10.482
L3-39	1,587,266.44	670,639.60	379.52	9.92
L3-40	1,587,267.89	670,649.30	389.34	9.405
L3-41	1,587,269.39	670,659.30	399.45	8.978
L3-42	1,587,270.90	670,669.41	409.67	8.475
L3-43	1,587,272.33	670,678.93	419.29	8.074
L3-44	1,587,273.86	670,689.20	429.67	7.574
L3-45	1,587,275.29	670,698.75	439.33	7.177
L3-46	1,587,276.78	670,708.41	449.11	6.846
L3-47	1,587,278.36	670,718.48	459.30	6.593
L3-48	1,587,280.29	670,729.34	470.33	6.503

ตารางที่ 2-5 ตาราง Plan Profile L4

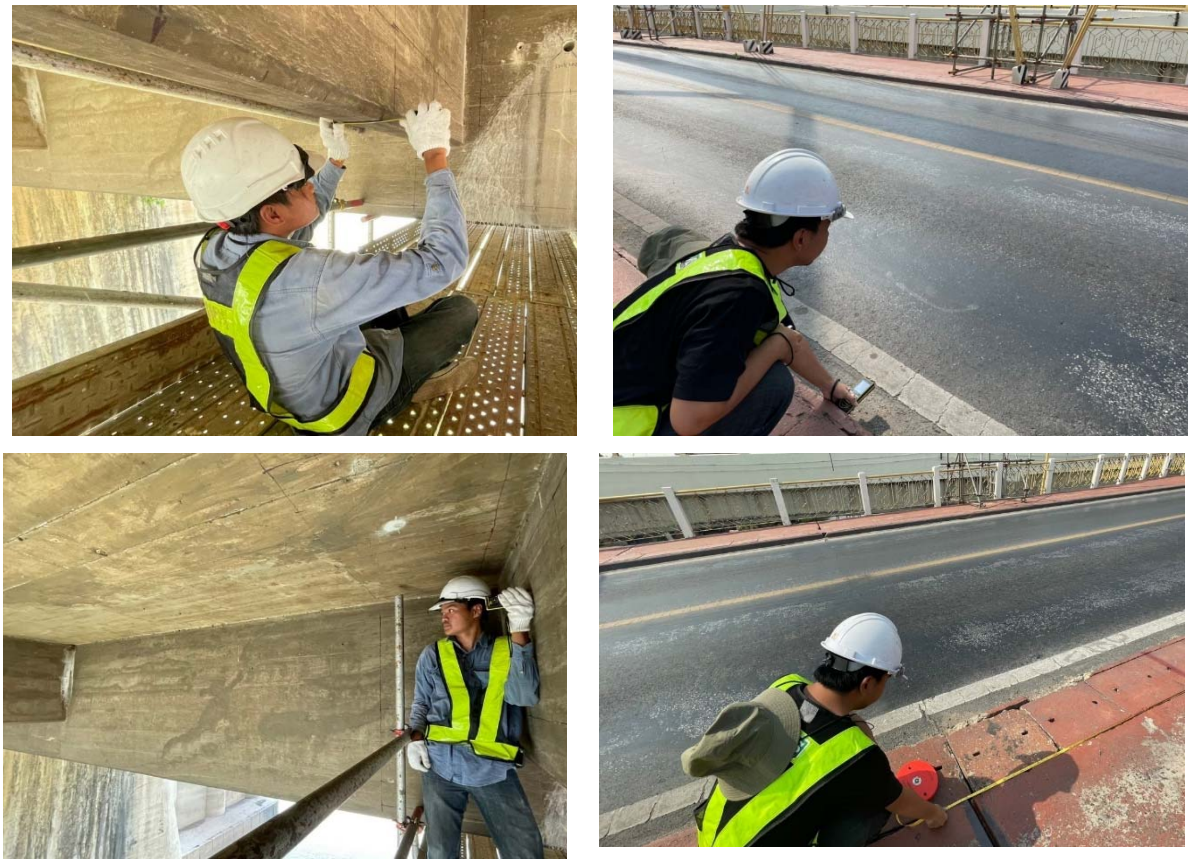
NO	Northing	Easting	STA	Elevation
	m.	m.	m.	m.
L4-1	1,587,234.99	670,442.97	0.00	10.944
L4-2	1,587,236.48	670,452.86	10.00	11.33
L4-3	1,587,237.97	670,462.75	20.00	11.714
L4-4	1,587,239.46	670,472.63	30.00	12.07
L4-5	1,587,240.95	670,482.52	40.00	12.346
L4-6	1,587,242.44	670,492.41	50.00	12.587
L4-7	1,587,243.21	670,502.41	60.01	12.792
L4-8	1,587,244.56	670,512.32	70.01	12.947
L4-9	1,587,246.08	670,522.21	80.01	13.058
L4-10	1,587,247.60	670,532.09	90.01	13.078
L4-11	1,587,249.11	670,541.98	100.01	13.071
L4-12	1,587,250.63	670,551.86	110.01	13.039
L4-13	1,587,252.15	670,561.75	120.01	12.928
L4-14	1,587,254.19	670,571.55	130.00	12.769
L4-15	1,587,255.88	670,581.40	140.00	12.555
L4-16	1,587,257.37	670,591.29	150.00	12.264
L4-17	1,587,258.87	670,601.18	160.00	11.947
L4-18	1,587,260.12	670,609.50	168.41	11.638



รูปที่ 2-10 ตัวอย่างด้านบนหลังสะพานปรีดี-ธำรง
(แบบขนาด A3 แสดงในแบบสำรวจสะพานปรีดี-ธำรง ที่ได้แนบมากับรายงานฉบับนี้)

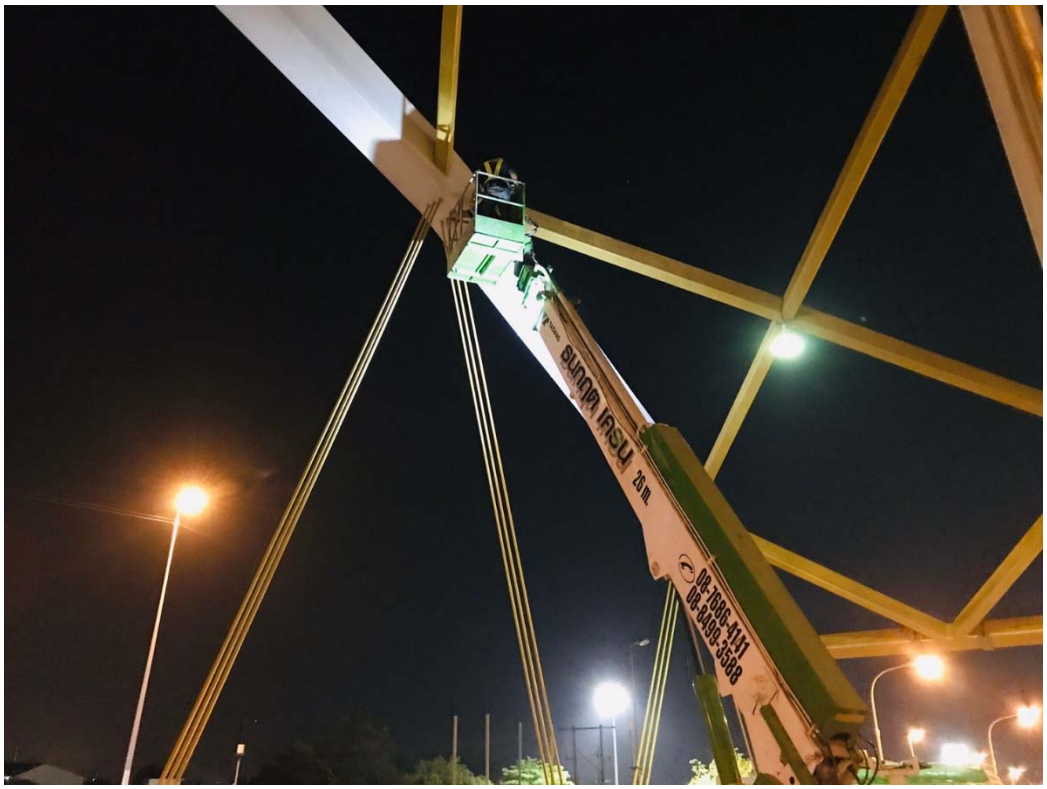
[2.2] การสำรวจมิติสะพาน

การสำรวจมิติของสะพานกระทำโดยถ่ายภาพสะพานในบริเวณต่าง ๆ ทั้งด้านบนและด้านล่าง และใช้เครื่องมือวัดระยะประเภทต่าง ๆ เช่น ตลับเมตร เทปวัด และเลเซอร์วัดระยะทาง ในการตรวจวัดขนาดชิ้นส่วนและมิติต่าง ๆ ของสะพาน ดังตัวอย่างที่แสดงในรูปที่ 2-11 ในกรณีที่ชิ้นส่วนโครงสร้างมีขนาดใหญ่มากหรืออยู่สูงมาก จะใช้นั่งร้านหรือรถกระเช้าเพื่อช่วยในการเข้าถึงชิ้นส่วนนั้น ๆ ดังแสดงในรูปที่ 2-12 และรูปที่ 2-13 ตัวอย่างบางส่วนของแบบการสำรวจมิติของสะพานในบริเวณต่าง ๆ ได้แสดงดังรูปที่ 2-14 ซึ่งแบบขนาด A3 แสดงในแบบสำรวจสะพานปรีดี-ธำรง ที่ได้แนบมากับรายงานฉบับนี้

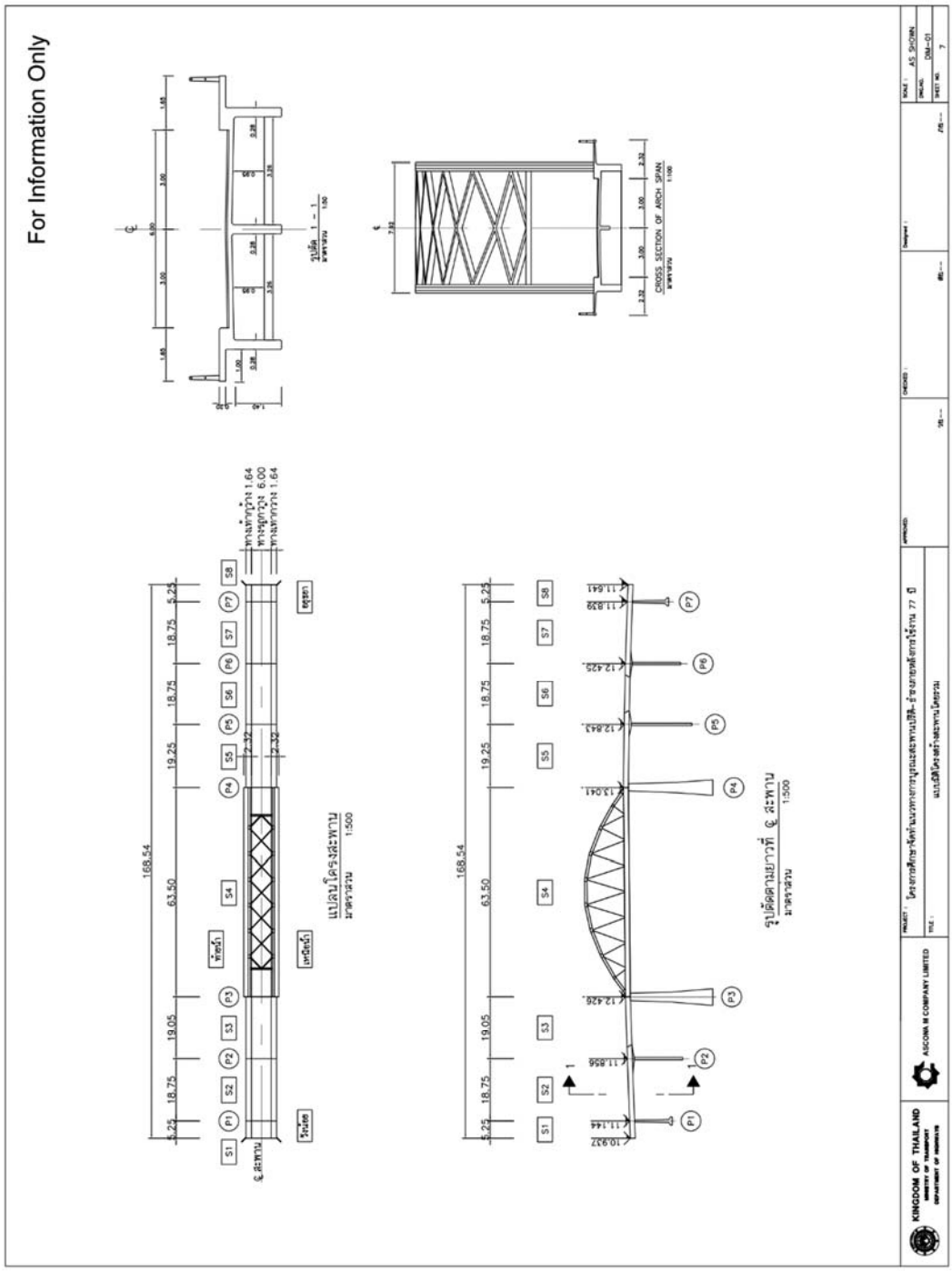


รูปที่ 2-11 การตรวจวัดมิติของสะพาน (ทั่วไป)

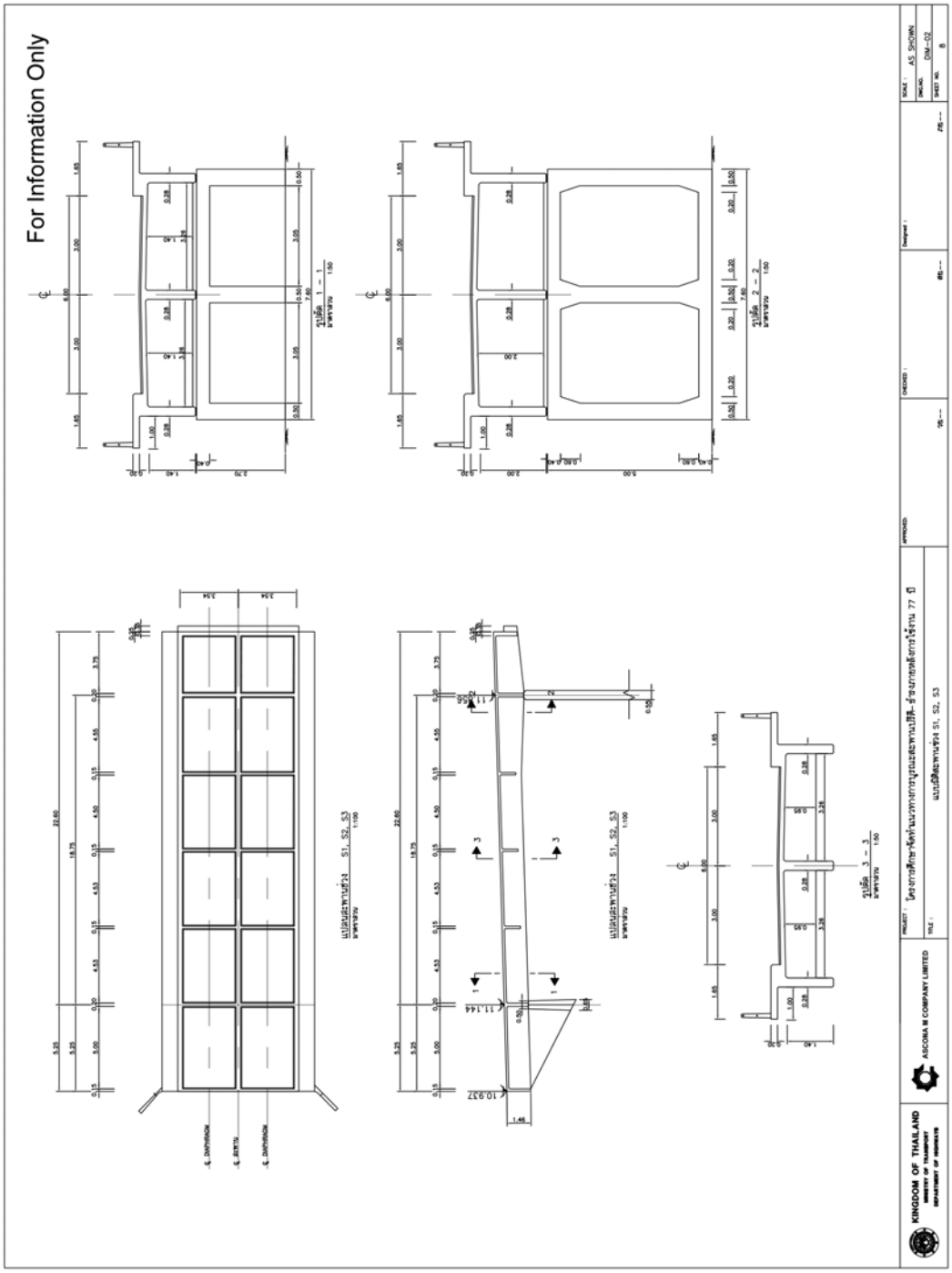
รูปที่ 2-12 การตั้งนั่งร้านสำหรับการตรวจวัดมิติของสะพาน



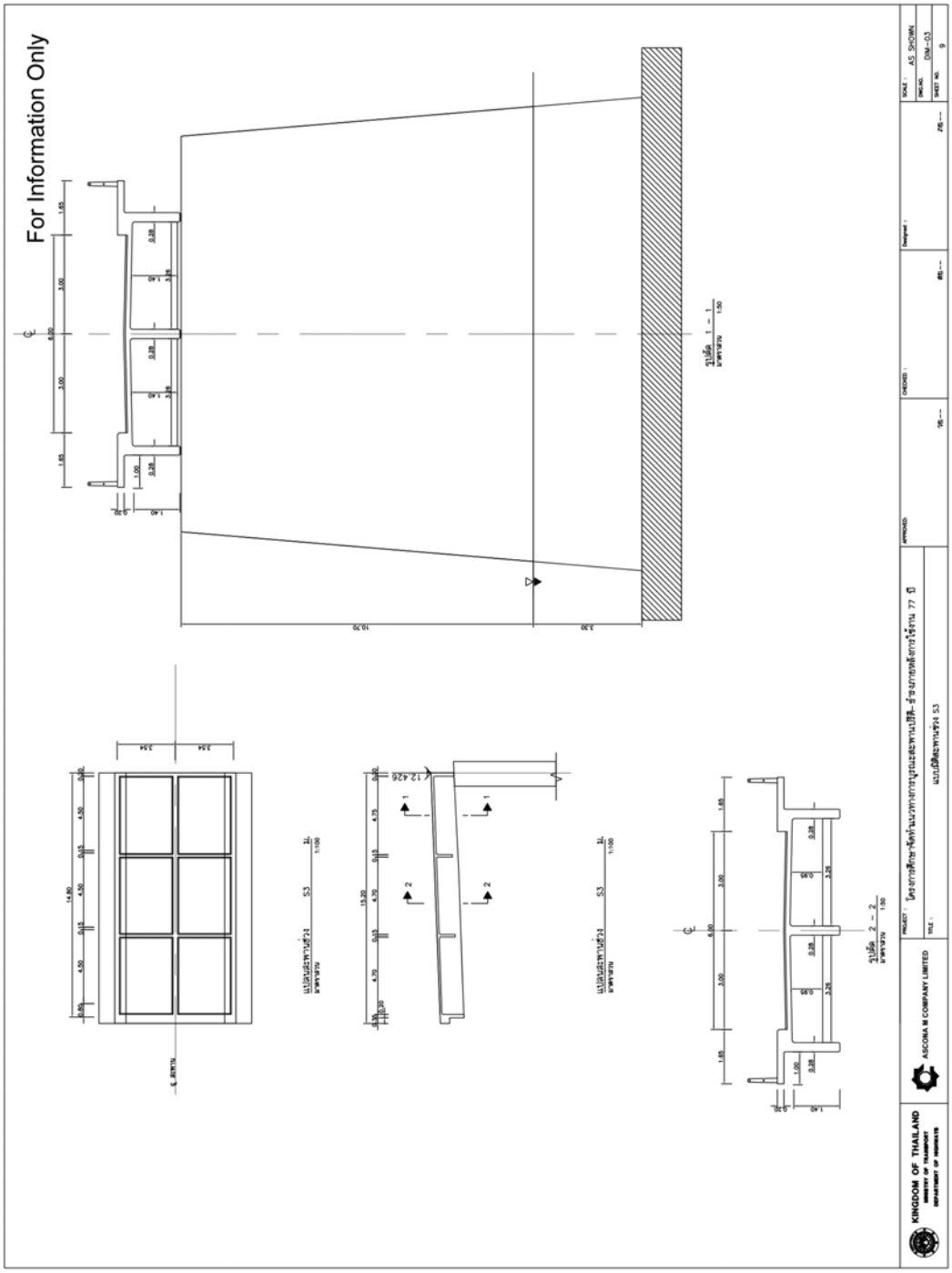
รูปที่ 2-13 การใช้รถกระเช้าสำหรับการตรวจวัดมิติของสะพาน



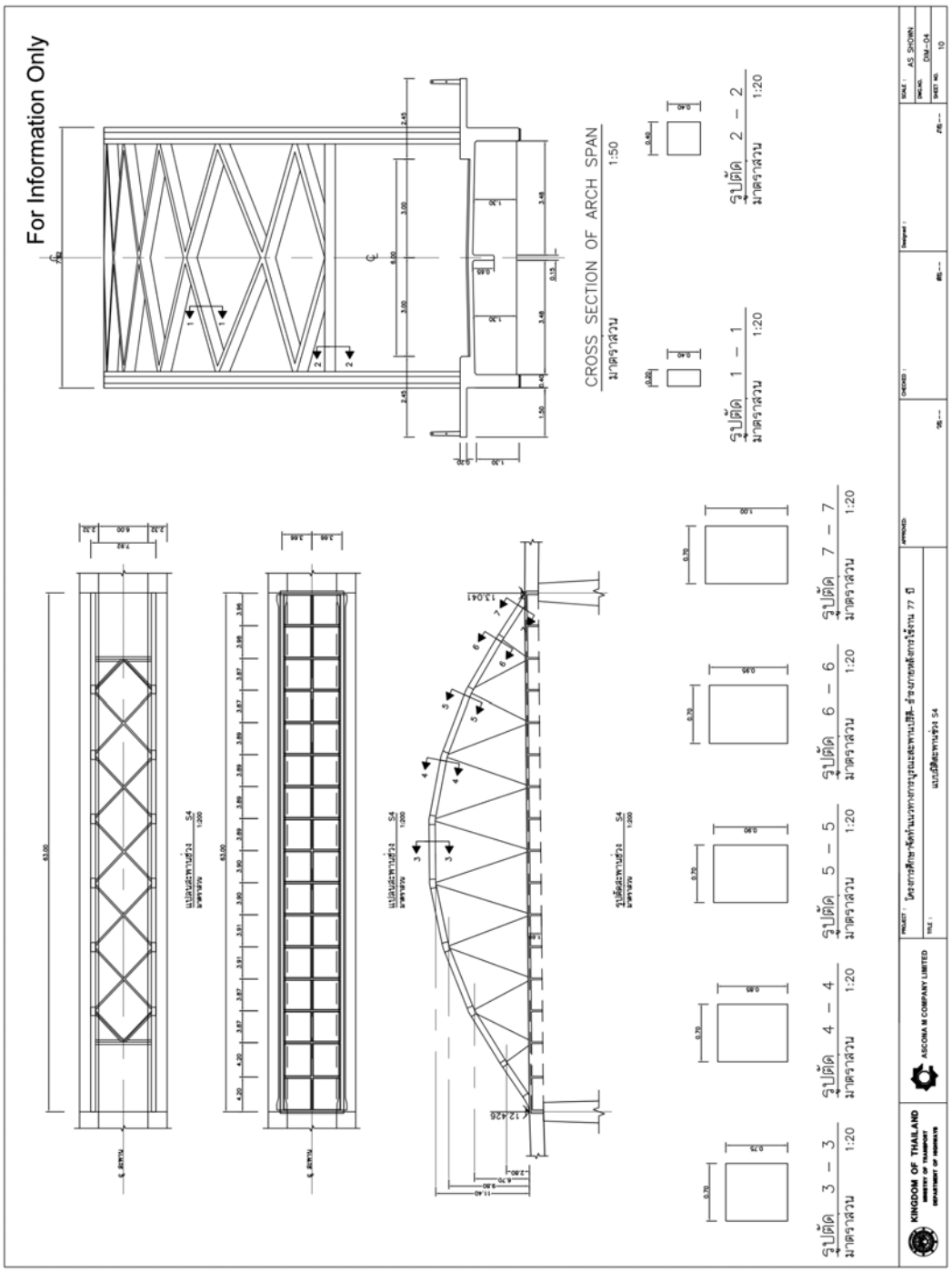
รูปที่ 2-14 แบบการสำรวจมิติของสะพานโดยรวม

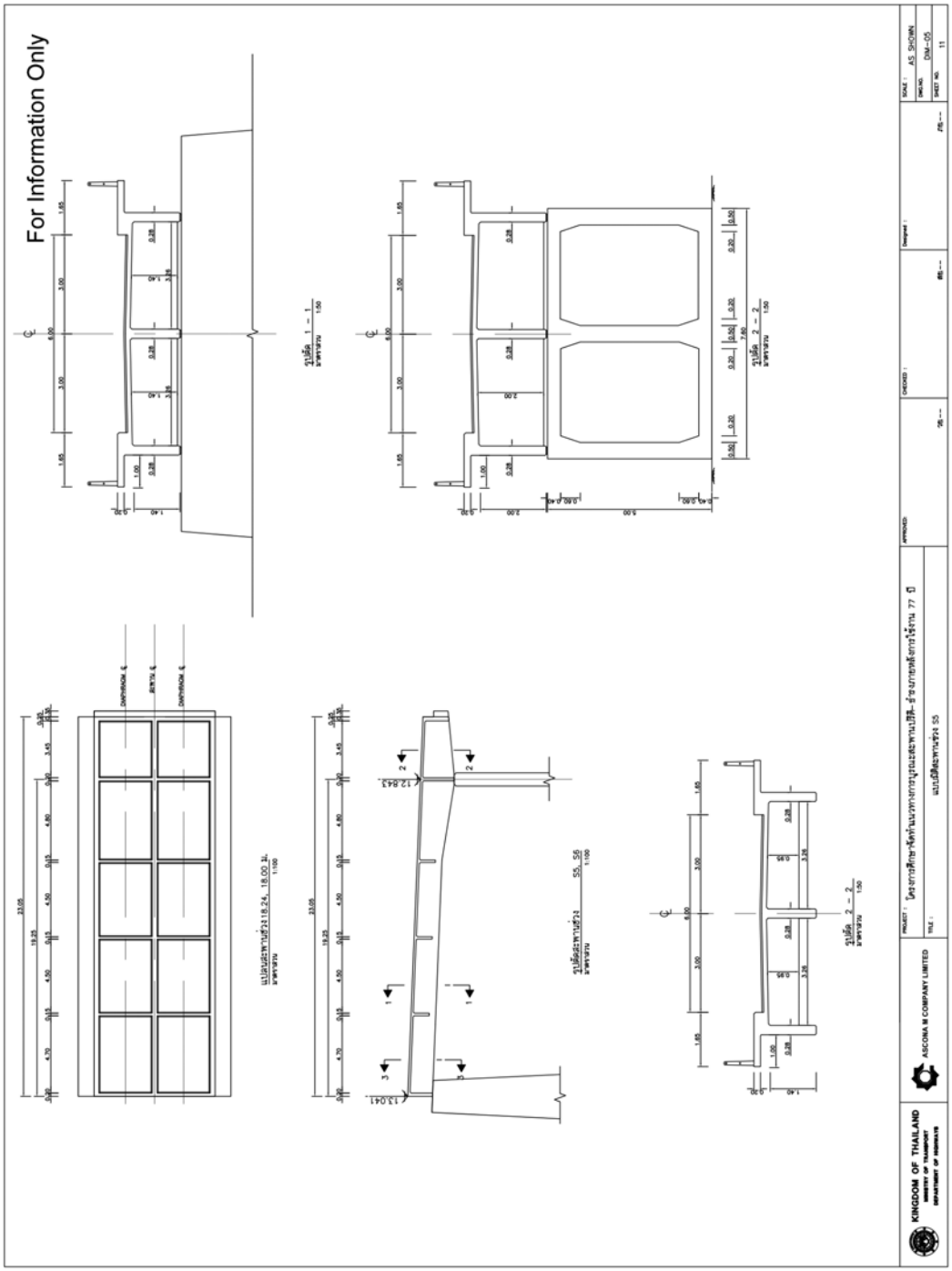


รูปที่ 2-15 แบบการสำรวจมิติของสะพานช่วงสะพาน S1, S2

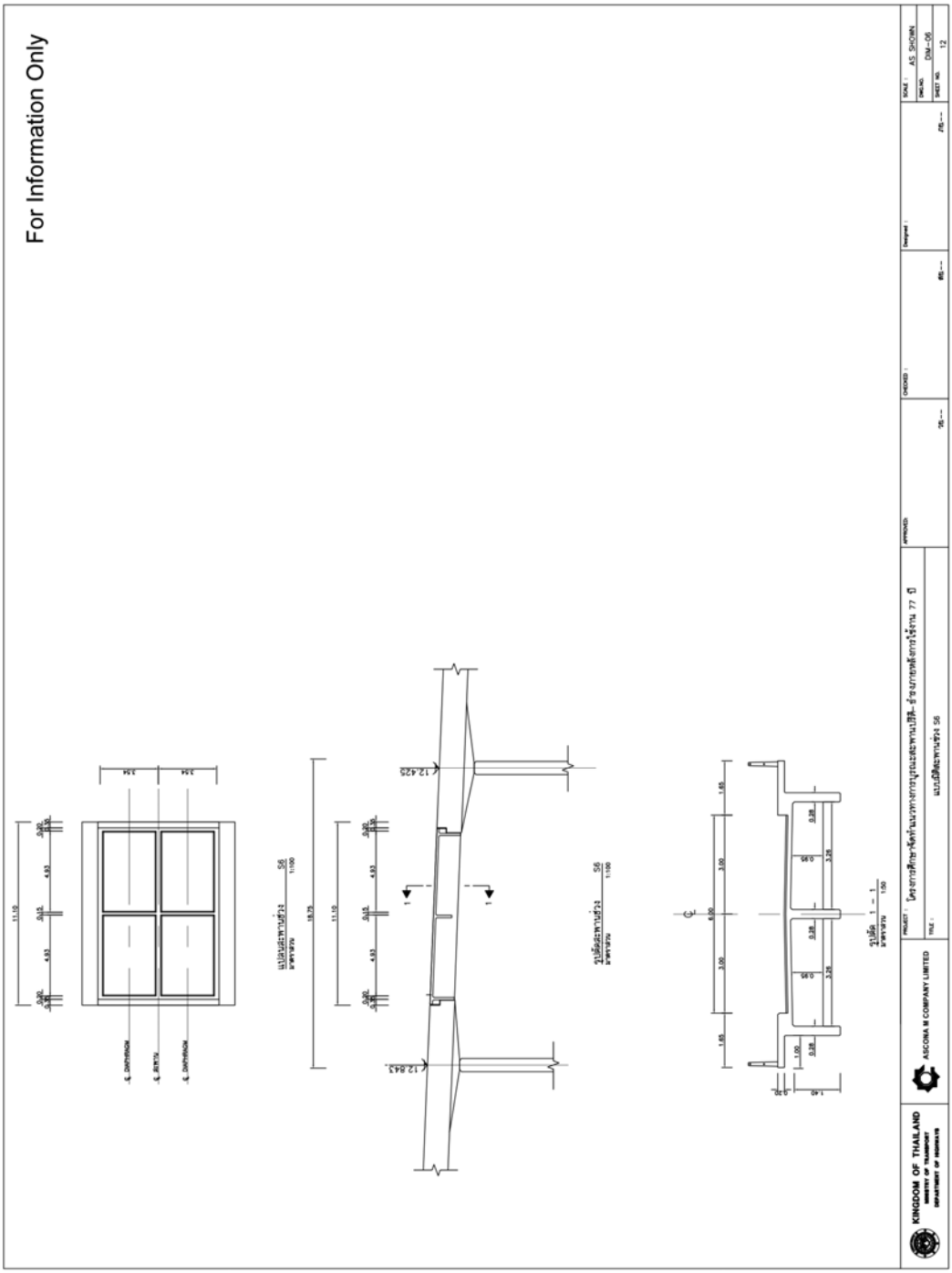


รูปที่ 2-16 แบบการสำรวจมิติของสะพานช่วงสะพาน S3

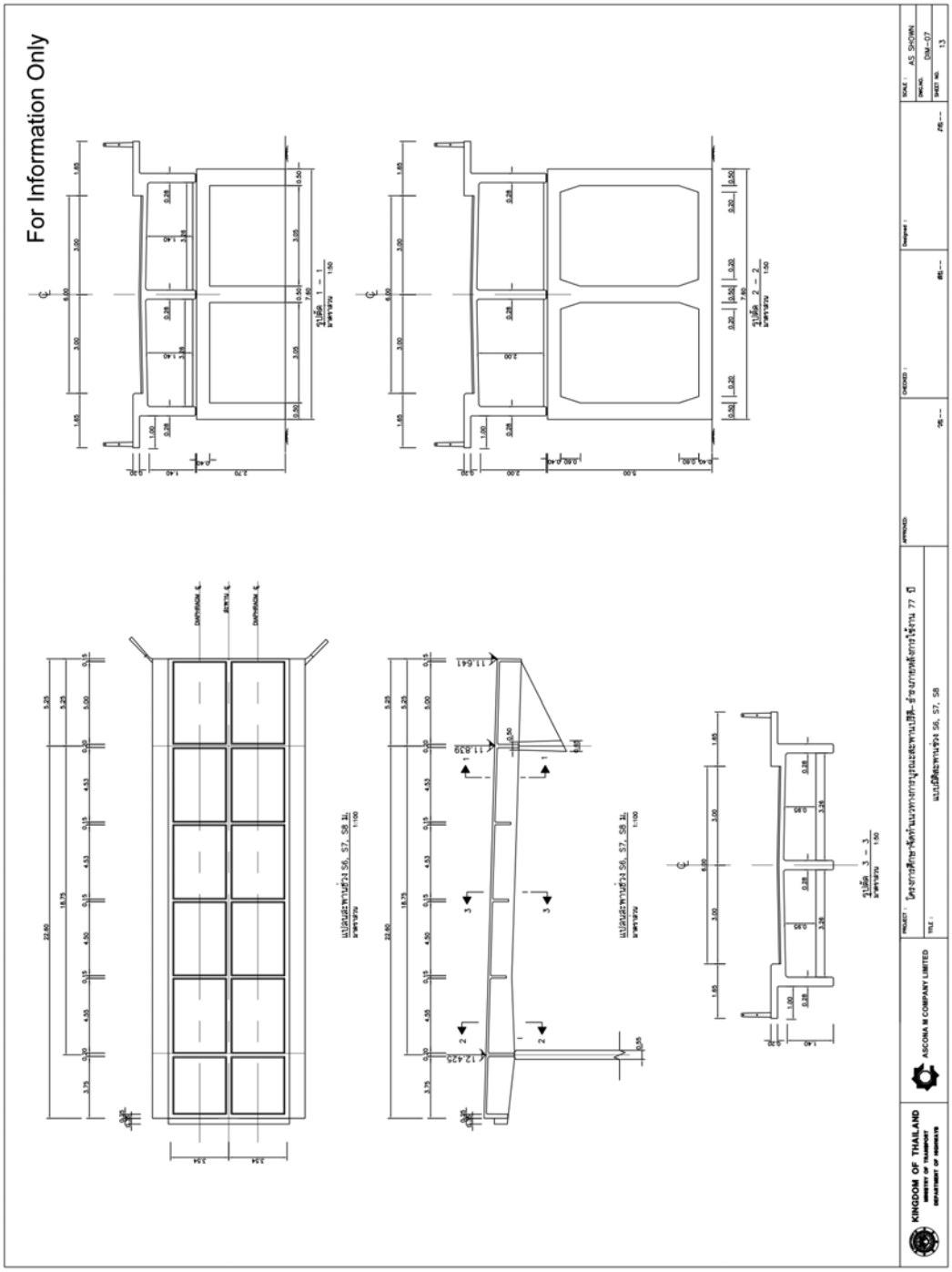

For Information Only
CROSS SECTION OF ARCH SPAN
1:50
รูปตัด 1 – 1
1:20
รูปตัด 2 – 2
1:20
รูปตัด 3 – 3
1:20
รูปตัด 4 – 4
1:20
รูปตัด 5 – 5
1:20
รูปตัด 6 – 6
1:20
รูปตัด 7 – 7
1:20
KINGDOM OF THAILAND
ASCONA M COMPANY LIMITED



รูปที่ 2-18 แบบการสำรวจมิติของสะพานช่วงสะพาน S5



รูปที่ 2-19 แบบการสำรวจมิติของสะพานช่วงสะพาน S6

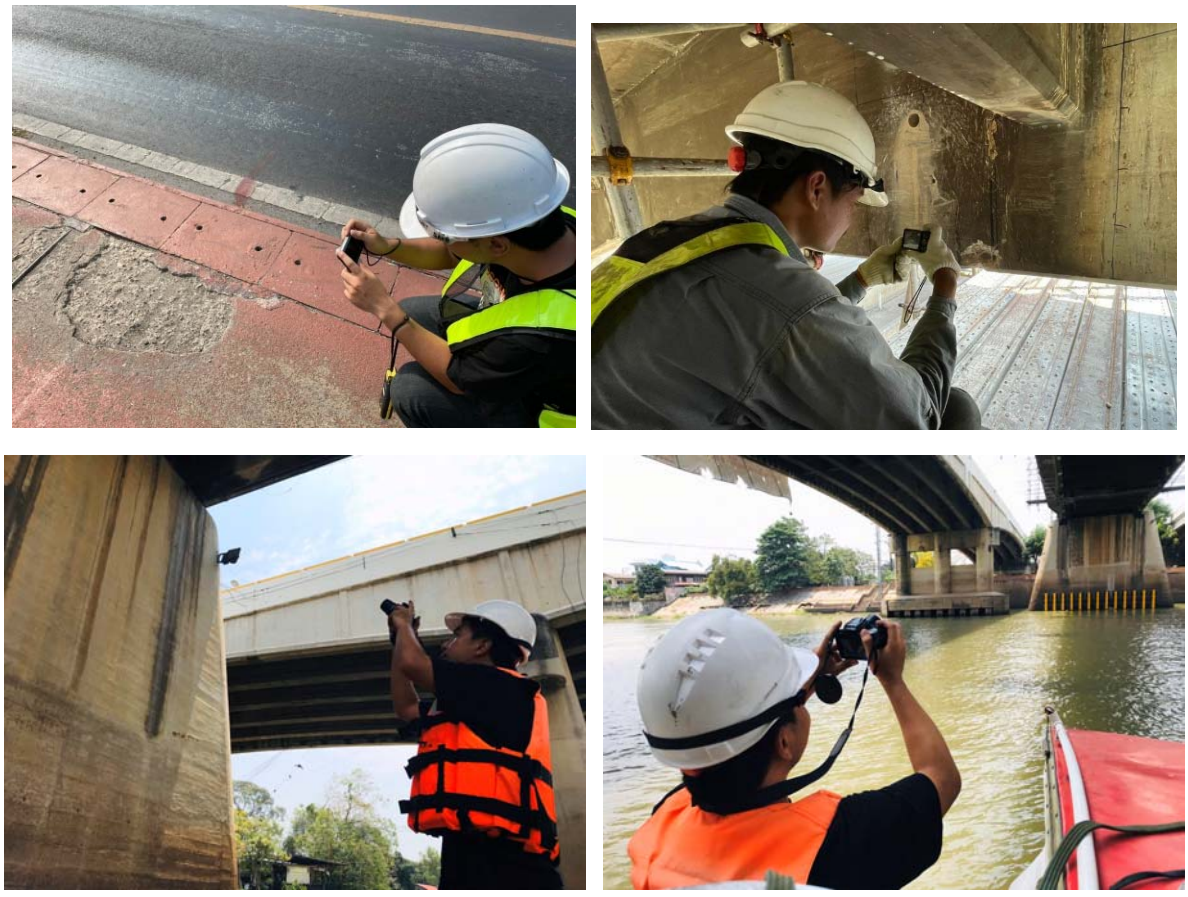


รูปที่ 2-20 แบบการสำรวจมิติของสะพานช่วงสะพาน S7, S8

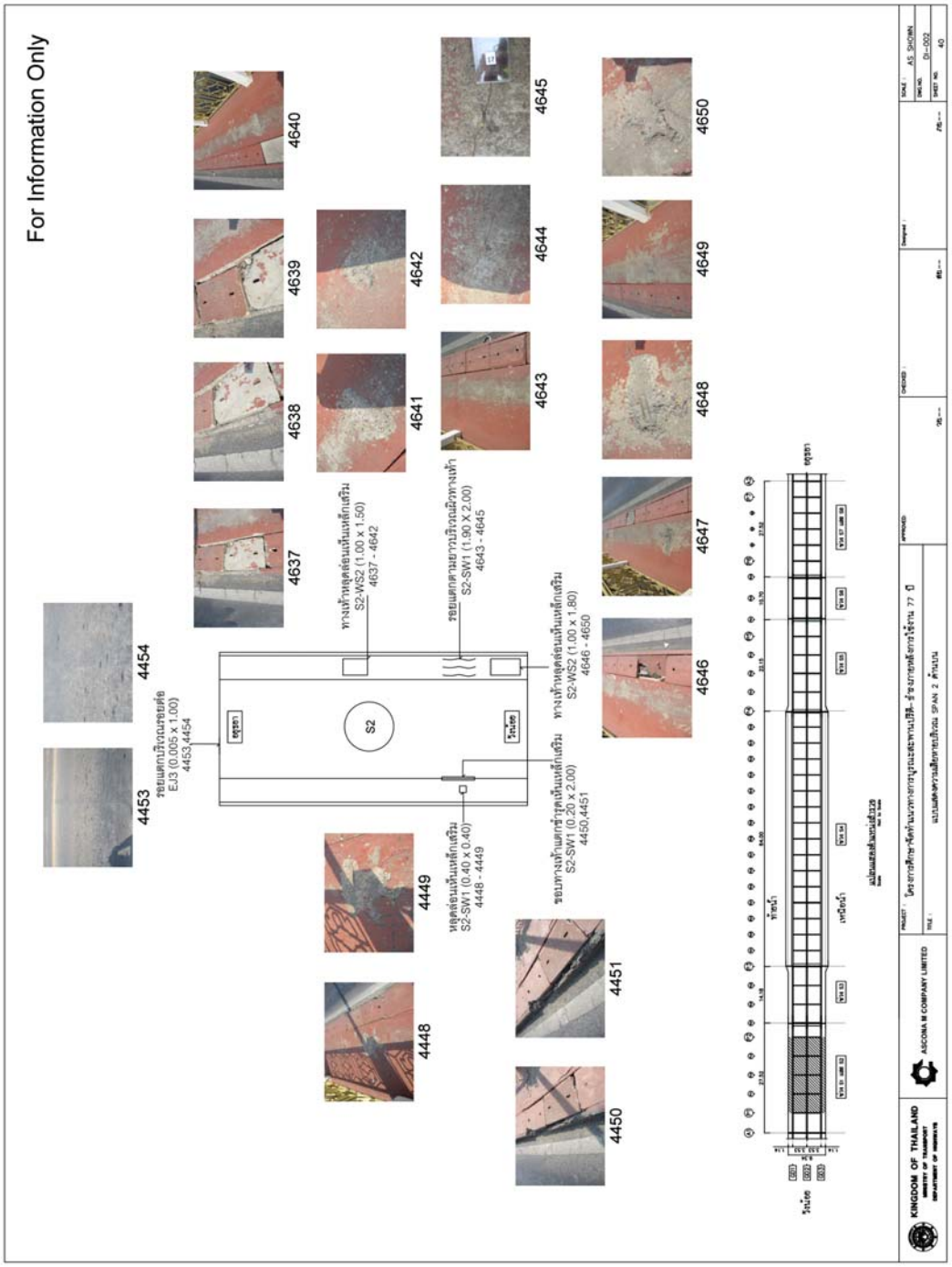
บทที่ 3 การจัดทำรายละเอียดความเสียหายของสะพาน

[3.1] การตรวจสอบความเสียหายของสะพาน

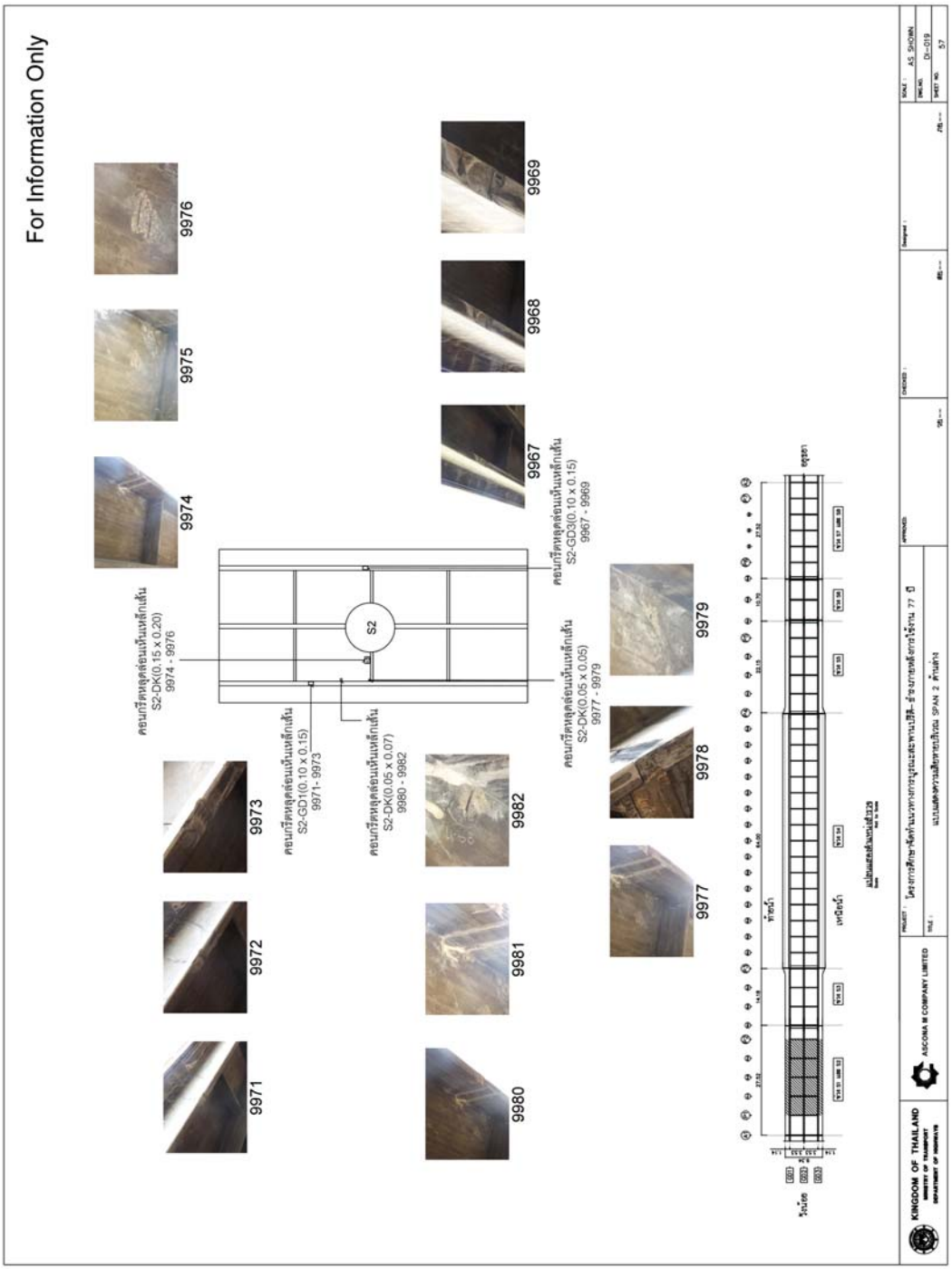
โครงการนี้ใช้วิธีการตรวจสอบความเสียหายด้วยสายตา (Visual Inspection) ในการรวบรวมข้อมูลความเสียหายที่เกิดขึ้นกับสะพานปรีดี-ธำรง เพื่อใช้ประกอบการออกแบบงานซ่อมบูรณะและเสริมกำลังสะพาน รูปที่ 3-1 แสดงตัวอย่างภาพการตรวจสอบสะพานในสนาม จากนั้นได้นำข้อมูลที่สำรวจได้ไปจัดทำเป็นแบบแสดงความเสียหายดังตัวอย่างบางส่วนที่แสดงในรูปที่ 3-2 ถึงรูปที่ 3-11 โดยรายละเอียดทั้งหมดได้แสดงในแบบสำรวจสะพานปรีดี-ธำรง ที่ได้แนบมากับรายงานฉบับนี้



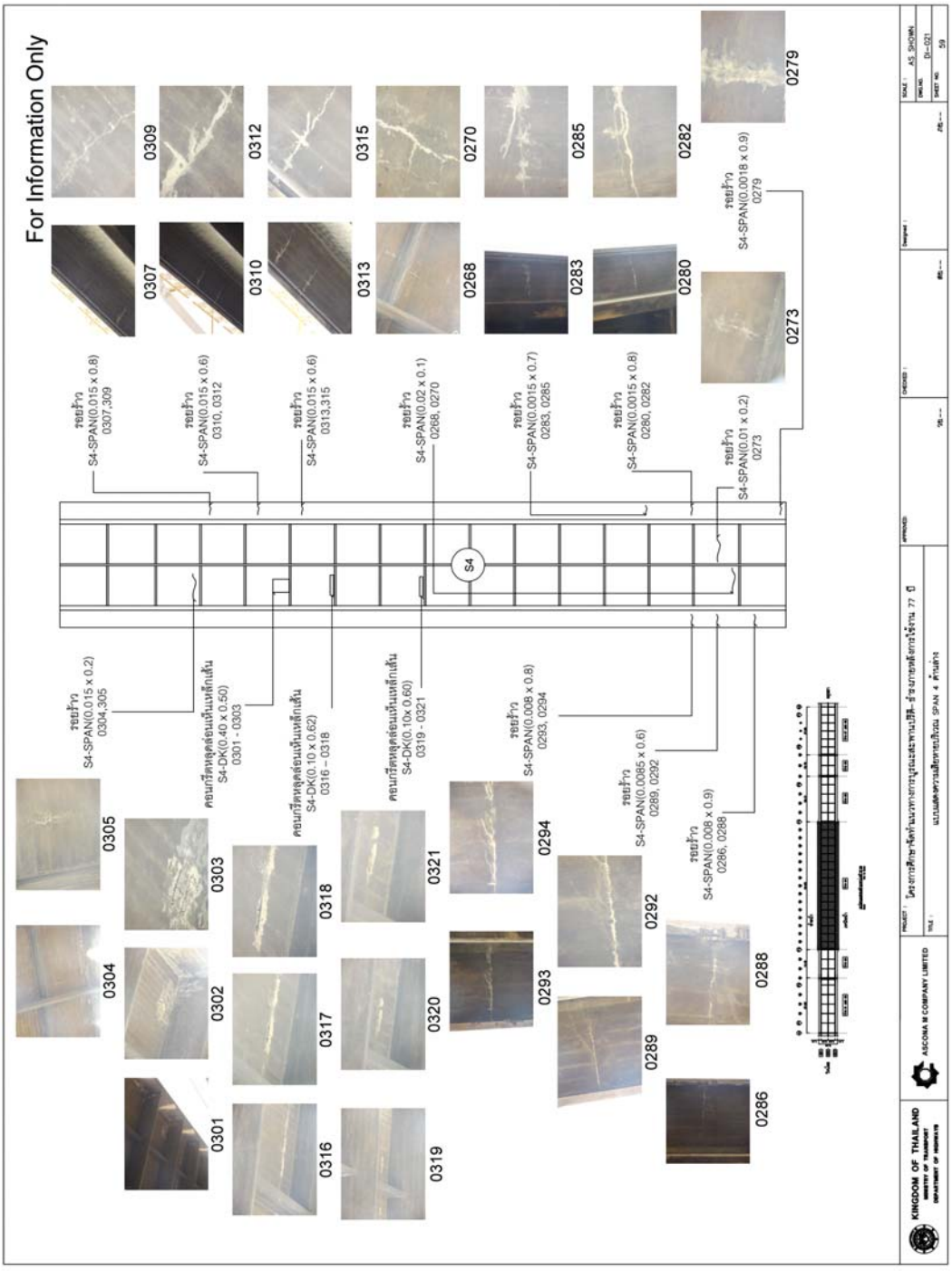
รูปที่ 3-1 ตัวอย่างภาพการดำเนินงานตรวจสอบความเสียหายของสะพานปรีดี-ธำรง



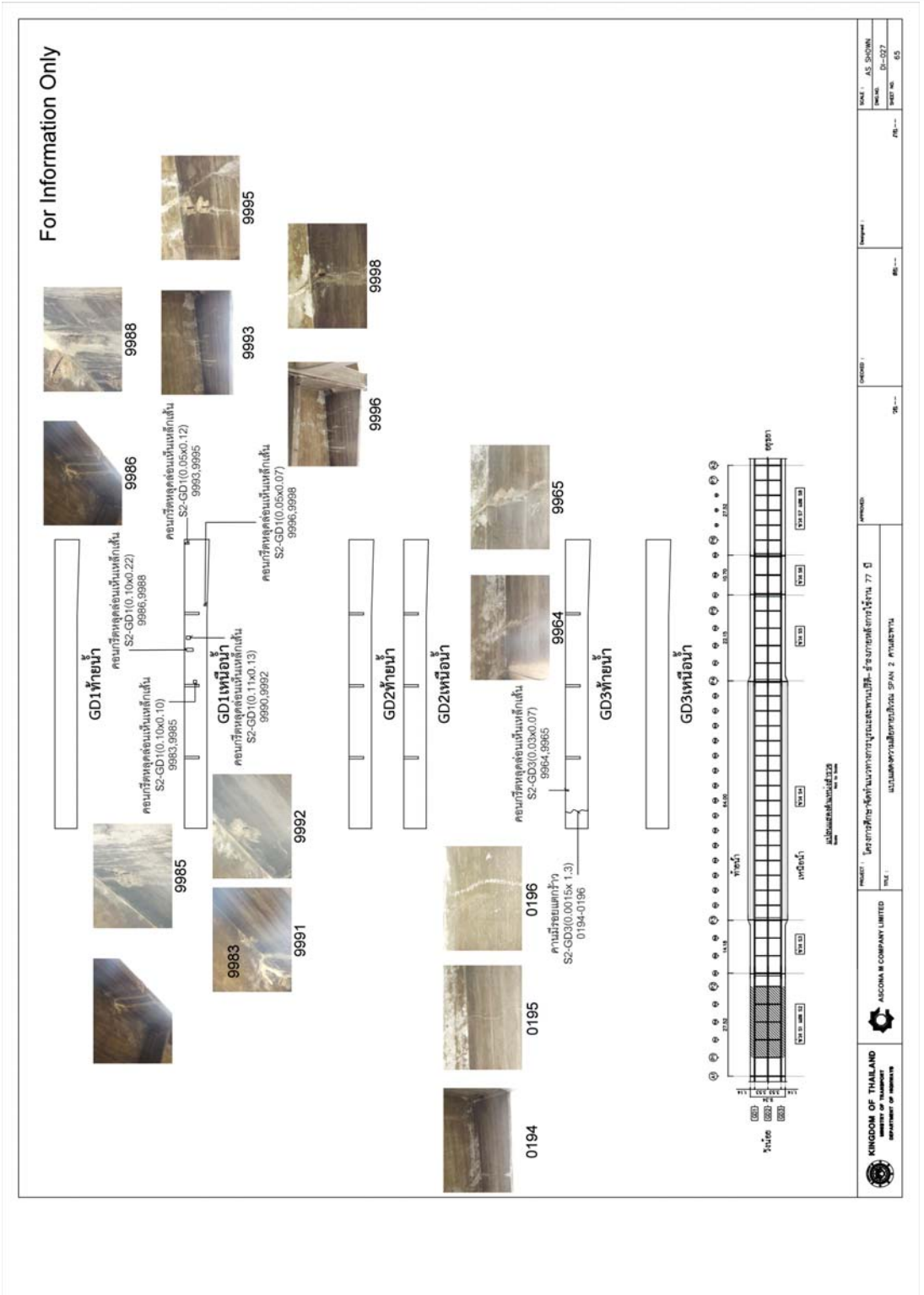
รูปที่ 3-2 ตัวอย่างแบบแสดงความเสียหายของ Span 2 (S2) ด้านบน



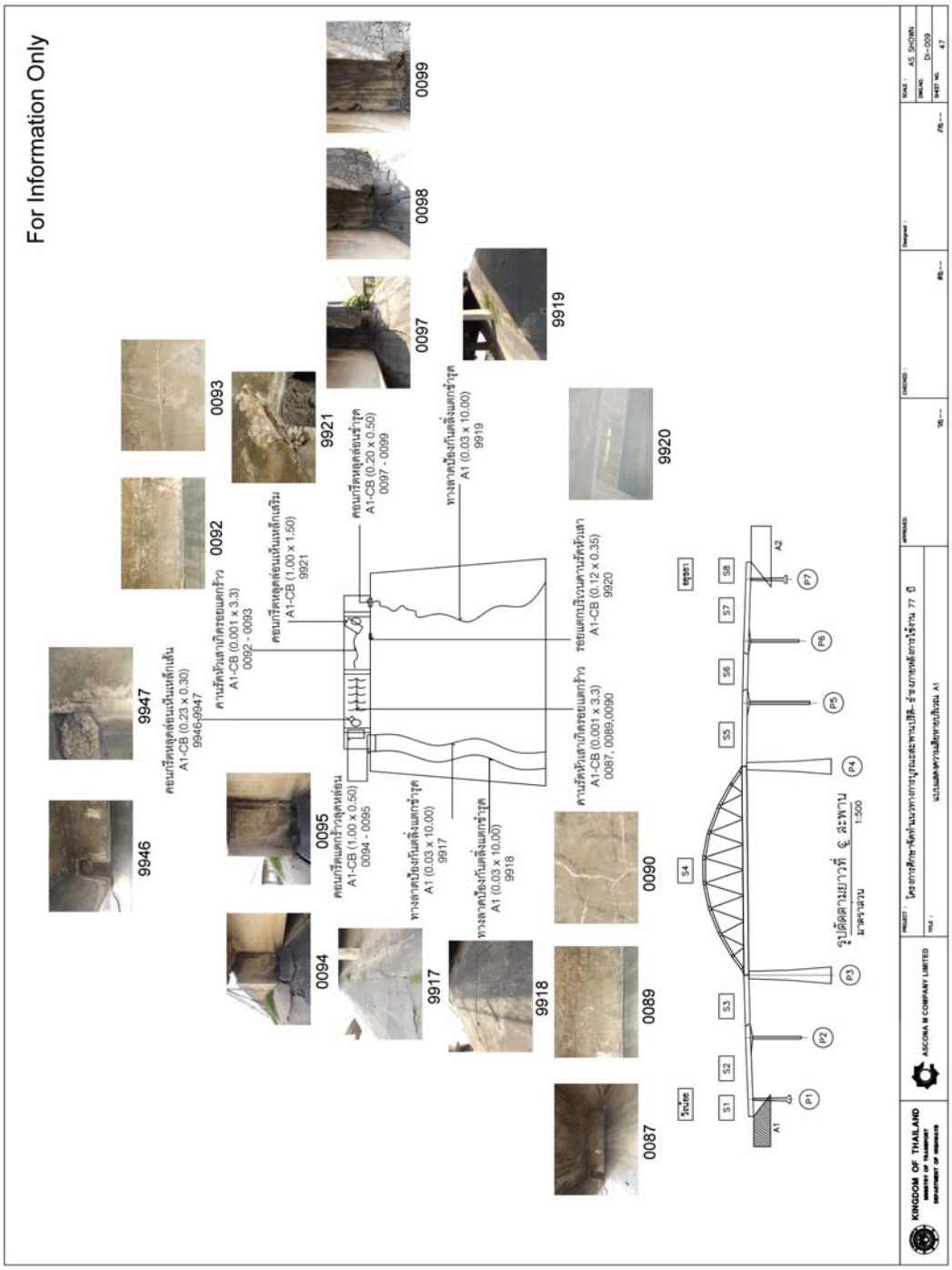
รูปที่ 3-3 ตัวอย่างแบบแสดงความเสียหายของ SPAN 2 (S2) ด้านล่าง



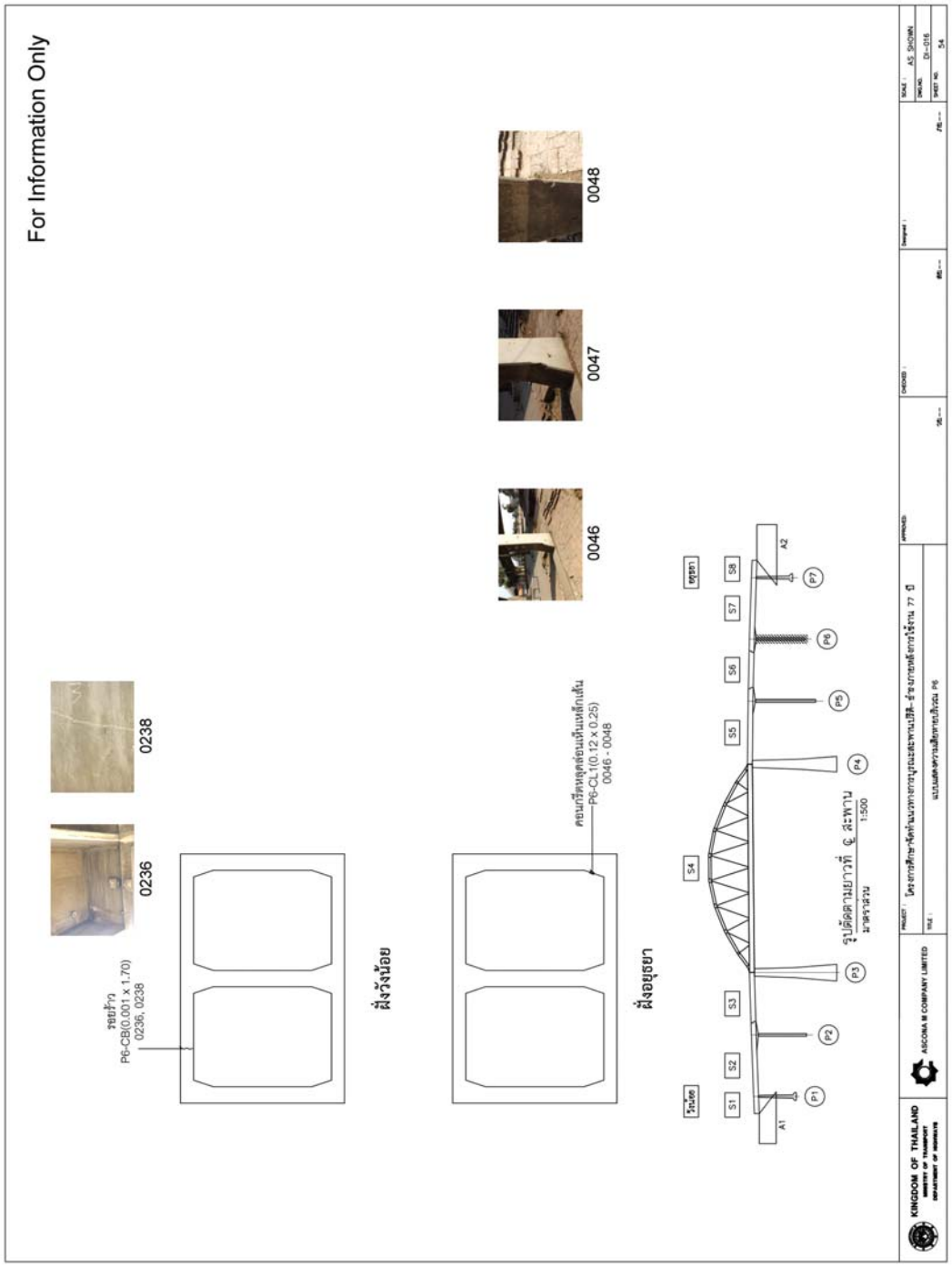
รูปที่ 3-4 ตัวอย่างแบบแสดงความเสียหายของ Span 4 (S4) ด้านล่าง



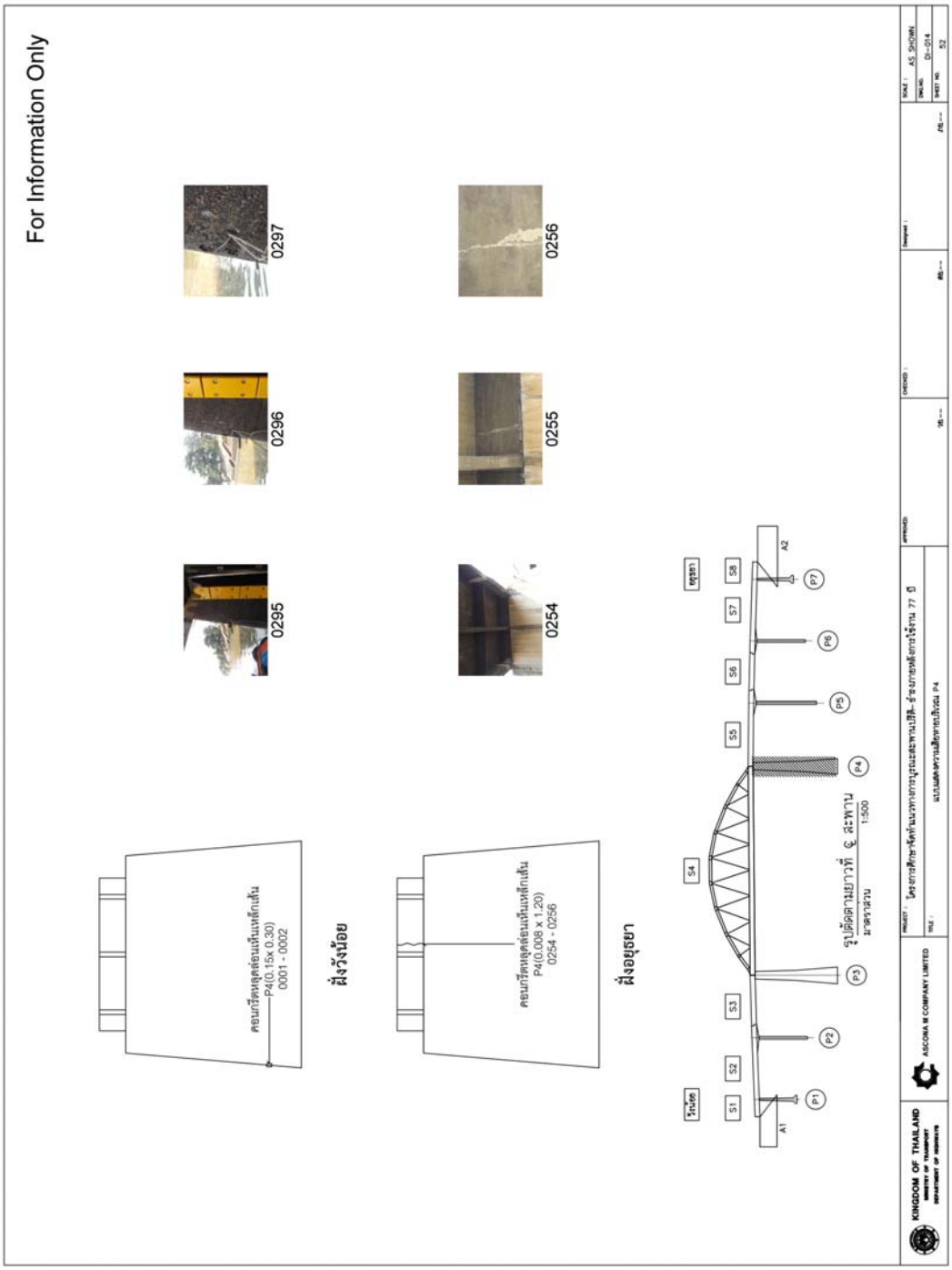
รูปที่ 3-5 ตัวอย่างแบบแสดงความเสียหายของคานสะพานใน Span 2 (S2)



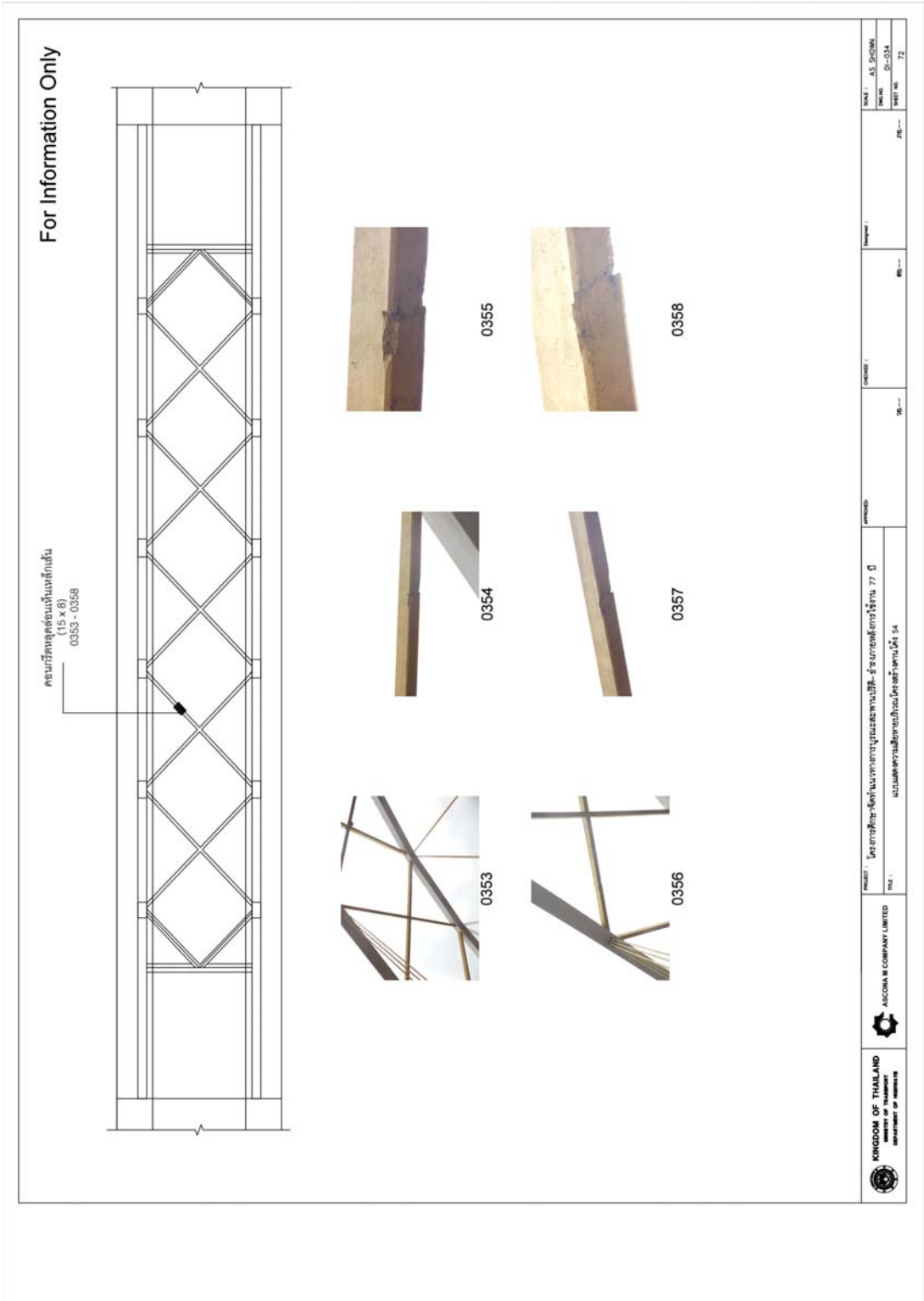
รูปที่ 3-6 ตัวอย่างแบบแสดงความเสียหายของ Abutment 1 (A1)



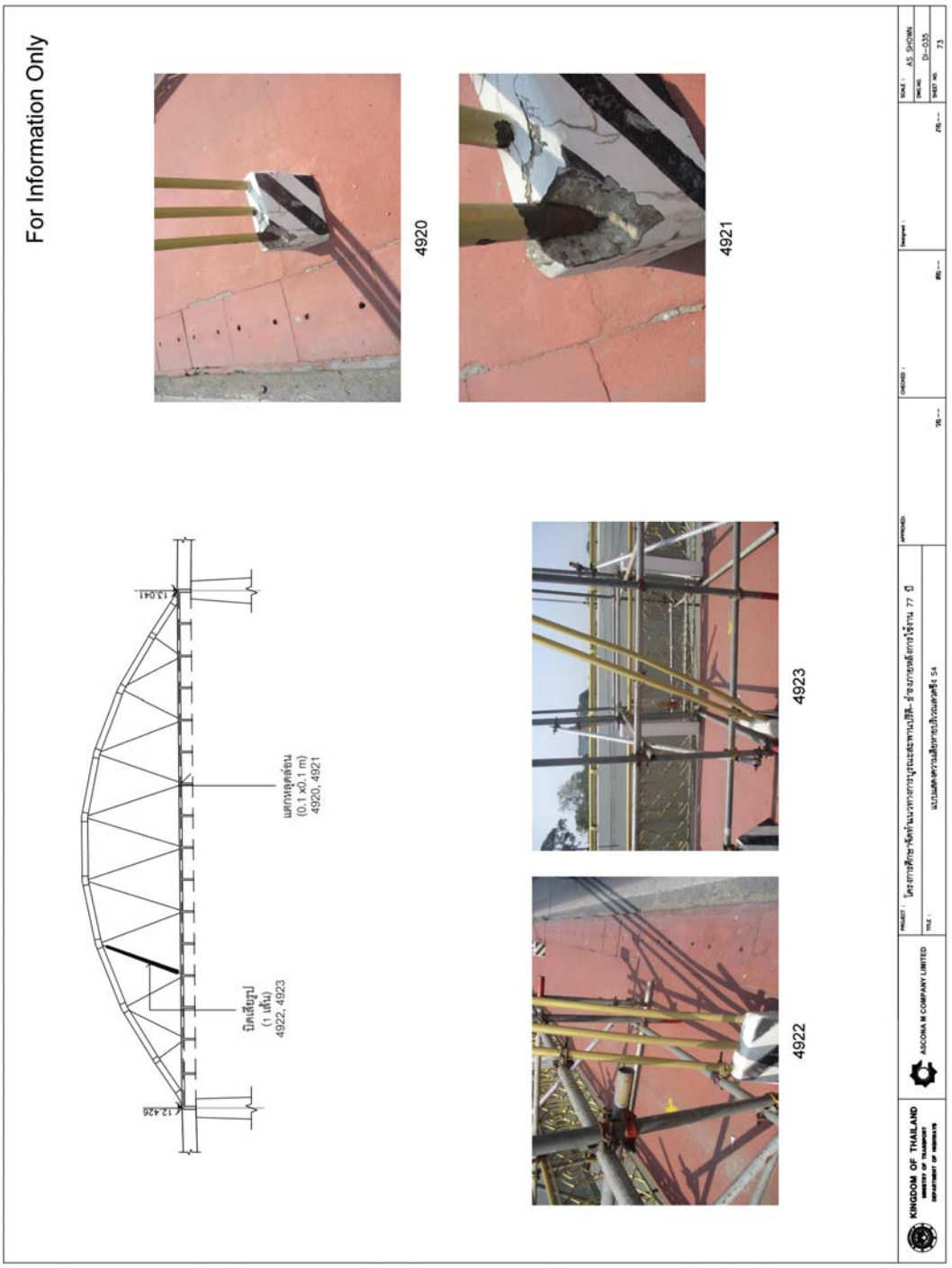
รูปที่ 3-7 ตัวอย่างแบบแสดงความเสียหายของ Pier 6 (P6)



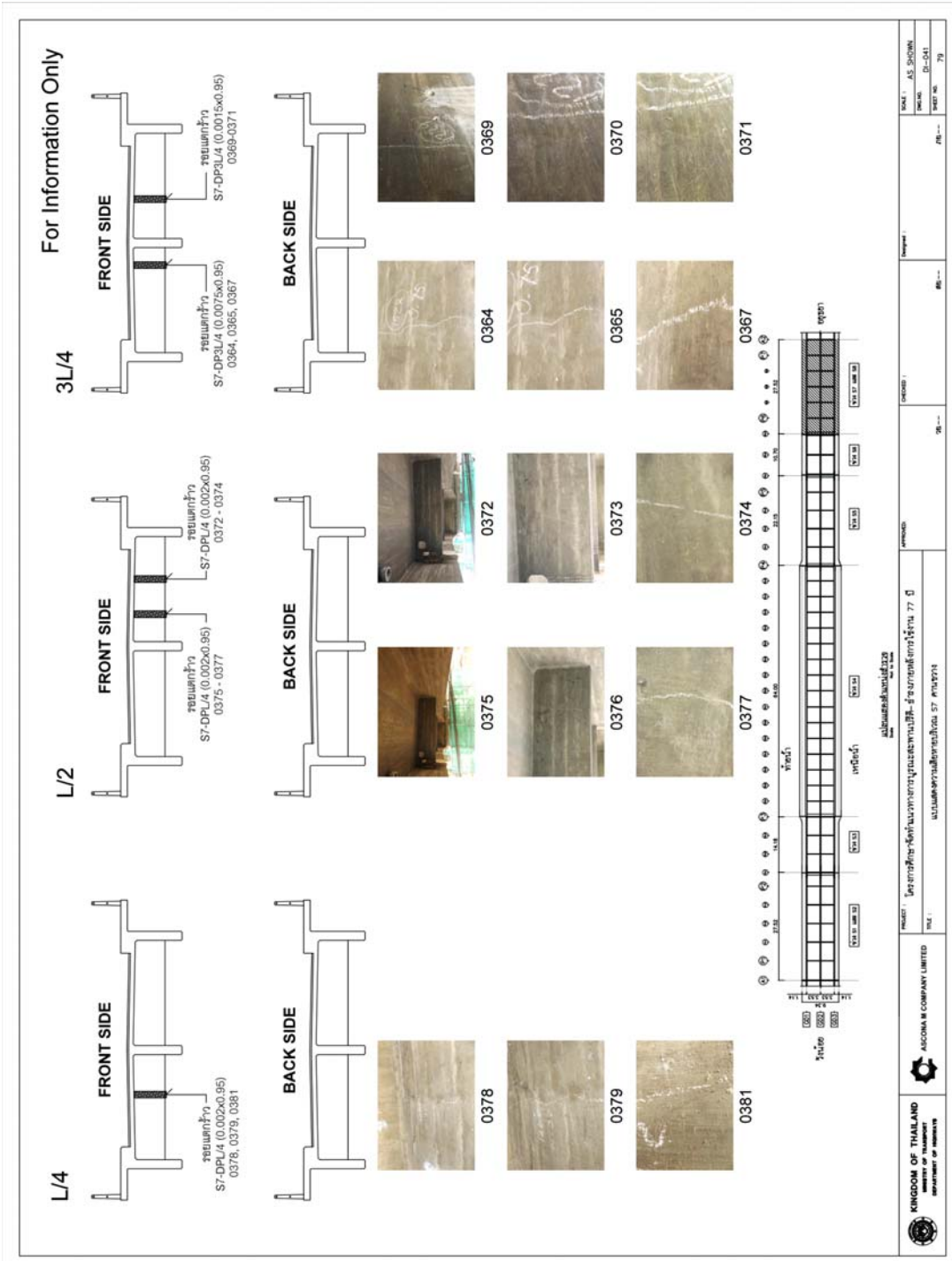
รูปที่ 3-8 ตัวอย่างแบบแสดงความเสียหายของ Pier 4 (P4)



รูปที่ 3-9 ตัวอย่างแบบแสดงความเสียหายของโครงสร้างคานโค้งใน Span 4 (S4)



รูปที่ 3-10 ตัวอย่างแบบแสดงความเสียหายของลวดขึงใน Span 4 (S4)



รูปที่ 3-11 ตัวอย่างแบบแสดงความเสียหายของคานรองพื้นสะพานใน Span 7 (S7)

[3.2] สรุปภาพรวมผลการตรวจสอบสะพาน

1. ผิวทาง (Wearing Surface, WS) : โดยทั่วไปผิวทางยังอยู่ในสภาพดี ยกเว้นที่ตำแหน่งรอยต่อเผื่อขยาย ตรวจพบรอยแตก
2. รอยต่อเผื่อขยาย (Expansion Joint, EJ) : มีความเสียหายรวม 8 ตำแหน่ง กระจายอยู่เกือบทุกรอยต่อสะพาน (EJ1-EJ9) ความเสียหายทั้งหมดเป็นรอยแตกจากการยืดหดตัวของอุณหภูมิที่ตำแหน่งรอยต่อเผื่อขยาย รอยแตกมีขนาดเล็กถึงปานกลาง แต่ในบางตำแหน่ง รอยแตกเริ่มกะเทาะ ซึ่งจะกลายเป็นหลุมบ่อได้ในอนาคต ซึ่งจะให้เกิดแรงกระแทกบริเวณรอยต่อ ควรปรับปรุงผิวทางใหม่ โดยผิวทางในช่วงเชิงลาดสะพาน (Approach Span) ซึ่งมีความยาวแต่ละช่วงไม่มาก (ประมาณ 11.1-22.6 เมตร) การยืดหดตัวของสะพานเนื่องจากอุณหภูมิไม่สูงมากนัก อาจใช้วิธีขูดไสผิวทางเก่าออกไป ปูแผ่นใยสังเคราะห์ที่ใช้ป้องกันรอยแตกสะท้อน (Reflective Cracking) ที่บริเวณรอยต่อ แล้วจึงปูผิวทางใหม่ทับ ส่วนช่วงสะพานโค้ง (Arch Span) ซึ่งมีความยาว 63.5 เมตร การยืดหดตัวของสะพานเนื่องจากอุณหภูมิเกิดได้ค่อนข้างมาก ควรพิจารณาติดตั้งรอยต่อเผื่อขยายที่รองรับการยืดหดตัวระดับปานกลาง เพื่อป้องกันมิให้เกิดรอยแตกและต้องซ่อมผิวทางบ่อยครั้ง
3. ราวสะพาน (Railing, RL) : ไม่พบความเสียหาย บางจุดมีความเสียหายแต่ได้รับการซ่อมบำรุงแล้ว
4. ทางเท้า (Sidewalk, SW) : พบความเสียหาย กระจายอยู่ในทุกช่วงสะพาน (S1-S8) โดยความเสียหายส่วนใหญ่เป็นการเสื่อมสภาพทั่วไป เช่น รอยแตกขนาดเล็กถึงปานกลาง ผิวคอนกรีตสึกกร่อน ขอบทางบิ่นเล็กน้อย ส่วนความเสียหายที่สำคัญมีเพียง 1 ตำแหน่ง คือ ฝาปิดบนทางเท้าแตกหักหรือสูญหาย ซึ่งเกิดขึ้นในช่วงสะพานที่ S1 ควรซ่อมเปลี่ยนฝาปิด เพื่อให้ผิวทางเท้าสามารถใช้งานได้ตามปกติ
5. ระบบระบายน้ำ (Drainage, DN) ไม่พบความเสียหาย ไม่มีสิ่งอุดตัน การระบายน้ำเป็นปกติ
6. พื้นสะพาน (Deck, DK) : พบความเสียหาย กระจายอยู่เกือบทุกช่วงสะพาน (S1-S2, S4-S8) ความเสียหายเกือบทั้งหมด คือ คอนกรีตหลุดล่อนเห็นเหล็กเสริมเล็กน้อย มีบางตำแหน่งที่เกิดรอยร้าว (เคยมีการซ่อมแซมมาก่อน แต่ปัจจุบันเริ่มมีความเสียหาย) การที่คอนกรีตหลุดล่อนจนเห็นเหล็กเสริม เกิดจากพื้นสะพานแอ่นตัว ทำให้ผิวด้านล่างรับแรงดึงและเกิดรอยร้าว ความชื้นสามารถผ่านเข้าไป ทำให้เหล็กเสริมเป็นสนิม เมื่อสนิมมีปริมาตรมากขึ้น จะบวมและดันคอนกรีตให้แตกและหลุดล่อน การที่พื้นสะพานคอนกรีตมีการหลุดล่อนจนเห็นเหล็กเสริมเกือบทุกช่วงสะพาน บ่งบอกว่าพื้นสะพานเสื่อมสภาพค่อนข้างมากแล้ว สะพานปรีดี-ธำรงผ่านการใช้งานมานานถึง 77 ปี ควรรื้อพื้นสะพานและก่อสร้างใหม่ หรือเสริมกำลังเพื่อให้พื้นสะพานสามารถรองรับน้ำหนักบรรทุกได้สูงขึ้น มีอายุการใช้งานนานขึ้น ไม่จำเป็นต้องซ่อมบ่อยครั้ง

7. คานตามยาว (Girder, GD) : พบความเสียหายกระจายอยู่ในหลายช่วงสะพาน (S1, S2, S6 และ S7) ความเสียหายส่วนใหญ่ คือคอนกรีตหลุดล่อนเห็นเหล็กเสริม ที่เหลือเป็นรอยแตกร้าว มีการซ่อมแซมแล้วในบางจุด ความเสียหายที่หลุดล่อนจนเห็นเหล็กเสริม ควรซ่อมแซมเพื่อป้องกันการลดลงของหน้าตัดเหล็กเสริม ซึ่งจะทำให้กำลังของคานตามยาวลดลง ส่วนรอยแตกดัด (Flexural Crack) หลายเส้นขนานกัน รอยแตกเริ่มจากท้องคานด้านล่างลามไปจนถึงพื้นสะพานด้านบน บ่งบอกถึงความสามารถการรับแรงดัดของคานตามยาวที่ไม่เพียงพอ ปัจจุบันมีการอุดรอยแตกด้วยอีพอกซี ซึ่งสามารถช่วยป้องกันความชื้นและชะลอการเกิดสนิมได้ แต่ไม่สามารถช่วยเพิ่มความสามารถการรับน้ำหนักได้ ดังนั้นคานตามยาวของช่วงสะพานโค้ง (Arch Span) ควรได้รับการเสริมกำลังให้สามารถรองรับการจราจรได้สูงขึ้น (สูงกว่ามาตรฐานการออกแบบเมื่อ 77 ปีที่แล้ว)

8. คานรองพื้นสะพาน (Floor Beam, FB) : พบความเสียหาย กระจายอยู่ในหลายช่วงสะพาน ความเสียหายทั้งหมดเป็นเพียงรอยแตกร้าว ควรซ่อมแซมด้วยการอุดรอยแตกด้วยอีพอกซี ซึ่งสามารถช่วยป้องกันความชื้นและชะลอการเกิดสนิมได้
9. คานซอย (Stringer, ST) : ไม่พบความเสียหาย
10. ลวดขึง (Steel Rod, SR) : พบความเสีย 2 ตำแหน่ง เป็นความเสียหายบิดเสียรูปของลวดขึง และแตกหลุดล่อนของฐานฝังลวดขึง ควรซ่อมแซมให้มีสภาพเดิม
11. คานโค้ง (Arch Girder, AG) : ไม่พบความเสียหาย
12. ค้ำยันแนวนอน (Horizontal Bracing, HB) : พบความเสียหายหลุดล่อนเห็นเหล็กเส้น 1 ตำแหน่ง ควรซ่อมแซมเพื่อป้องกันการลดลงของหน้าตัดเหล็กเสริม
13. ตอม่อตับริม (Abutment, A) : พบความเสียหายทั้ง 2 ฝั่ง ความเสียหายมีตั้งแต่แตกร้าวไปถึง หลุดล่อนเห็นเหล็กเสริม และมีการทรุดตัวพังทลายของหูช้าง ความเสียหายที่หลุดล่อนจนเห็นเหล็กเสริม ควรซ่อมแซมเพื่อป้องกันการลดลงของหน้าตัดเหล็กเสริม การพังทลายของหูช้างควรทำการรื้อเพื่อก่อสร้างใหม่
14. ลาดป้องกันตลิ่ง (Slop Protection, SP) : พบความเสียหายทั้ง 2 ฝั่ง ความเสียหายทั้งหมดเป็นการแตกชำรุด ควรซ่อมแซมตามรอบการซ่อมบำรุง
15. อุปกรณ์รองคาน (Bearing, BR) : พบความเสียหาย กระจายอยู่เกือบทุกตอม่อ ประมาณครึ่งหนึ่งเป็นการเสื่อมสภาพทั่วไป เช่น มีเศษวัสดุเกาะอุปกรณ์รองรับคาน แผ่นยางมีรอยปูดนูนหรือเฉือนเสียรูปมากผิดปกติ อีกประมาณครึ่งหนึ่งมีลักษณะชำรุด เช่น แผ่นยางมีรอยปริแตก ฐานรองคานมีรอยแตกขนาดเล็ก อุปกรณ์เป็นสนิมเต็มพื้นที่ไม่สามารถเคลื่อนไหวได้อย่างอิสระมีเพียงบางส่วน ที่แผ่นยางฉีกขาด/บิดเบี้ยว/เสียรูปมาก อย่างไรก็ตามสมควรเปลี่ยนอุปกรณ์รอง

คานทุกตำแหน่งในสะพาน เพื่อให้อุปกรณ์รองคานทุกชิ้นมีสภาพสมบูรณ์ สามารถใช้งานได้ยาวนาน

16. กำแพงตอม่อ (Pier Wall, PW) : พบความเสียหาย 2 ตำแหน่ง อยู่ทั้ง 2 ตอม่อ (P3 และ P4) เป็นความเสียคอนกรีตหลุดหล่นเห็นเหล็กเสริม แต่เมื่อเทียบกับกำแพงตอม่อที่มีขนาดใหญ่มาก จึงไม่น่าจะส่งผลกระทบต่อความสามารถการรับน้ำหนักมากนัก อย่างไรก็ตามควรซ่อมทุกความเสียหายที่คอนกรีตหลุดล่อนจนมองเห็นเหล็กเสริม
17. เสาตอม่อ (Pier, PR) พบความเสียหาย 5 ตำแหน่ง ความเสียหายคอนกรีตหลุดล่อนไม่เห็นเหล็กเสริม 3 ตำแหน่ง และคอนกรีตหลุดล่อนเห็นเหล็กเสริม 2 ตำแหน่ง เนื่องจากเสาตอม่อเป็นชิ้นส่วนโครงสร้างที่มีหน้ารับแรง จึงควรซ่อมทุกความเสียหายที่คอนกรีตหลุดล่อนจนมองเห็นเหล็กเสริม

ในแต่ละบริเวณของสะพานปรีดี-ธำรงมีการเสื่อมสภาพและปริมาณชำรุดที่ค่อนข้างมาก พบคอนกรีตหลุดล่อนมองเห็นเหล็กเสริมในหลาย ๆ บริเวณที่เป็น พื้นสะพาน และคานตามยาว บ่งบอกถึงระดับสนิมในเหล็กเสริมที่เกิดขึ้นค่อนข้างมากแล้ว ผิวคอนกรีตที่หุ้มเหล็กเสริมเลยแตกและหลุดล่อนออกมาก นอกจากนี้ คานตามยาว (Girder) ในช่วงสะพานโค้ง (Arch Span) มีรอยแตกดัดหลายเส้นขนานกันจากท้องคานถึงพื้นสะพาน บ่งบอกว่าช่วงสะพานโค้งไม่สามารถรับแรงดัดจากน้ำหนักบรรทุกจรได้เพียงพอ ควรได้รับการเสริมกำลัง ส่วนบริเวณตอม่อกลางน้ำ (Pier) มีการเสื่อมสภาพหลายตำแหน่ง แต่ยังไม่รุนแรงมากนัก

บทที่ 4 การสำรวจสภาพใต้น้ำ

การตรวจสอบสะพานโดยทั่วไปนั้น มักจะตรวจสอบเฉพาะชิ้นส่วนโครงสร้างที่อยู่เหนือน้ำเท่านั้น ทั้งนี้เนื่องจากสามารถมองเห็นได้และสามารถเข้าถึงได้ ส่วนโครงสร้างที่อยู่ใต้น้ำจะมีการตรวจสอบน้อยมาก เนื่องจากเข้าถึงได้ยาก ในอดีตการตรวจสอบโครงสร้างที่อยู่ใต้น้ำ มักใช้นักประดาน้ำดำลงไปดูสภาพของโครงสร้างใต้น้ำ นักประดาน้ำที่ลงไปตรวจสอบสภาพโครงสร้างแทนวิศวกรนั้นอาจไม่มีความรู้ด้านวิศวกรรมโครงสร้างสะพาน แต่จะใช้วิธีการถ่ายภาพใต้น้ำและบรรยายลักษณะที่เห็นด้วยตาให้วิศวกรทราบ ในกรณีที่น้ำมีสภาพขุ่น การถ่ายภาพใต้น้ำก็ไม่สามารถกระทำได้ อีกทั้งการตรวจสอบโครงสร้างตอม่อใต้น้ำที่มีกระแสน้ำไหลวนหรือไหลแรง ก็อาจเป็นอันตรายต่อนักประดาน้ำได้

เพื่อแก้ไขปัญหาการตรวจสอบโครงสร้างใต้น้ำในอดีต โครงการนี้จึงได้เลือกใช้วิธีการสแกนสภาพใต้น้ำด้วยเครื่องมือ Sonar ซึ่งสามารถแสดงภาพใต้น้ำได้เสมือนจริง สามารถใช้ได้กับสภาพน้ำหลากหลายลักษณะ เช่น น้ำขุ่น น้ำใส น้ำลึก น้ำตื้น น้ำทะเล แม่น้ำ ลำคลอง เครื่องมือมีขนาดเล็กสามารถขนย้ายได้สะดวก ติดตั้งง่าย นอกจากงานตรวจสอบโครงสร้างใต้น้ำแล้ว ยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้กับงานหลายลักษณะ เช่น การตรวจสอบความลึกของร่องน้ำ การตรวจสอบและรักษาความปลอดภัยของท่าเรือ การค้นหาเป้าหมายใต้น้ำ เป็นต้น

ความสามารถของเครื่อง Sonar Scan และประโยชน์ที่ได้รับจากการสำรวจโครงสร้างใต้น้ำมีดังนี้

- รัศมีการสแกนได้สูงสุด 200 เมตร
- สามารถสแกนได้แม้ในสภาพน้ำขุ่นที่นักประดาน้ำมองไม่เห็นอะไรเลย
- สามารถนำภาพที่สแกนมาช่วยวางแผนการซ่อมบำรุงโครงสร้างใต้น้ำได้
- สามารถค้นหาเป้าหมายใต้น้ำที่ต้องการได้อย่างรวดเร็ว
- หากต้องการสำรวจรายละเอียดเพิ่มเติม การทราบตำแหน่งเป้าหมายที่แน่ชัดจะช่วยนำทางให้นักประดาน้ำไปสู่เป้าหมายได้สะดวกขึ้น
- ข้อมูลสภาพใต้น้ำและโครงสร้างใต้น้ำช่วยเพิ่มความปลอดภัยแก่นักประดาน้ำ

[4.1] การสำรวจสภาพโครงสร้างใต้น้ำ

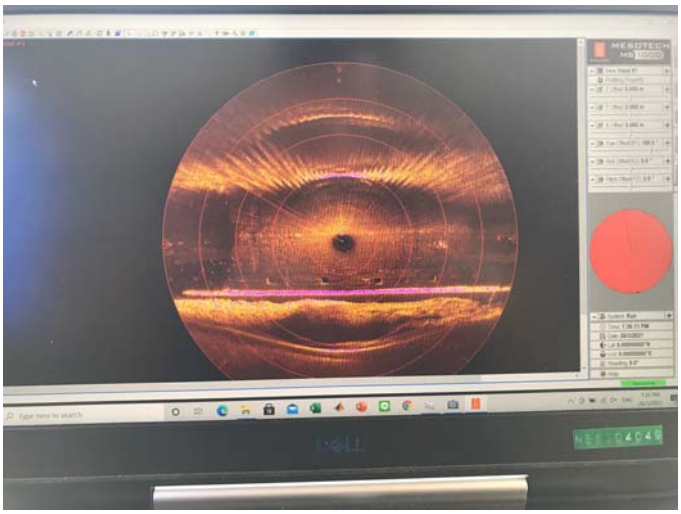
โครงการนี้ใช้อุปกรณ์ Sonar Scan KONGSBERG รุ่น MS1000 Profiler ในการสำรวจโครงสร้างใต้น้ำของสะพานปรีดี-ธำรง จำนวน 2 ตอม่อ ตั้งแต่ระดับผิวน้ำลงไป โดยผลของการสำรวจจะได้ภาพที่แสดงลักษณะของโครงสร้างตอม่อใต้น้ำ สามารถนำผลการสำรวจไปใช้ประกอบการวิเคราะห์และประเมินความมั่นคงแข็งแรงของโครงสร้างสะพานได้ โดยการติดตั้งอุปกรณ์เพื่อใช้สำรวจมีรายละเอียดดังนี้

- ทำการประกอบอุปกรณ์ Tripod เพื่อใช้สำหรับติดตั้งอุปกรณ์ Sonar Scan
- ทำการติดตั้ง Rotator เข้ากับอุปกรณ์ Tripod จากนั้นทำการติดตั้งอุปกรณ์ Sonar Head เข้ากับ Rotator
- เชื่อมต่ออุปกรณ์ Rotator เข้ากับ MS1000 Rotator Interface และอุปกรณ์ Sonar Head เข้ากับ MS1000SP Interface ด้วยสาย Kevlar Operation's Cable
- เชื่อมต่ออุปกรณ์ Interface เข้ากับ Notebook ด้วยสาย USB Cable
- นำชุดอุปกรณ์ Sonar Scan ลงน้ำตามตำแหน่งที่ต้องการสำรวจ
- ใช้ Software MS1000 Standard Edition ในการควบคุมการทำงานอุปกรณ์ Sonar Scan เพื่อทำการสำรวจโครงสร้างใต้น้ำ

รูปที่ 4-1 การตั้ง Sonar Scan สำรวจตอม่อ

รูปที่ 4-2 การประกอบอุปกรณ์ Tripod สำรวจร่องน้ำ

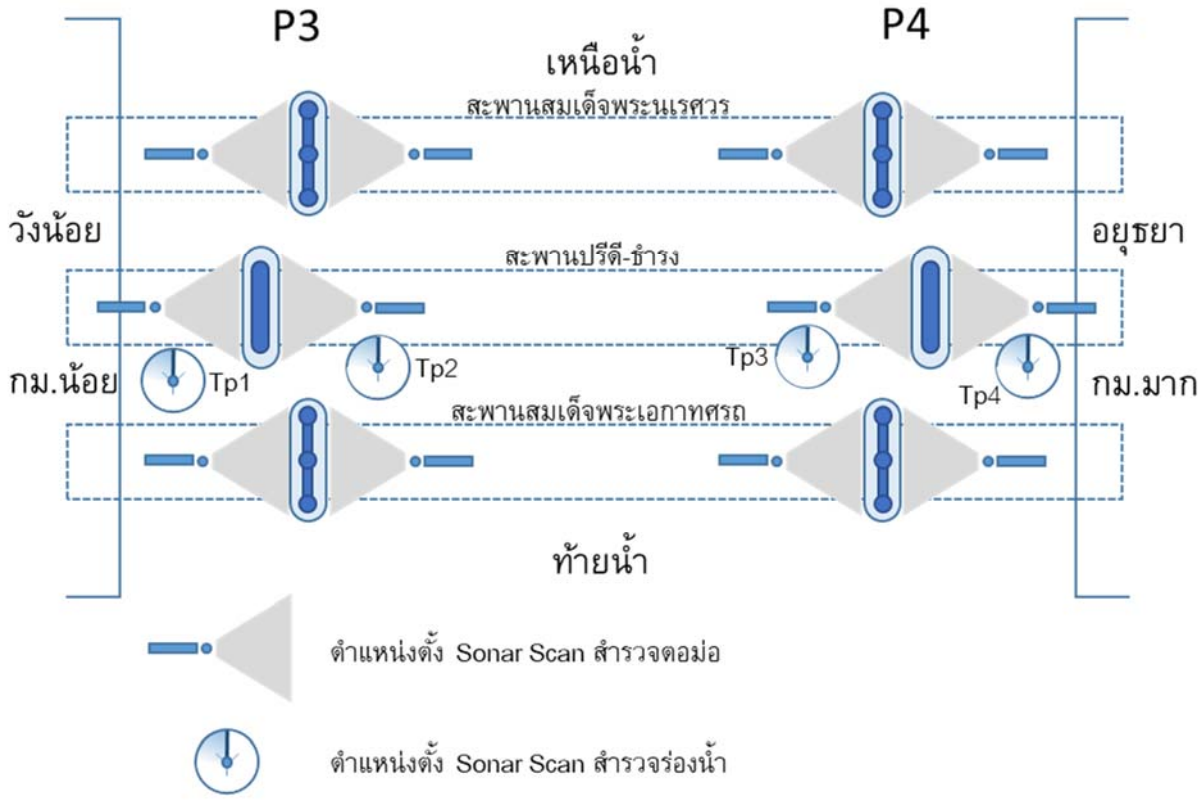
รูปที่ 4-3 การตั้ง Sonar Scan ที่ประกอบอุปกรณ์ Tripod สำรวจร่องน้ำ



รูปที่ 4-4 Software MS1000 Standard Edition ในการควบคุมการทำงานอุปกรณ์ Sonar Scan

[4.2] ผลการสำรวจโครงสร้างใต้น้ำ

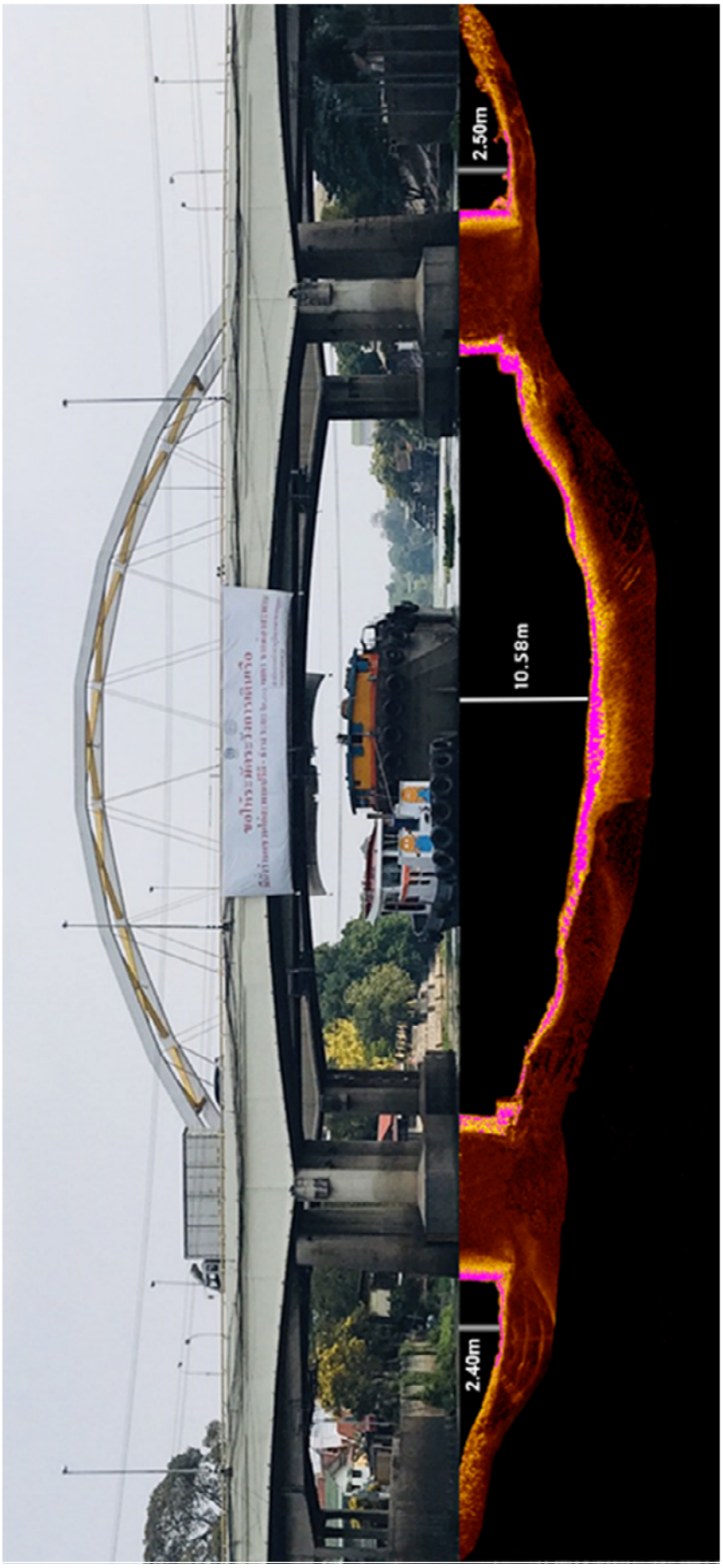
การสำรวจโครงสร้างใต้น้ำของสะพานปรีดี-ธำรง ได้เลือกกระทำที่ตอม่อ P3 และ P4 และการสำรวจสภาพร่องน้ำได้กระทำในช่วงสะพานที่ 3, 4 และ 5 โดยได้หย่อนเครื่อง Sonar Scan ลงไปติดตั้งที่ตำแหน่ง Tp1 ถึง Tp4 นอกจากนี้ยังได้สำรวจสภาพโครงสร้างใต้น้ำของสะพานสมเด็จพระนเรศวรและสะพานสมเด็จพระเอกาทศรถเพิ่มเติม โดยตำแหน่งการสำรวจแสดงดังรูปที่ 4-5 และมีผลการสำรวจดังนี้



รูปที่ 4-5 ตำแหน่งการสำรวจโครงสร้างใต้น้ำ

1) สภาพร่องน้ำสะพานปรีดี-ธำรง

จากผลการสำรวจสภาพร่องน้ำบริเวณสะพานปรีดี-ธำรง ด้วยชุดอุปกรณ์ Sonar Scan ดังแสดงในรูปที่ 4-6 พบว่า ร่องน้ำช่วง Span 3 และ Span 5 มีความลึกจากระดับน้ำประมาณ 2.40 – 2.50 เมตร และสำหรับร่องน้ำช่วง Span 4 มีความลึกจากระดับน้ำประมาณ 10.58 เมตร



รูปที่ 4-6 ผลการสำรวจระดับร่องน้ำสะพานปรีดี-ธำรง

2) สภาพโครงสร้างใต้น้ำตอม่อ P3 สะพานปรีดี-ธำรง

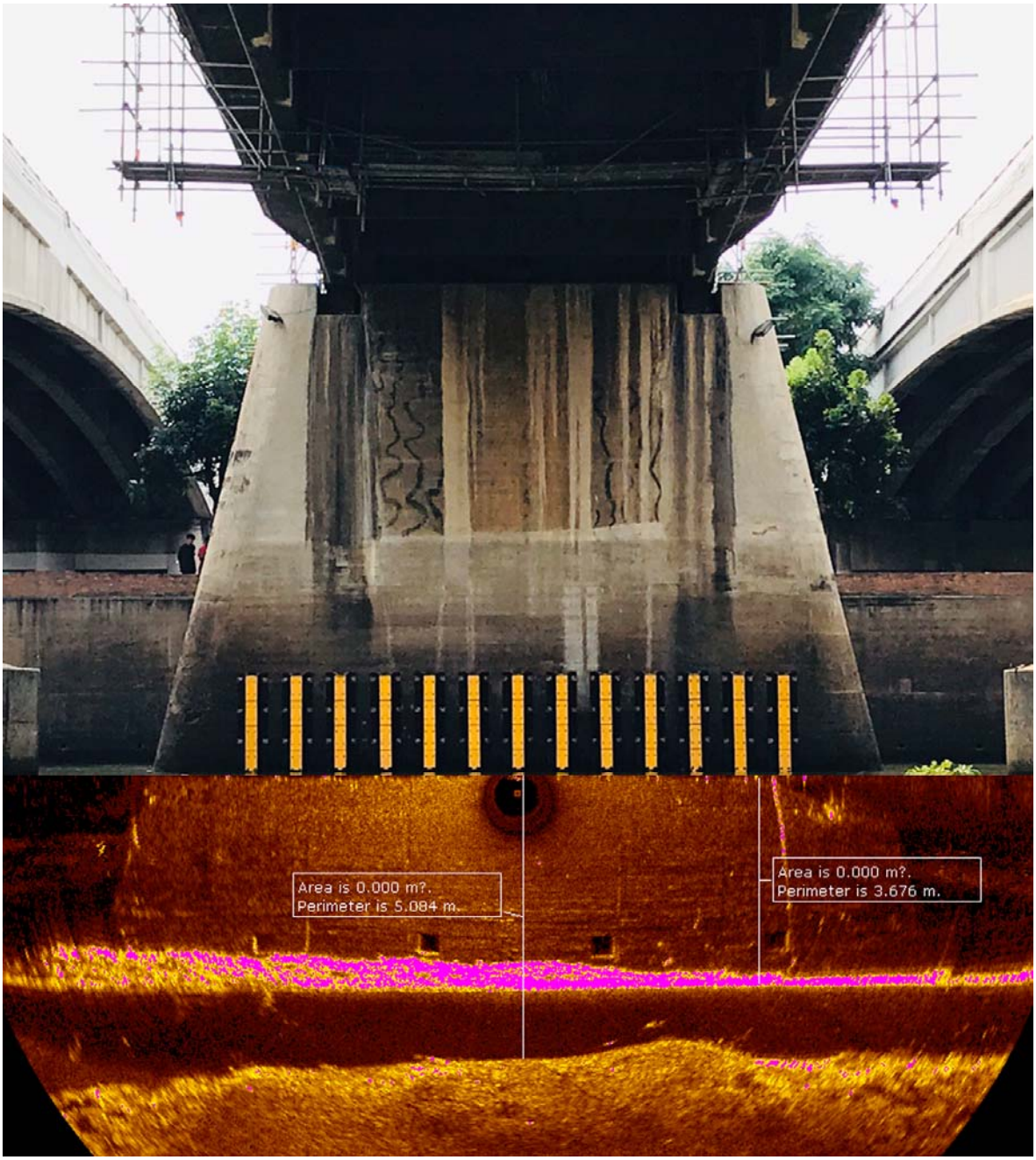
จากการสำรวจสภาพโครงสร้างใต้น้ำของตอม่อ P3 สะพานปรีดี-ธำรง พบว่า ระดับหลังฐานรากถึงระดับน้ำมีความลึกประมาณ 3.17 – 3.25 เมตร และระดับดินถึงระดับน้ำด้านวังน้อย (กม.น้อย) วัดได้ 3.99 เมตร และด้านอยุธยา (กม.มาก) วัดได้ 5.82 เมตร ซึ่งตอม่อทั้งสองด้านยังไม่พบความเสียหายอย่างมีนัยสำคัญ

รูปที่ 4-7 ผลการสำรวจสภาพโครงสร้างใต้น้ำตอม่อ P3 สะพานปรีดี-ธำรง ด้าน วังน้อย

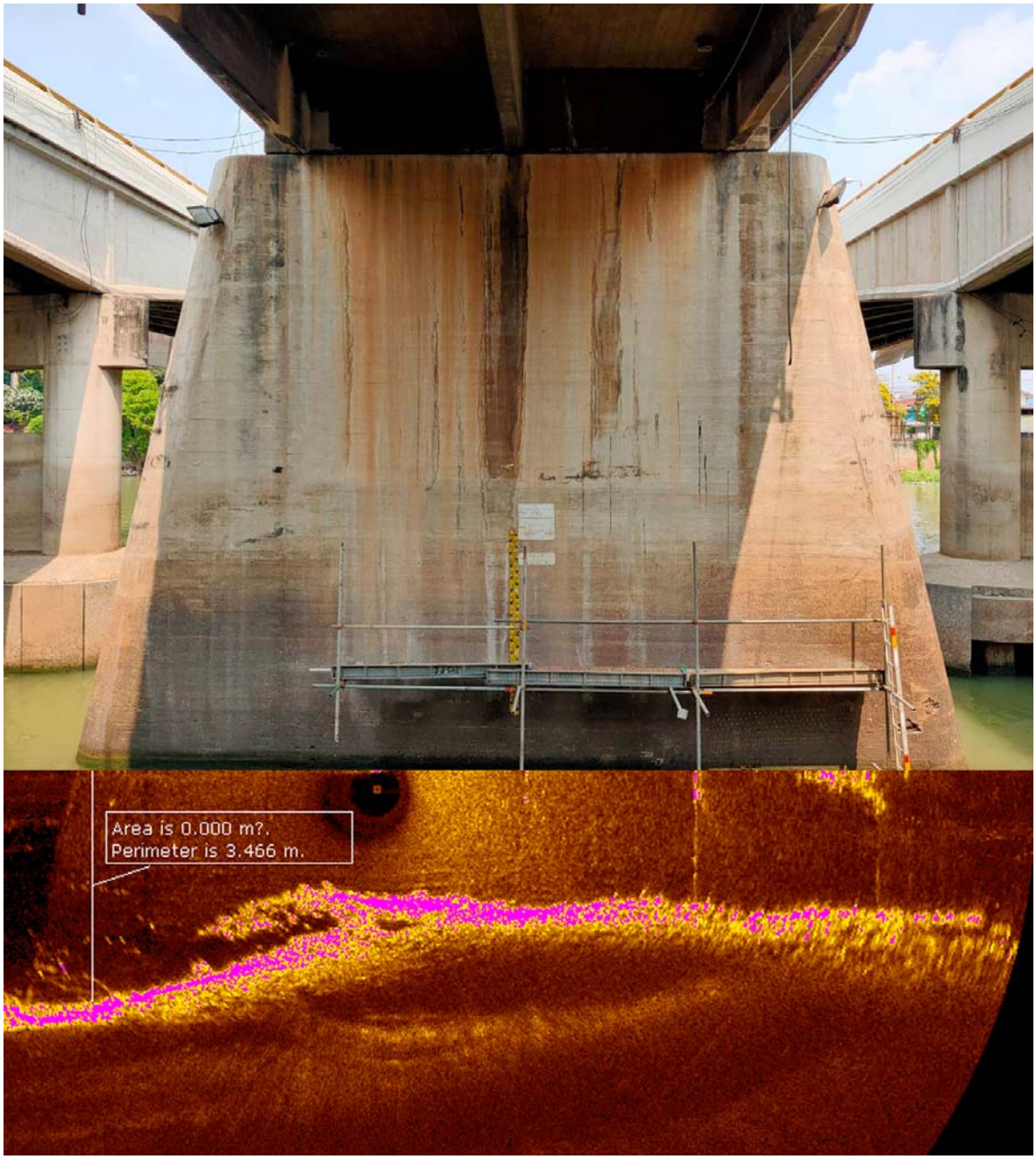
รูปที่ 4-8 ผลการสำรวจสภาพโครงสร้างใต้น้ำตอม่อ P3 สะพานปรีดี-ธำรง ด้าน อยุธยา

3) สภาพโครงสร้างใต้น้ำตอม่อ P4 สะพานปรีดี-ธำรง

จากการสำรวจสภาพโครงสร้างใต้น้ำของตอม่อ P4 สะพานปรีดี-ธำรง พบว่า ระดับหลังฐานรากถึงระดับน้ำมีความลึกประมาณ 3.67 เมตร และระดับดินถึงระดับน้ำด้านวังน้อย (กม.น้อย) วัดได้ 5.08 เมตร และด้านอยุธยา (กม.มาก) วัดได้ 3.46 เมตร ซึ่งตอม่อทั้งสองด้านยังไม่พบความเสียหายอย่างมีนัยสำคัญ



รูปที่ 4-9 ผลการสำรวจสภาพโครงสร้างใต้น้ำตอม่อ P4 สะพานปรีดี-ธำรง ด้าน วังน้อย



รูปที่ 4-10 ผลการสำรวจสภาพโครงสร้างใต้น้ำตอม่อ P4 สะพานปรีดี-ธำรง ด้าน อยุธยา

4) สภาพโครงสร้างใต้น้ำตอม่อ P3 สะพานสมเด็จพระนเรศวร

จากการสำรวจสภาพโครงสร้างใต้น้ำของตอม่อ P3 สะพานสมเด็จพระนเรศวร พบว่า ดินบริเวณรอบฐานรากตอม่อมีการกัดเซาะลึกประมาณ 3.48 – 6.43 เมตร จากระดับใต้ฐานราก ซึ่งการกัดเซาะอาจเกิดจากกระแสน้ำวนบริเวณตอม่อด้านท้ายน้ำ

รูปที่ 4-11 ผลการสำรวจสภาพโครงสร้างใต้น้ำตอม่อ P3 สะพานสมเด็จพระนเรศวร ด้าน วังน้อย

รูปที่ 4-12 ผลการสำรวจสภาพโครงสร้างใต้น้ำตอม่อ P3 สะพานสมเด็จพระนเรศวร ด้าน อยุธยา

5) สภาพโครงสร้างใต้น้ำตอม่อ P4 สะพานสมเด็จพระนเรศวร

จากการสำรวจสภาพโครงสร้างใต้น้ำของตอม่อ P4 สะพานสมเด็จพระนเรศวร พบว่า ดินบริเวณรอบฐานรากตอม่อมีการกัดเซาะลึกประมาณ 4.33 – 7.54 เมตร จากระดับใต้ฐานราก ซึ่งการกัดเซาะอาจเกิดจากกระแสน้ำวนบริเวณตอม่อด้านท้ายน้ำ

รูปที่ 4-13 ผลการสำรวจสภาพโครงสร้างใต้น้ำตอม่อ P4 สะพานสมเด็จพระนเรศวร ด้าน วังน้อย

รูปที่ 4-14 ผลการสำรวจสภาพโครงสร้างใต้น้ำตอม่อ P4 สะพานสมเด็จพระนเรศวร ด้าน อยุธยา

6) สภาพโครงสร้างใต้น้ำตอม่อ P3 สะพานสมเด็จพระเอกาทศรถ

จากการสำรวจสภาพโครงสร้างใต้น้ำของตอม่อ P3 สะพานสมเด็จพระเอกาทศรถ พบว่า ดินบริเวณรอบฐานรากตอม่อมีการกัดเซาะลึกประมาณ 4.31 – 5.84 เมตร จากระดับใต้ฐานราก ซึ่งการกัดเซาะอาจเกิดจากกระแสน้ำวนบริเวณตอม่อด้านเหนือน้ำ

รูปที่ 4-15 ผลการสำรวจสภาพโครงสร้างใต้น้ำตอม่อ P3 สะพานสมเด็จพระเอกาทศรถ ด้าน กม.น้อย

รูปที่ 4-16 ผลการสำรวจสภาพโครงสร้างใต้น้ำตอม่อ P3 สะพานสมเด็จพระเอกาทศรถ ด้าน อยุธยา

7) สภาพโครงสร้างใต้น้ำตอม่อ P4 สะพานสมเด็จพระเอกาทศรถ

จากการสำรวจสภาพโครงสร้างใต้น้ำของตอม่อ P4 สะพานสมเด็จพระเอกาทศรถ พบว่า ดินบริเวณรอบฐานรากตอม่อมีการกัดเซาะลึกประมาณ 4.24 – 5.19 เมตร จากระดับใต้ฐานราก ซึ่งการกัดเซาะอาจเกิดจากกระแสน้ำวนบริเวณตอม่อด้านเหนือน้ำ อีกทั้งยังพบวัตถุขัดบริเวณเสาเข็มด้านเหนือน้ำ

รูปที่ 4-17 ผลการสำรวจสภาพโครงสร้างใต้น้ำตอม่อ P4 สะพานสมเด็จพระเอกาทศรถ ด้าน วังน้อย

รูปที่ 4-18 ผลการสำรวจสภาพโครงสร้างใต้น้ำตอม่อ P4 สะพานสมเด็จพระเอกาทศรถ ด้าน อยุธยา

[4.3] สรุปผลการสำรวจ

การสำรวจโครงสร้างใต้น้ำของสะพานปรีดี-ธำรง ได้เลือกกระทำที่ตอม่อ P3 และ P4 และการสำรวจสภาพร่องน้ำได้กระทำในช่วงสะพานที่ 3, 4 และ 5 ผลการตรวจสอบตอม่อ P3 และ P4 พบว่ามีสภาพปกติ ไม่มีการกัดเซาะ ระดับความลึกร่องน้ำสูงสุดใต้ช่วงสะพานที่ 3, 4 และ 5 มีค่าประมาณ 2.45, 10.58 และ 2.45 เมตร ตามลำดับ นอกจากนี้ได้สำรวจเพิ่มเติมจากขอบเขตงาน (TOR) ให้กับตอม่อสะพานที่อยู่ข้างเคียงอีก 2 แห่ง ได้แก่ สะพานสมเด็จพระนเรศวรและสะพานสมเด็จพระเอกาทศรถ ซึ่ง

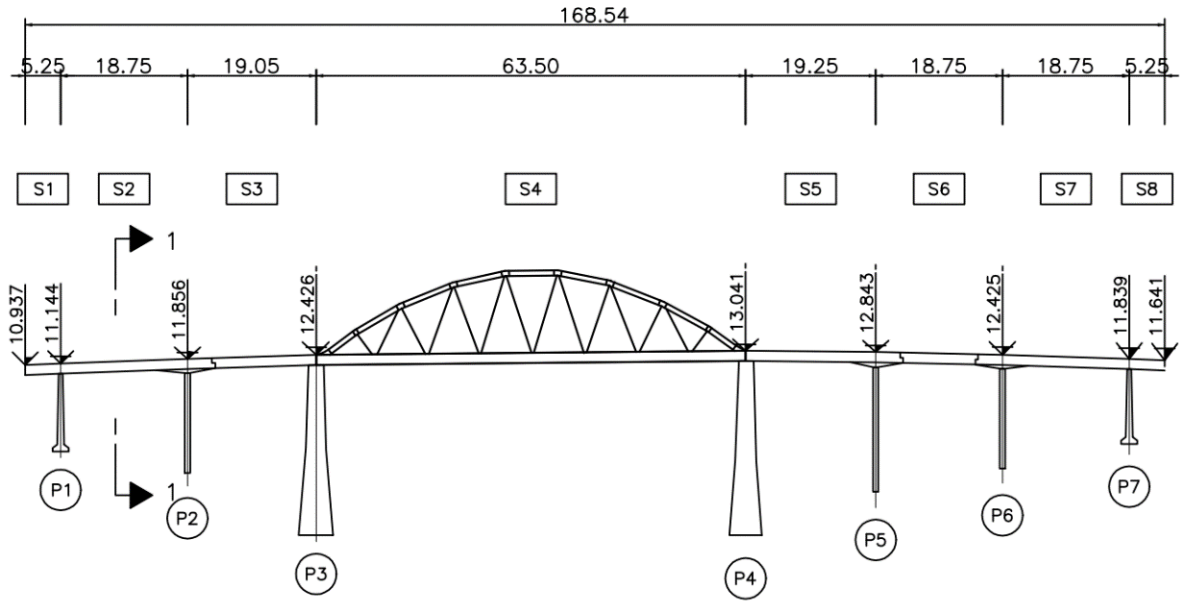
ผลการสำรวจพบว่า ดินบริเวณรอบฐานรากตอม่อ P3 และ P4 ของสะพานสมเด็จพระนเรศวร มีการกัดเซาะลึกประมาณ 3.48 – 7.54 เมตร จากระดับใต้ฐานราก ซึ่งอาจเกิดจากกระแสน้ำวนบริเวณตอม่อด้านท้ายน้ำ และดินบริเวณรอบฐานรากตอม่อ P3 และ P4 ของสะพานสมเด็จพระเอกาทศรถ มีการกัดเซาะลึกประมาณ 4.24 – 5.84 เมตร จากระดับใต้ฐานราก ซึ่งอาจเกิดจากกระแสน้ำวนบริเวณตอม่อด้านเหนือน้ำ

บทที่ 5 การสำรวจรายละเอียดเหล็กเสริม

การสำรวจรายละเอียดเหล็กเสริมของสะพานปรีดี-ธำรง ได้เลือกใช้เครื่องมือ Ferro Scan ควบคู่กับเครื่องมือ Ground Penetrating Radar (GPR) โดยเครื่องมือ Ferro Scan จะให้รายละเอียดเหล็กเสริมที่แม่นยำบริเวณใต้ผิวคอนกรีตระยะประมาณ 100 มม. ขณะที่เครื่องมือ Ground Penetrating Radar จะให้ข้อมูลเหล็กเสริมในบริเวณที่ลึกอยู่ลงไปได้ถึง 300 มม. แต่จะมีความแม่นยำต่ำกว่า ทั้งนี้เพื่อให้สามารถเก็บข้อมูลการสำรวจได้ครบถ้วนที่สุด โดยบริเวณที่จะสำรวจได้คัดเลือกชิ้นส่วนโครงสร้างสำคัญที่ใช้รับแรงในโครงสร้างสะพาน ดังนี้ เสาตอม่อ (Pier) คานหลัก (Girder) คานรองพื้นสะพาน (Floor beam) พื้นสะพาน (Deck) โดยแต่ละชิ้นส่วนจะเน้นสำรวจบริเวณที่มีคาดว่าจะมีแรงกระทำสูง และกระจายการสำรวจชิ้นส่วนโครงสร้างในทุกช่วงสะพาน (Span, S) ตั้งแต่ช่วง S1 ถึง S8 ข้อมูลรายละเอียดเหล็กเสริมที่ได้จากการสำรวจจะถูกนำไปใช้ประกอบการออกแบบบูรณะสะพานต่อไป

[5.1] รายละเอียดการสำรวจ

งานสำรวจในโครงการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อต้องการทราบรายละเอียด ตำแหน่ง ทิศทาง ระดับความลึก และขนาดของเหล็กเสริมของโครงสร้างสะพานทั้ง 8 ช่วงสะพาน ตั้งแต่ S1 ถึง S8 รูปที่ 5-1 แสดงลักษณะโครงสร้างสะพานปรีดี-ธำรง



รูปที่ 5-1 โครงสร้างสะพานปรีดี-ธำรง

[5.1.1] การสำรวจระยะคอนกรีตหุ้มเหล็กเสริมด้วยเครื่องมือ Ferro Scan

การสำรวจรายละเอียดเหล็กเสริมด้วยเครื่องมือ Ferro Scan เป็นการสำรวจเพื่อหาตำแหน่ง ขนาด และจำนวนเหล็กเสริม เฉพาะเหล็กเสริมชั้นนอกที่มีความลึกไม่เกิน 100 มม. จากผิวสำรวจของโครงสร้าง การสำรวจด้วยวิธีนี้เป็นการทดสอบแบบไม่ทำลาย (Non-Destructive Test) ซึ่งจะไม่ทำให้เกิดความเสียหายต่อโครงสร้างระหว่างการสำรวจ และสามารถดำเนินการได้อย่างสะดวกและรวดเร็ว

รูปที่ 5-2 เครื่องมือ Ferro Scan, HILTI PS200

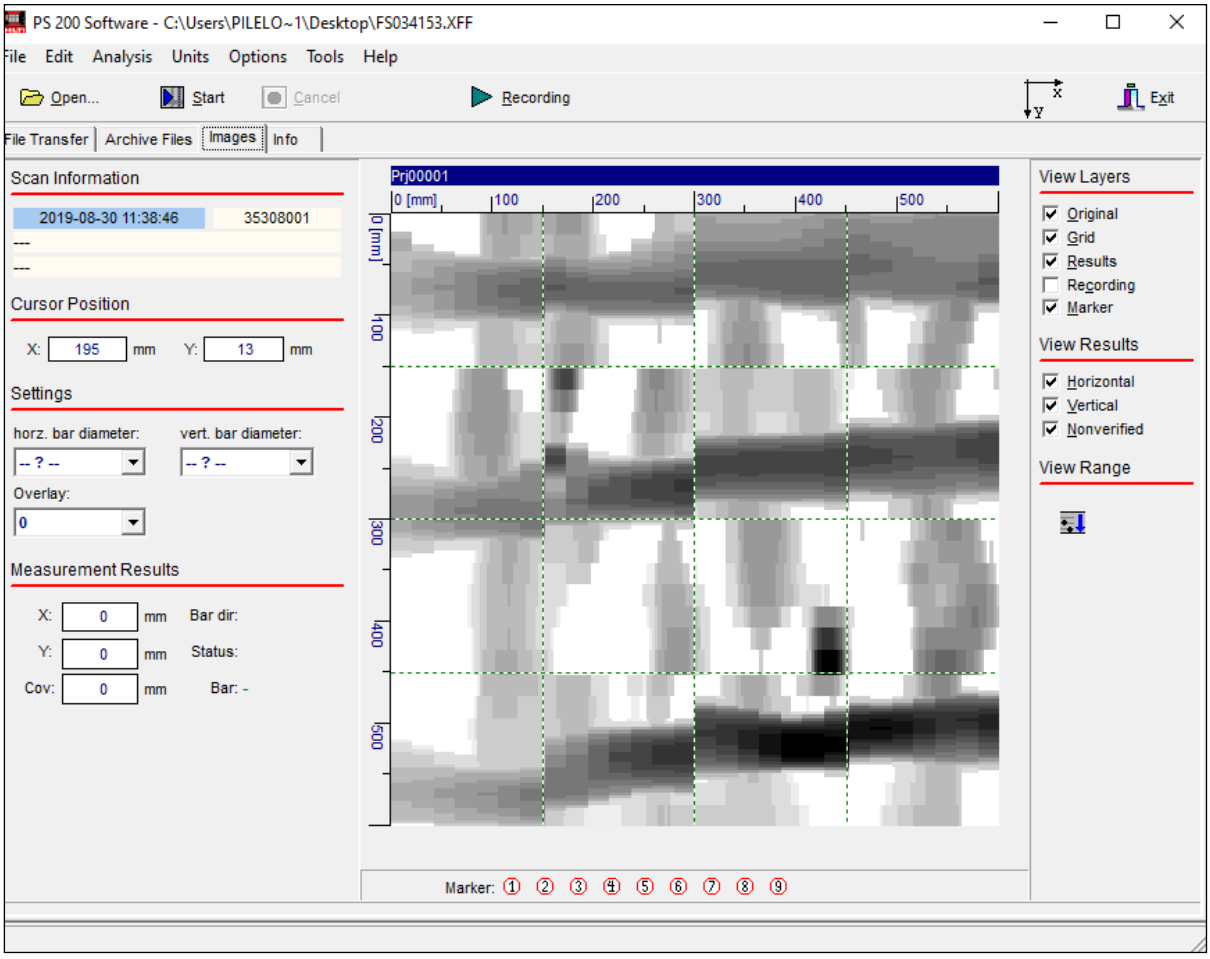
[5.1.2] ขั้นตอนการสำรวจ

1) ตรวจสอบสภาพพื้นผิวของชิ้นส่วนโครงสร้างที่ต้องการสำรวจ โดยพื้นผิวจะต้องค่อนข้างเรียบ เนื่องจากจะมีผลต่อสัญญาณคลื่นที่ใช้สแกน

2) เริ่มทำการลากเครื่องมือสำรวจสแกนในลักษณะเป็นตาราง (Grid) ในทิศทางแนวนอนและแนวดิ่งทุก ๆ ระยะ 0.15 เมตร จนกระทั่งครบตามพื้นที่สำรวจที่กำหนด

รูปที่ 5-3 ขั้นตอนลักษณะการสแกนโครงสร้างด้วยเครื่องมือ Ferro Scan

3) เมื่อทำการสแกนเรียบร้อยแล้ว เครื่องมือทดสอบจะแสดงผลเป็นภาพกราฟิกทางจอมอนิเตอร์ PS 200 Monitor ซึ่งประกอบด้วยตำแหน่ง การจัดเรียงตัว และจำนวนของเหล็กเสริม (เฉพาะเหล็กเสริมชั้นนอกเพียงชั้นเดียว) รวมถึงขนาดของเหล็กเสริม (ขึ้นอยู่กับระยะหุ้มของคอนกรีต)



รูปที่ 5-4 ผลการตรวจสอบจากเครื่องมือ Ferro Scan

โครงการนี้ได้สำรวจตำแหน่ง ขนาดเหล็กเสริม และระยะคอนกรีตหุ้มเหล็กเสริมด้วยวิธี Ferro Scan ที่ชิ้นส่วนโครงสร้างหลัก ประกอบด้วย เสาตอม่อ (Pier) คานหลัก (Girder) คานรองพื้นสะพาน (Floor beam) และพื้นสะพาน (Deck) ที่อยู่ระหว่างช่วงสะพาน S1 ถึง S8 รวมจำนวนทั้งสิ้น 33 ตำแหน่ง และสุ่มสกัดผิวคอนกรีตเพื่อตรวจวัดขนาดของเหล็กเสริมในแต่ละชนิดชิ้นส่วนโครงสร้างรวมทั้งสิ้น 10 ตำแหน่ง เพื่อยืนยันขนาดเหล็กเสริมภายในโครงสร้าง

[5.2] การสำรวจรายละเอียดเหล็กเสริม ด้วยเครื่องมือ Ground Penetrating Radar

การสำรวจด้วยเครื่องมือ Ground Penetrating Radar (GPR) เป็นการทดสอบเพื่อหารายละเอียดของวัสดุต่าง ๆ ทั้งที่เป็นโลหะ และวัสดุอื่น ๆ ด้วยวิธีการส่งคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในย่านความถี่วิทยุ (Radio Frequency) ประมาณ 0.2-4.0 GHz จากหัวส่ง เข้าสู่วัสดุตัวกลางที่ต้องการตรวจสอบ อาทิ คอนกรีต เป็นต้น และทำการรับสัญญาณ (Antenna) โดยเครื่องมือดังกล่าว สามารถใช้หาตำแหน่งเหล็กเสริม ระยะหุ้มของคอนกรีต รวมถึงความต่อเนื่องในเนื้อคอนกรีต เครื่องมือ GPR ที่ใช้ในโครงการนี้เป็นเครื่องมือรุ่น HILTI PS1000 เป็นเครื่องมือสำรวจหาตำแหน่งเหล็กเสริมในองค์อาคารคอนกรีตที่มีความหนาไม่เกิน 300 มม. ได้ เครื่องมือทดสอบนี้ไม่สามารถใช้ในการทดสอบในบริเวณพื้นที่มีความชื้นสูงหรือมีน้ำขังที่ผิวองค์อาคารได้

รูปที่ 5-5 ลักษณะเครื่องมือ Ground Penetrating Radar, HILTI PS1000

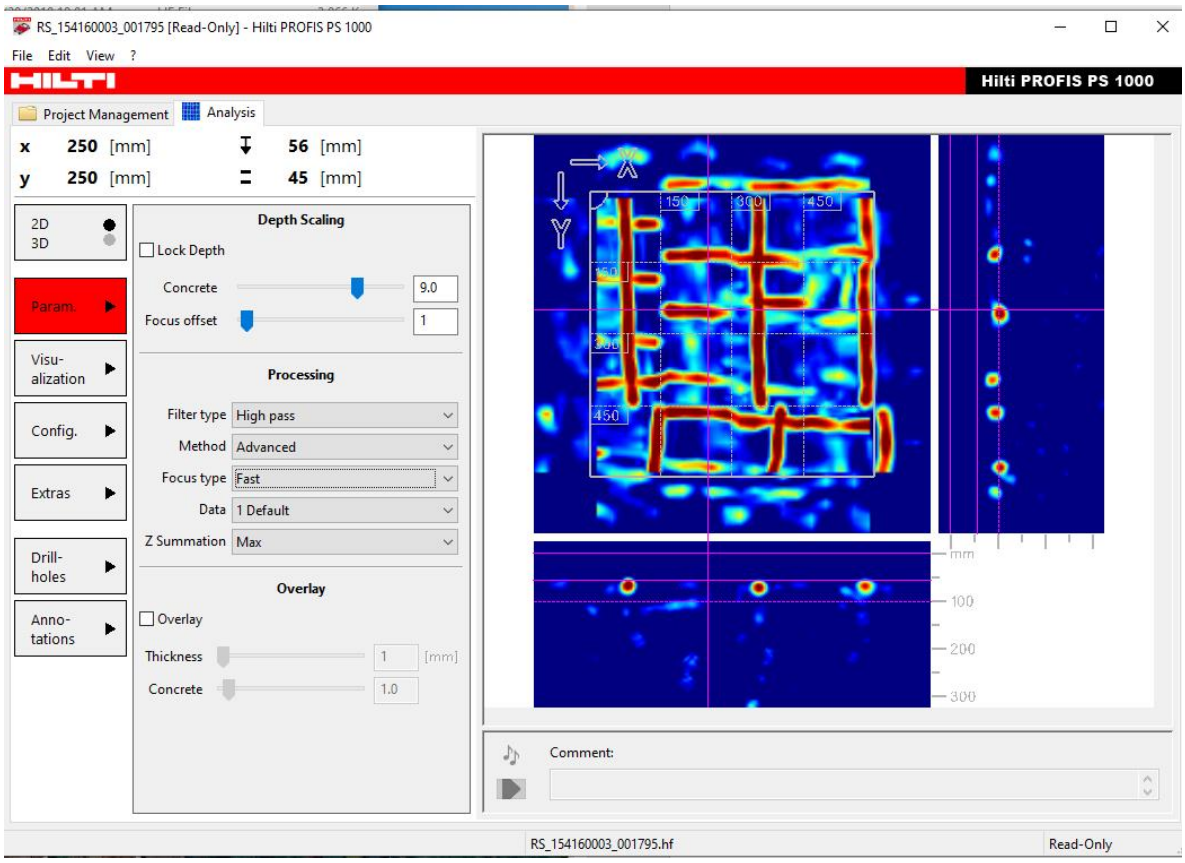
[5.2.1] ขั้นตอนการสำรวจด้วยเครื่องมือ HILTI PS1000

1) ตรวจสอบสภาพพื้นผิวขององค์อาคารที่ต้องทำการสำรวจ โดยพื้นผิวต้องค่อนข้างเรียบ เนื่องจากจะมีผลต่อสัญญาณคลื่นที่ใช้สแกน

2) เริ่มทำการลากเครื่องมือสำรวจสแกนในลักษณะเป็นตาราง (Grid) ในทิศทางแนวนอนและแนวดิ่งทุกระยะ 0.15 เมตร จนกระทั่งครบตามพื้นที่สำรวจที่กำหนด

รูปที่ 5-6 ขั้นตอนลักษณะการสแกนในโครงสร้างด้วยเครื่องมือ Ground Penetrating Radar

3) เมื่อทำการสแกนเรียบร้อยเครื่องมือทดสอบจะแสดงผลเป็นภาพกราฟิกทางจอมอนิเตอร์บนเครื่องมือ ซึ่งจะประกอบด้วยตำแหน่ง การจัดเรียงตัว และจำนวนของเหล็กเสริมเฉพาะที่มีความลึกในระยะ 300 มม.



รูปที่ 5-7 ผลการตรวจสอบที่ได้จากเครื่องมือ Ground Penetrating Radar

โครงการนี้ได้สำรวจตำแหน่งและรายละเอียดเหล็กเสริมของชิ้นส่วนโครงสร้างที่สำคัญ ประกอบด้วย เสาตอม่อ (Pier) คานหลัก (Girder) คานรองพื้นสะพาน (Floor Beam) และพื้นสะพาน (Deck) ที่อยู่ในช่วงสะพาน S1 ถึง S8 รวมจำนวนทั้งสิ้น 124 ตำแหน่ง ประกอบด้วย เสาตอม่อ (Pier) คานหลัก (Girder) คานรองพื้นสะพาน (Floor Beam) และพื้นสะพาน (Deck) ที่อยู่ในช่วงสะพาน S1 ถึง S8 รวมจำนวนทั้งสิ้น 125 ตำแหน่ง ประกอบด้วย เสาตอม่อ 3 ตำแหน่ง คานหลัก 39 ตำแหน่ง คานรองพื้นสะพาน 26 ตำแหน่ง ท้องพื้นสะพานบริเวณถนน 32 ตำแหน่ง หลังพื้นสะพานบริเวณทางเท้า 24 ตำแหน่ง และ คานโค้ง 2 ตำแหน่ง โดยรายละเอียดตำแหน่งสำรวจ และพื้นที่สำรวจได้รวบรวมและแสดงในแบบสำรวจสะพานปรีดี-ธำรง ที่ได้แนบมากับรายงานฉบับนี้

[5.3] ผลการสำรวจ

[5.3.1] ผลการสำรวจระยะคอนกรีตหุ้มเหล็กเสริมและขนาดเหล็กเสริม

รายละเอียดผลการสุ่มสำรวจระยะคอนกรีตหุ้มเหล็กเสริมที่เสาตอม่อ คานหลัก และพื้นสะพาน รวมทั้งสิ้น 33 ตำแหน่ง ได้แสดงไว้ในตารางที่ 5-1

ตารางที่ 5-1 ผลการสำรวจระยะคอนกรีตหุ้มเหล็กเสริม

ช่วงสะพาน	โครงสร้าง	ตำแหน่ง	ด้านทดสอบ[1]	ระยะคอนกรีตหุ้มเหล็กเสริมเฉลี่ย (มม.)[2],[3],[4]	
				Main bar	Stirrups
S1+ S2	คานรองพื้นสะพาน (Floor beam)	B-A/P1.1	ข้างคาน	40	24
			ท้องคาน	21	18
	คานหลัก (Girder)	B/A1-A1’	ข้างคาน	43	31
			ท้องคาน	32	*N/A*
		B/P1.1-P1.2	ข้างคาน	53	32
			ท้องคาน	27	11
	พื้นสะพานบริเวณถนน (Deck)	A-B/A1-A1’	ท้องพื้น	X = 25, Y = 20	-
		B-C/P1.1-P1.1’	ท้องพื้น	X = 29, Y = 15	-
	พื้นสะพานบริเวณทางเท้า (Deck)	A0-A/A1-A1’	หลังพื้น	X = 54, Y = 62	-
		C-C’/A1-A1’	หลังพื้น	X = 61, Y = 71	-
S3	คานรองพื้นสะพาน	A-B/P2.2	ข้างคาน	35	22

ช่วงสะพาน	โครงสร้าง	ตำแหน่ง	ด้านทดสอบ[1]	ระยะคอนกรีตหุ้มเหล็กเสริมเฉลี่ย (มม.) [2],[3],[4]	
				Main bar	Stirrups
	(Floor beam)		ท้องคาน	43	21
S3	คานรองพื้นสะพาน (Floor beam)	A/P2.2-P2.3	ข้างคาน	40	18
			ท้องคาน	29	17
		B/P2.2-P2.3	ข้างคาน	55	28
			ท้องคาน	38	26
	พื้นสะพานบริเวณถนน (Deck)	A-B/P2.1-P2.2	ท้องพื้น	X = 37, Y = 25	-
S4	คานรองพื้นสะพาน (Floor beam)	A-B/P3.8	ข้างคาน	38	25
			ท้องคาน	*N/T*	*N/T*
	คานหลัก (Girder)	A/P3.8-P3.8'	ข้างคาน	45	19
			ท้องคาน	32	20
		B/P3.8-P3.8'	ข้างคาน	42	28
			ท้องคาน	*N/T*	*N/T*
	พื้นสะพานบริเวณทางเท้า (Deck)	C-C'/P3.8-P3.8'	หลังพื้น	X = 51, Y = 39	-
	คานโค้ง (Arch Beam)	A/P3-P3.1	ข้างคาน	38	24
			ข้างคาน	40	33
			หลังคาน	*N/T*	*N/T*
			ท้องคาน	43	28
		C/P3-P3.1	ข้างคาน	*N/T*	*N/T*
			ข้างคาน	41	30
			หลังคาน	50	34
			ท้องคาน	41	27
S5	เสาตอม่อ (Pier)	Pier 4	ข้างเสา	44	26
	คานรองพื้นสะพาน (Floor beam)	A-B/P4.2	ข้างคาน	52	41
			ท้องคาน	25	*N/A*
		A-B/P5.1	ข้างคาน	28	16
			ท้องคาน	27	15
	คานหลัก (Girder)	A/P4.2-P4.2'	ข้างคาน	40	26
			ท้องคาน	24	12

ช่วงสะพาน	โครงสร้าง	ตำแหน่ง	ด้านทดสอบ[1]	ระยะคอนกรีตหุ้มเหล็กเสริมเฉลี่ย (มม.) [2],[3],[4]	
				Main bar	Stirrups
		A/P5' -P5.1	ข้างคาน	35	18
			ท้องคาน	*N/T*	*N/T*
S5	พื้นสะพานบริเวณถนน (Deck)	A-B/P4.1'-P4.2	ท้องพื้น	X = 30, Y = 20	-
		A-B/P5-P5.1	ท้องพื้น	X = 33, Y = 20	-
	พื้นสะพานบริเวณทางเท้า (Deck)	C-C'/P4.2-P4.2'	หลังพื้น	X = 55, Y = 59	-
		C-C'/P5'-P5.1	หลังพื้น	X = 51, Y = 52	-
S6	คานรองพื้นสะพาน (Floor beam)	B-A/P5.1	ข้างคาน	45	30
			ท้องคาน	31	*N/A*
		A-B/P5.2	ข้างคาน	34	18
			ท้องคาน	24	*N/A*
		A-B/P5.3	ข้างคาน	32	17
			ท้องคาน	25	17
	คานหลัก (Girder)	A/P5.1-P5.1'	ข้างคาน	57	38
			ท้องคาน	29	*N/A*
		A/P5.2-P5.2'	ข้างคาน	48	31
			ท้องคาน	27	20
	พื้นถนน	A-B/P5.1-P5.1'	ท้องพื้น	X = 38, Y = 25	-
		A-B/P5.2-P5.2'	ท้องพื้น	X = 29, Y = 20	-
	พื้นฟุตบาท	A-A0/P5.1-P5.1'	หลังพื้น	X = 49, Y = 56	-
		C-C'/P5.2-P5.2'	หลังพื้น	X = 33, Y = 44	-
S7+ S8	คานหลัก (Girder)	A/P5.3-P5.3'	ข้างคาน	26	16
			ท้องคาน	22	18
	พื้นสะพานบริเวณถนน (Deck)	A-B/P5.3-P5.3'	ท้องพื้น	X = 28, Y = 19	-
	พื้นสะพานบริเวณทางเท้า (Deck)	A0-A/P5.3-P5.3'	หลังพื้น	X = 42, Y = 45	-

(1) ผิวขององค์อาคารด้านที่ดำเนินการสำรวจ

(2) ระยะคอนกรีตหุ้มเหล็กเฉลี่ยที่ประเมินโดยวิธีการทดสอบ Ferro scan

(3) N/A ไม่พบเหล็กเสริมชนิดที่ระบุในผลการทดสอบ, N/T ไม่สามารถทดสอบได้

(4) เหล็กเสริมพื้นแบ่งออกเป็น 2 ทิศทาง ได้แก่ X : เหล็กเสริมในทิศทางตามยาวของสะพาน และ Y: เหล็กเสริมในทิศทางตามขวางสะพาน

ตารางที่ 5-2 สรุปขนาดของเหล็กเสริมในโครงสร้างหลักต่าง ๆ โดยชนิดเหล็กเสริมแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ ได้แก่ เหล็กเสริมหลัก (Main bar) ในชิ้นส่วนโครงสร้าง เสาตอม่อ คานหลัก คานรองพื้นสะพาน และพื้นสะพาน และเหล็กปลอก (Stirrup) ในคานหลัก คานรองพื้นสะพาน และเสาตอม่อ

ตารางที่ 5-2 ขนาดของเหล็กเสริมในชิ้นส่วนโครงสร้างสะพาน

ชิ้นส่วนโครงสร้าง	ช่วงสะพาน	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเหล็กเสริม (มม.) (1),(2),(3)	
		Main bar	Stirrup
เสาตอม่อ (Pier) P2	S2	RB25	RB9
เสาตอม่อ (Pier) P4	S4	RB25	RB15
คานหลัก (Girder)	S2, S3, S5, S6, S7	RB25	RB9
	S4	RB25	RB9
คานรองพื้นสะพาน (Floor beam)	S2 - S7	RB25	RB9
พื้นสะพาน (Deck) บริเวณถนน	S2, S3, S5, S6, S7	X = RB9, Y = RB9	-
	S4	X = RB12, Y = RB12	-
พื้นสะพาน (Deck) บริเวณทางเท้า	S2 - S7	X = RB9, Y = RB9	-

(1) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็กเสริมจากผลการสุ่มสกัดเปิดผิวคอนกรีตเพื่อตรวจวัดขนาดโดยตรง

(2) กรณีเสาตอม่อสะพาน P4 มีขนาดเหล็กเสริม Main bar เป็น RB25 และ Stirrup เป็น RB15 จากผลการสำรวจด้วยวิธี Ferro scan ขนาดเหล็กเสริมควรมีการสกัดตรวจสอบเพื่อยืนยันในระหว่างการซ่อมแซม/ปรับปรุงโครงสร้าง

(3) เหล็กเสริมพื้นแบ่งออกเป็น 2 ทิศทาง ได้แก่ X : เหล็กเสริมในทิศทางตามยาวของสะพาน และ Y: เหล็กเสริมในทิศทางตามขวางสะพาน

[5.4] ผลการสำรวจรายละเอียดเหล็กเสริม

ผลการสำรวจรายละเอียดเหล็กเสริมเฉพาะช่วงความลึกของการตรวจสอบไม่เกิน 300 มม. ที่โครงการสะพานปรีดี-ธำรง ครอบคลุมโครงสร้างสะพานต่าง ๆ ทั้งหมด 8 ช่วง ตั้งแต่ S1 ถึง S8 ประกอบด้วย เสาตอม่อ 5 ตำแหน่ง คานรัดเสาตอม่อ 1 ตำแหน่ง คานหลัก 39 ตำแหน่ง คานรองพื้นสะพาน 26 ตำแหน่ง พื้นสะพานบริเวณถนน 32 ตำแหน่ง พื้นสะพานบริเวณทางเท้า 26 ตำแหน่ง และคานโค้ง 2 ตำแหน่ง รวมจำนวนพื้นที่สำรวจทั้งหมด 131 ตำแหน่ง หรือมีพื้นที่ในการสำรวจทั้งหมดดังแสดงในตารางที่ 5-3 ผลการสำรวจ ได้รวบรวมแสดงไว้ในแบบสำรวจสะพานปรีดี-ธำรง ที่ได้แนบมากับรายงานฉบับนี้ พร้อมทั้งแสดงรายละเอียดเหล็กเสริมโครงสร้างอยู่ในรูปตัด (Typical section) และรูปด้านต่าง ๆ ที่แสดงตำแหน่ง และจำนวนเหล็กเสริมแต่ละช่วงสะพานไว้ในแบบสำรวจสะพานปรีดี-ธำรง ที่ได้แนบมากับรายงานฉบับนี้

ตารางที่ 5-3 พื้นที่สำรวจรายละเอียดเหล็กเสริมในชิ้นส่วนโครงสร้างหลักของสะพาน

ช่วงสะพาน	ชิ้นส่วนโครงสร้าง	จำนวน (ตำแหน่ง)	พื้นที่สำรวจรายละเอียดเหล็กเสริม (ตร.ม.)
S1&S2	เสาตอม่อ (Pier)	4	11.37
	คานรัดเสาตอม่อ (Cap Beam)	1	3.74
	คานหลัก (Girder)	9	22.68
	คานรองพื้นสะพาน (Floor beam)	6	22.38
	พื้นสะพาน (Deck) บริเวณถนน	6	16.20
	พื้นสะพาน (Deck) บริเวณทางเท้า	6	5.04
S3	คานหลัก (Girder)	3	15.12
	คานรองพื้นสะพาน (Floor beam)	2	13.67
	พื้นสะพาน (Deck) บริเวณถนน	4	10.80
	พื้นสะพาน (Deck) บริเวณทางเท้า	2	2.16
S4	คานหลัก (Girder)	9	57.65
	คานรองพื้นสะพาน (Floor beam)	6	26.25
	พื้นสะพาน (Deck) บริเวณถนน	6	14.58
	พื้นสะพาน (Deck) บริเวณทางเท้า	6	4.32
	คานโค้ง (Arch Beam)	2	6.6
S5	เสาตอม่อ (Pier)	1	17.00
	คานหลัก (Girder)	6	25.52
	คานรองพื้นสะพาน (Floor beam)	4	21.06
	พื้นสะพาน (Deck) บริเวณถนน	6	16.20
	พื้นสะพาน (Deck) บริเวณทางเท้า	4	2.88
S6	คานหลัก (Girder)	9	30.81
	คานรองพื้นสะพาน (Floor beam)	6	29.75
	พื้นสะพาน (Deck) บริเวณถนน	8	21.60
	พื้นสะพาน (Deck) บริเวณทางเท้า	6	3.60
S7&S8	คานหลัก (Girder)	3	7.98
	คานรองพื้นสะพาน (Floor beam)	2	12.17
	พื้นสะพาน (Deck) บริเวณถนน	2	5.40
	พื้นสะพาน (Deck) บริเวณทางเท้า	2	0.72
รวมทั้งสิ้น		**129**	**427.25**