

การประเมินและตรวจสอบโครงสร้างคานหลักคอนกรีตเสริมเหล็กของสะพานปรีดี-ธำรง

Forensic Assessment of Reinforced Concrete Girders in Pridi-Tamrong Bridge

ภูมิพัฒน์ เดชชัย และ ภูริวัจน์ แสงแก้ว ชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา รศ. ดร. จิตรัตน์ วิสุทธิเสรีวงศ์

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร

บทคัดย่อ

โครงการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทำการประเมินและตรวจสอบสภาพโครงสร้างคานหลักของสะพานปรีดี-ธำรงซึ่งตั้งอยู่ที่จังหวัดพระนครศรีอยุธยาในประเทศไทย โดยทำการทดสอบโครงสร้างส่วนคานหลักของสะพาน ด้วยการให้น้ำหนักบรรทุกกระทำเท่านั้นโดยทำการจำลอง Model 3D ในโปรแกรม AUTODESK ROBOT เพื่อหาตำแหน่งที่วิกฤตที่สุดและคำนวณน้ำหนักที่กระทำต่อคานหลักด้วยมาตรฐาน AASHTO ในขณะเดียวกัน ทำการทดสอบวัดความเสียหายที่เกิดขึ้นจริงจากภาคสนามด้วยเครื่องมือการวัดจากกล้อง 3D-Scan เมื่อนำความยาวรอยแตกที่ได้ไปเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากการวิเคราะห์โครงสร้างด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์แบบ 3 มิติด้วยโปรแกรม ATENA มีลักษณะใกล้เคียงกัน เพื่อประเมินกำลังของโครงสร้างและเสนอแนวทางการฟื้นฟูสภาพสะพานที่เหมาะสมให้มีความปลอดภัยสำหรับผู้ใช้งานได้

คำสำคัญ: การประเมินสภาพ, โครงสร้างสะพานส่วนคานหลัก, การวิเคราะห์ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

Abstract

The objective of this project is to evaluate and inspect the condition of the girder of the Pridi-Tamrong Bridge located in Phra Nakhon Si Ayutthaya province, Thailand. The structural components of the bridge were tested by applying load only and a 3D model was simulated using AUTODESK ROBOT software to determine the critical location and calculate the weight acting on the main beam according to AASHTO standards. At the same time, actual damage was measured and tested in the field using a 3D-Scan camera. The length of the crack obtained was then compared with the values obtained from the 3D finite element

analysis using ATENA software. The two approaches were similar to assess the strength of the structure and propose appropriate restoration methods to ensure the safety of users.

Keywords: Assessment, Girder, Finite Element Analysis

1. บทนำ

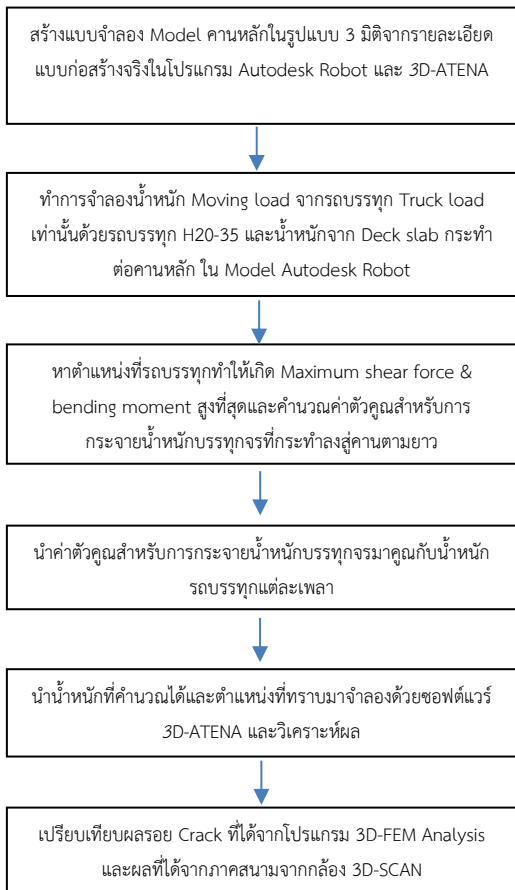
สะพานถือได้ว่าเป็นโครงสร้างพื้นฐานที่มีความสำคัญในการเชื่อมต่อพื้นที่ซึ่งมีอุปสรรคกีดขวางเส้นทางคมนาคมได้สะดวก เช่น คลอง แม่น้ำ ถนน เป็นต้น ซึ่งช่วยส่งเสริมการรองรับการขยายตัวของเศรษฐกิจและสังคมของประเทศ เมื่อใช้งานสะพานไประยะหนึ่งจะเกิดการเสื่อมสภาพและชำรุดเสียหาย ทำให้ความสามารถในการรับน้ำหนักของสะพานลดลงจากที่ออกแบบไว้ ดังนั้นการประเมินสาเหตุความเสียหายของสะพาน จึงสามารถช่วยสะพานได้รับการบำรุงรักษาอย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งยังสามารถยืดอายุการใช้งานสะพาน รวมถึงเพิ่มความปลอดภัยในการใช้งานได้อีกด้วย

สะพานปรีดี-ธำรง เป็นสะพานข้ามแม่น้ำป่าสัก ตั้งอยู่ที่จังหวัดพระนครศรีอยุธยา เปิดให้บริการเมื่อปี พ.ศ. 2486 สะพานดังกล่าวปัจจุบันมีอายุ 80 ปี และมีความสำคัญต่อประวัติศาสตร์ด้านวิศวกรรมการก่อสร้างสะพานของกรมทางหลวง สะพานนี้ประกอบด้วย 8 ช่วงสะพานและมีความยาวรวมทั้งหมด 168.54 เมตร ปัจจุบันสะพานนี้ยังคงเป็นสะพานหลักที่ใช้ในการเดินทางของประชาชนถึงแม้ว่าสะพานนี้จะมีการจำกัดการใช้งานเนื่องจากสภาพที่ทรุดโทรม ดังนั้นกรมทางหลวงจึงมีแผนการบูรณะและซ่อมแซมสะพานปรีดี-ธำรงให้มีความปลอดภัย และพร้อมใช้งานตลอดเวลา

จากการประเมินสภาพสะพานด้วยตาเปล่า (Visual inspection) พบว่าสะพานปรีดี-ธำรง มีความเสียหายเป็นอย่าง โดยเฉพาะคานสะพานหลัก (Girder) โครงงานนี้ จึงมุ่งเน้นไปที่การประเมินลักษณะความเสียหายที่เกิดขึ้นบริเวณของคานหลักคอนกรีตเสริมเหล็ก (Reinforced concrete girder) ของสะพานซึ่งเป็นโครงสร้างที่ใช้ในการต้านทานน้ำหนักบรรทุกที่กระทำเนื่องจากน้ำหนักบรรทุกจร โดยพิจารณาน้ำหนักจากรถบรรทุกเพื่อ

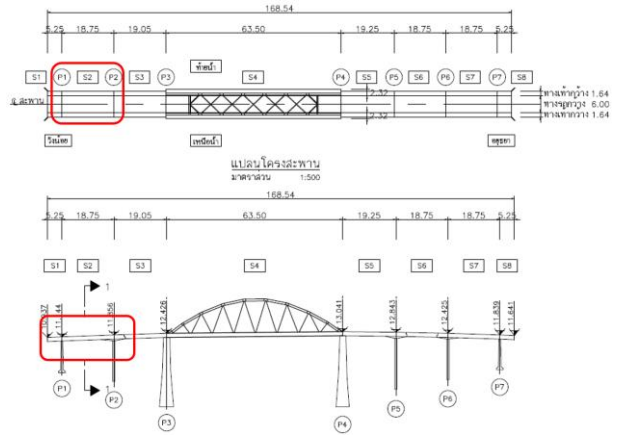
ศึกษาพฤติกรรมของโครงสร้างของคานหลักและทำนายลักษณะการโก่งตัวของโครงสร้างซึ่งก่อให้เกิดการลักษณะความเสียหายในรูปแบบต่างๆที่เกิดขึ้น เนื่องจากเป็นสะพานนี้เป็นต้นแบบของโครงสร้างสะพานเดชาดิวงศ์ 1 ดังนั้น การตรวจสอบและประเมินลักษณะความเสียหายของสะพานปรีดี-ธำรงสามารถช่วยเป็นแนวทางการป้องกันลักษณะความเสียหายของสะพานอื่นในประเทศไทยได้อีกด้วย

2. วิธีการดำเนินงานวิจัย

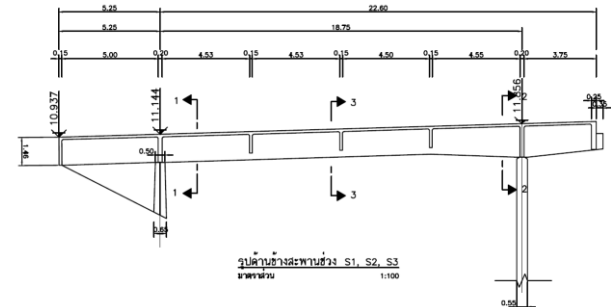


2.1 ศึกษาแบบก่อสร้างจริงของคานหลักสะพานปรีดี-ธำรง

ในโครงการนี้ มุ่งเน้นการศึกษาแบบรูปรายการประกอบแบบของคานหลักสะพานปรีดี-ธำรง ซึ่งตั้งอยู่ที่ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา โดยทำการศึกษแบบก่อสร้างของสะพาน พบว่าสะพานแห่งนี้ประกอบด้วยโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก แบ่งความยาวช่วงออกได้ 8 ช่วง ซึ่งช่วงที่มีความยาวมากที่สุดพาดผ่านแม่น้ำป่าสัก ยาว 63.50 เมตร โดยโครงการนี้เป็นการศึกษาสภาพโครงสร้างส่วนบนของสะพานเจาะลงไปยังคานหลักด้านบนของสะพานโดยส่วนอื่นของสะพานจะไม่นำมาพิจารณา คานหลักด้านบนของสะพานที่พิจารณาเฉพาะช่วง S2 ซึ่งมีความยาว 18.75 เมตร ตามรายละเอียดของแบบ ดังแสดงในรูปภาพที่ 1



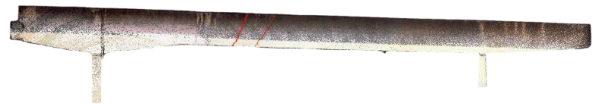
รูปที่ 1 แบบก่อสร้างสะพานปรีดี-ธำรงและช่วง span ที่ใช้พิจารณา



รูปที่ 2 ภาพด้านข้างของคานตามยาวด้านบนช่วง S2

2.2 การสำรวจและตรวจสอบคานหลักของสะพานปรีดี-ธำรงภาคสนาม

การสำรวจเป็นขั้นตอนสำคัญในการระบุและจำแนกความเสียหายที่เกิดขึ้นกับสะพาน ดังนั้นการลงภาคสนามตรวจสอบสะพานปรีดี-ธำรง เพื่อทำการสำรวจมีมาตรฐานและความถูกต้อง ได้อ้างอิงจากคู่มือสำรวจ และตรวจสอบสะพาน โดยสำนักก่อสร้างสะพาน กรมทางหลวง (2555) และทำการวัดระยะจริงเพื่อตรวจสอบความสอดคล้องกันของแบบก่อสร้างและโครงสร้างสะพานจริงด้วยการวิเคราะห์ด้วยตาเปล่าและใช้เครื่องมือ 3D-LiDAR Scan เพื่อวัดระยะรอยแตกด้วยความแม่นยำที่สูงเพื่อเปรียบเทียบกับผลการวิเคราะห์ด้วย FEM analysis



รูปที่ 3ก. รอย crack ที่เกิดบนคานหลักสะพานสำรวจด้วยกล้อง 3D-SCAN



รูปที่ 3ข. รอย crack ที่เกิดบนคานหลักสะพานสำรวจด้วยกล้อง 3D-SCAN

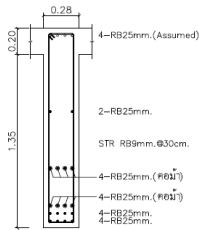


รูปที่ 4 กล้อง 3D-Li-DAR Scan

โดยทำการตั้งกล้องให้มีระยะห่างจากสะพานเป็นระยะ 5 m เพื่อให้ระยะที่วัดความเสียหายจริงที่เกิดขึ้นบนสะพานนั้นมีความแม่นยำสูง (ตำแหน่งคลาดเคลื่อน ± 4 mm from 10 m จากระยะที่วัด) โดยจากผลการสำรวจภาคสนามประกอบกับคู่มือสำรวจและตรวจสอบสะพานนั้น พบว่าสะพานอยู่ในระดับความเสียหายระดับที่ 1 ซึ่งเป็นระดับที่อันตรายและมีความเสี่ยงมาก เนื่องจากสะพานปรีดี-ธำรงมีอายุการใช้งานอย่างยาวนาน ทำให้คอนกรีตและเหล็กเสริมเกิดความเสื่อมสภาพตามกาลเวลา ดังนั้น จึงจำเป็นต้องวิเคราะห์หาสาเหตุและการซ่อมแซมด้วยวิธีการซึ่งอ้างอิงจากคู่มือการซ่อมแซมและเสริมกำลังของโครงสร้างสะพาน

2.3 การวิเคราะห์โครงสร้างสะพานด้วยแบบจำลองเชิงเส้นด้วยโปรแกรม Autodesk Robot

ข้อมูลของชิ้นส่วนโครงสร้างสะพานในการศึกษานี้ประกอบไปด้วย โครงสร้างคานต่อเนื่องตามยาวของสะพาน (Girder) ขนาด 0.28 X 1.40 เมตร ยาว 23.75 เมตร และโครงสร้างพื้นหนา 0.2 เมตรโดยโครงสร้างคานและพื้นมีสัดส่วนของหน้าตัดดังแสดงในรูปที่ 2 รูปที่ 5 และรูปที่ 6



รูปที่ 5 หน้าตัดคานตามยาวที่ใช้ในการ



รูปที่ 6 ภาพตัดขวางของสะพานช่วง S2

ระยะห่างระหว่างคานตามยาวของสะพานเป็นไปดังแสดงในรูปที่ 6 โดยสมมติให้ฐานรองรับคานต่อเนื่องตามยาวเป็นแบบไม่มีคั้ง (Pin – Roller)

2.3.1 คุณสมบัติวัสดุที่ใช้ในการวิเคราะห์โครงสร้างด้วย Autodesk Robot

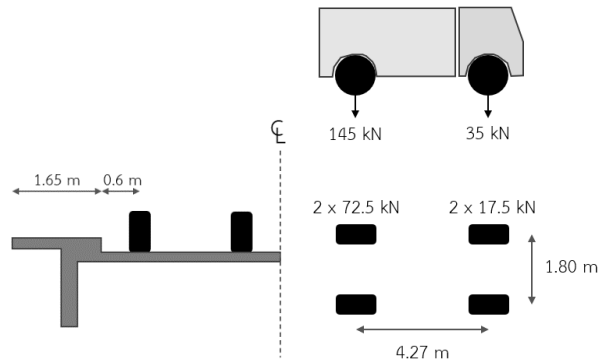
คุณสมบัติวัสดุที่ใช้ในแบบจำลองเป็นไปดังแสดงในตารางที่ 1 โดยคุณสมบัติคอนกรีตในส่วนของโครงสร้างคานตามยาวและโครงสร้างพื้นของสะพานอ้างอิงมาจากรายงานขั้นสุดท้ายโครงการศึกษาจัดทำแนวทางการบูรณะสะพานปรีดี-ธำรงภายหลังการใช้งาน 77 ปี

ชิ้นส่วนโครงสร้าง	กำลัง (เมกะปาสคาล)
คานคอนกรีตตามยาว	16.2
พื้นคอนกรีต	19.0
คานตามขวาง	16.7

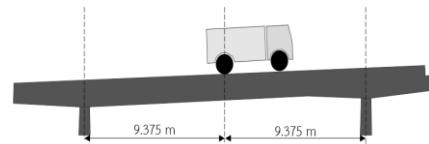
ตารางที่ 3 คุณสมบัติวัสดุที่ใช้ในการจำลองโครงสร้างสะพานด้วย Autodesk Robot

2.3.2 น้ำหนักบรรทุกที่ใช้ในแบบจำลอง

น้ำหนักบรรทุกที่ใช้ในแบบจำลองมีลักษณะเป็นน้ำหนักบรรทุกกระทำแบบสถิตย์ (Static Load) ดังแสดงในรูปที่ 7 โดยโครงงานนี้มุ่งเน้นไปที่การประเมินประสิทธิภาพโครงสร้างคานตามยาวของสะพานต่อการรองรับโมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นเนื่องจากน้ำหนักบรรทุกกระทำ ดังนั้นจึงทำการจำลองน้ำหนักบรรทุกกระทำที่กระทำต่อโครงสร้างโดยให้ล้อหลังของรถบรรทุกที่ใช้ในการทดสอบอยู่ที่ตำแหน่งกึ่งกลางคานสะพานดังแสดงในรูปที่ 8 ซึ่งเป็นตำแหน่งที่ก่อให้เกิดโมเมนต์ดัดสูงสุดขึ้นบนโครงสร้างคานตามยาวของสะพาน

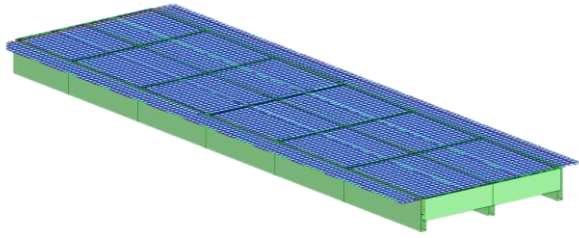


รูปที่ 7 รถบรรทุก H20 – 35 ที่ใช้ในการจำลอง



รูปที่ 8 ตำแหน่งที่น้ำหนักบรรทุกกระทำ

โดยน้ำหนักบรรทุกกระทำที่กระทำต่อแบบจำลองกระทำที่ตำแหน่งห่างจากทางเท้าเป็นระยะ 0.6 เมตร ตามมาตรฐานการออกแบบ AASHTO ASD ลักษณะของแบบจำลองเชิงเส้นโดยโปรแกรม Autodesk Robot เป็นไปดังรูปที่ 9



รูปที่ 9 แบบจำลองคานสะพานด้วย Autodesk Robot

2.4 การวิเคราะห์โครงสร้างคานตามยาวของสะพานด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์โดยโปรแกรม ATENA 3D

2.4.1 การคำนวณการกระจายน้ำหนักจรลงสู่คานตามยาวตัวริม

จากการวิเคราะห์โครงสร้างด้วยแบบจำลองเชิงเส้นด้วยโปรแกรม Autodesk Robot ซึ่งได้ผลลัพธ์คือค่าโมเมนต์ดัดและค่าการโก่งตัวที่เกิดขึ้นบนโครงสร้างคานตามยาวของสะพาน ซึ่งจากค่าโมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นสามารถนำมาคำนวณน้ำหนักจรที่กระจายลงสู่คานตามยาวของสะพานได้ โดยค่าที่ใช้ในการคำนวณน้ำหนักจรที่กระจายลงสู่คานตามยาวนั้นอยู่ในรูปของตัวคูณ (Distribution Factor) สามารถคำนวณได้ตามสมการ (1)

$$g = \frac{M_{refine}}{M_{girder}} \quad (1)$$

g = ตัวคูณสำหรับการกระจายน้ำหนักบรรทุกทุกจรที่กระทำลงสู่คานตามยาว

M_{refine} = โมเมนต์ดัดเนื่องจากน้ำหนักบรรทุกทุกที่ได้จากการวิเคราะห์โครงสร้างด้วยโปรแกรม Autodesk Robot

M_{girder} = โมเมนต์ดัดเนื่องจากน้ำหนักบรรทุกทุกที่ได้จากการวิเคราะห์โครงสร้างคานหนึ่งตัว

M_{refine} (kN-m)	M_{girder} (kN-m)	g
135.43	760.84	0.178

ตารางที่ 5 ค่าตัวคูณสำหรับกระจายน้ำหนักจรลงสู่คานตามยาว

น้ำหนักจร (kN)	เพลหน้า (kN)	เพลหลัง (kN)
135.43	760.84	0.178

ตารางที่ 6 น้ำหนักจรที่กระจายลงสู่คานตามยาวตัวนอก

ค่าน้ำหนักจรที่กระจายลงสู่คานตามยาวตัวนอกนี้ จะใช้สำหรับการวิเคราะห์โครงสร้างคานตามยาวด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์แบบไม่เชิงเส้นต่อไป

2.4.2 คุณสมบัติวัสดุที่ใช้ในการวิเคราะห์โครงสร้างด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

จากรายงานขั้นสุดท้ายของโครงการศึกษาจัดทำแนวทางการบูรณะสะพานปรีดี-ธำรงภายหลังการใช้งาน 77 ปี พบว่าคอนกรีตของคานตามยาวมีกำลังรับแรงอัดเฉลี่ยเท่ากับ 16.2 MPa ซึ่งได้มาจากการ

ทดสอบแท่งคอนกรีตจากในการวิเคราะห์โครงสร้างคานตามยาวของสะพานด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์แบบไม่เชิงเส้นจึงใช้กำลังรับแรงอัดเฉลี่ยของคอนกรีตเท่ากับ 16.2 MPa โดยคุณสมบัติอื่นๆ ที่จำเป็นของคอนกรีตต่อการวิเคราะห์โครงสร้างเป็นไปดังแสดงในตารางที่ 7

คุณสมบัติของคอนกรีต	ค่าที่ใช้
Modulus of Elasticity	19404 MPa
Poisson's ratio	0.2
Tensile Strength	3.04 MPa
Compressive Strength	16.2 MPa
Type of Tension softening	Exponential
Specific Fracture Energy	5.793x10 ⁻⁵ MN/m
Cracked Model	Fixed

ตารางที่ 7 คุณสมบัติของคอนกรีตที่ใช้ในการวิเคราะห์โครงสร้างด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

ในส่วนของเหล็กเสริมคอนกรีตสำหรับการวิเคราะห์โครงสร้างด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ได้ใช้ข้อมูลจากรายงานขั้นสุดท้ายของโครงการ ศึกษาจัดทำแนวทางการบูรณะสะพานปรีดี-ธำรงภายหลังการใช้งาน 77 ปี เช่นกัน จากข้อมูลสรุปผลการทดสอบการรับแรงดึงของเหล็กเสริม ได้ค่ากำลังรับแรงดึงครากเฉลี่ยเท่ากับ 372 MPa และกำลังรับแรงดึงเฉลี่ยเท่ากับ 476 MPa โดยคุณสมบัติอื่นๆ ที่จำเป็นของเหล็กเสริมต่อการวิเคราะห์โครงสร้างเป็นไปดังแสดงในตารางที่ 8

คุณสมบัติของคอนกรีต	ค่าที่ใช้
Modulus of Elasticity	200 GPa
Yielding Tensile Strength	372 MPa
Ultimate Tensile Strength	476 MPa
Failure Strain	2.5%
Bond Reinforcement Type	hot rolled bar
Max bond strength	1.925 MPa

ตารางที่ 8 คุณสมบัติของเหล็กเสริมที่ใช้ในการวิเคราะห์โครงสร้างด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

2.4.3 แบบจำลองสำหรับวิเคราะห์โครงสร้างคานตามยาวด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

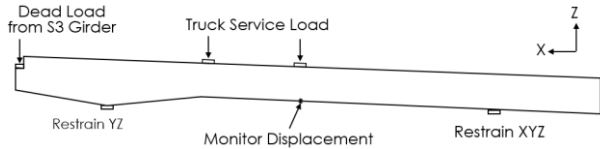
การสร้างแบบจำลองคานตามยาวตัวนอกในช่วง S2 ของสะพานปรีดี-ธำรง จึงอ้างอิงจากแบบสำรวจของส่วนคานตามยาว ดังแสดงในรูปที่ 1 และรูปที่ 2 ในส่วนของจุดรองรับใช้ตามข้อกำหนดให้ใช้เป็นแบบไม่มียึดรั้ง (Pin-Roller)

การจำลองเหล็กเสริมนั้นอ้างอิงจากแบบสำรวจคานตามยาวเช่นกัน โดยในบางจุดรายละเอียดเหล็กเสริมไม่มีความชัดเจนเพียงพอผู้จัดทำจึงได้อนุมานว่าเหล็กเสริมนั้นมีลักษณะเดียวกันตลอดทั้งคาน

แรงที่ใช้ในการวิเคราะห์โครงสร้างคานตามยาวนั้นจะประกอบไปด้วยดังนี้

- แรงจากน้ำหนักบรรทุกคงที่ของคานตามยาว กำหนดน้ำหนักคอนกรีตเท่ากับ 23 kN/m^3
- แรงจากน้ำหนักบรรทุกคงที่ของคานตามยาวช่วง S3 เท่ากับ 243 kN
- แรงจากน้ำหนักเหล็กล้อรถบรรทุก จากตารางที่ 6 กระทำบนแผ่นเหล็ก

รูปของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของคานตามยาวช่วง S2 แสดงได้ดังรูปที่ 10 และรูปที่ 11



รูปที่ 10 แบบจำลองสามมิติโดยมีน้ำหนักบรรทุกกระทำ

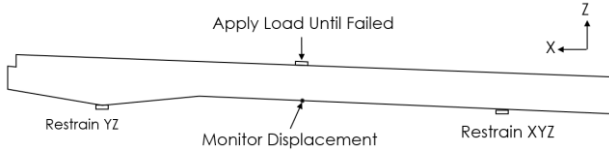


รูปที่ 11 Mesh ของแบบจำลองสามมิติ

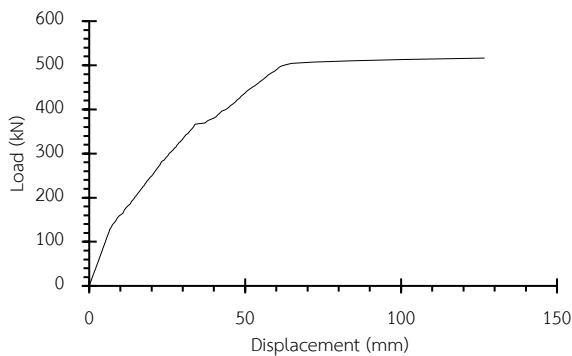
2.4.4 การหาค่ารับโมเมนต์ดัดประลัยของคานตามยาวด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์โดยโปรแกรม ATENA 3D

วิธีไฟไนต์เอลิเมนต์โดยโปรแกรม ATENA 3D

ในโครงการนี้ได้ทำการหาค่ารับโมเมนต์ดัดประลัยของคานตามยาวโดยใช้แบบจำลองคานตามยาว และได้ทำการกดน้ำหนักแบบ Force Control ที่กลางช่วงคานโดยมี Steel plate ขนาด $25 \times 28 \text{ cm}$ ซึ่งกำหนดขึ้นจากความกว้างของคานตามยาวและความยาวของล้อรถบรรทุกตามมาตรฐาน AASHTO



รูปที่ 12 แบบจำลองในการหาค่ารับโมเมนต์ประลัย



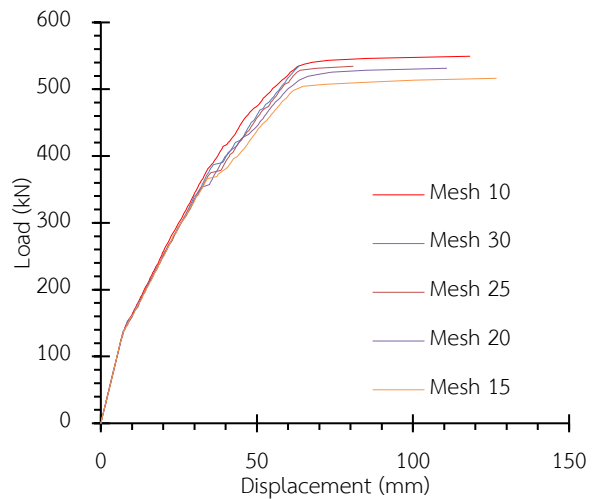
รูปที่ 13 ความสัมพันธ์ระหว่าง Load และ Deflection โดยใช้แบบจำลองสำหรับการหาค่ารับโมเมนต์ดัดประลัย

จากการหาค่ารับโมเมนต์ดัดประลัย พบว่าแบบจำลองรับน้ำหนักกระทำที่กลางคานได้ 500 kN ค่าความหนาโมเมนต์ดัดจากสมการที่ 2 ได้กำลังรับโมเมนต์ดัดประลัยเท่ากับ 2343 kN-m เมื่อนำไปปรับลดด้วยค่า Resistance Factor ตามมาตรฐาน AASHTO LRFD จะได้กำลังรับโมเมนต์ดัดประลัยเท่ากับ 2108 kN-m

$$M = \frac{PL}{4} \quad (2)$$

2.4.5 กระบวนการ Mesh Verification

กระบวนการ Mesh verification ในส่วนการวิเคราะห์ระเบียบไฟไนต์โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อให้เกิดความถูกต้องของผลลัพธ์ต้องผ่านกระบวนการ Mesh verification ก่อนเพื่อยืนยันว่าผลลัพธ์ที่ได้นั้นมีการลู่เข้าสู่ค่าหนึ่งถ้าหากมีการลดขนาด Mesh ลง โดยจะนำขนาด Mesh ที่ได้จากการกระบวนการ Mesh verification ใช้การวิเคราะห์ เพื่อลดระยะเวลาและลดการผิดพลาดจากคอมพิวเตอร์ ซึ่งในโครงการนี้ได้ใช้แบบจำลองดังหัวข้อที่ 2.4.4 ในการทำ Mesh Verification ได้ขนาด Mesh ที่เหมาะสมคือ ขนาด 15 cm แสดงผลกระบวนการ Mesh Verification ดังในรูปที่ 13

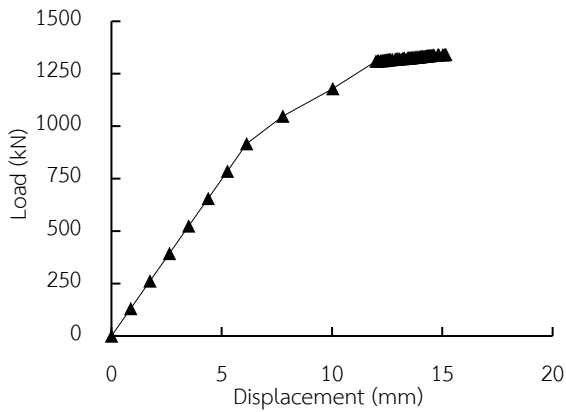


รูปที่ 13 ความสัมพันธ์ระหว่าง Load และ Deflection ซึ่ง varies mesh sizing ตั้งแต่ 10 - 30 cm

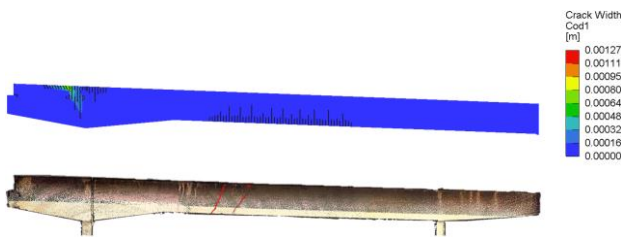
3. ผลลัพธ์และการวิเคราะห์ผล

3.1 ผลการวิเคราะห์คานตามยาวด้วยน้ำหนักบรรทุกทุก H20-35

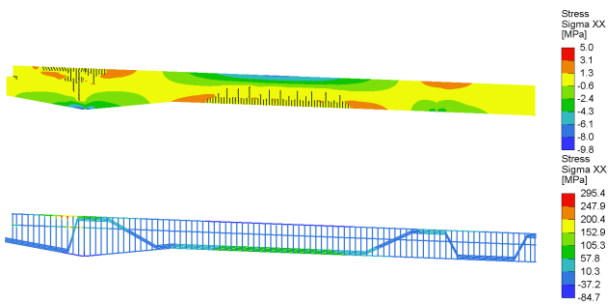
จากการสร้างแบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ของตอม่อสะพานช่วงสั้น ตามแนวทางที่ได้กล่าวไว้ในหัวข้อที่ 2.4.3 ได้ผลการวิเคราะห์เส้นโค้งความต้านทานของคานสะพานดังรูปที่ 14



รูปที่ 14 ความสัมพันธ์ระหว่าง Load กับ Displacement โดยให้แรงกระทำตามแนวทางในหัวข้อ 2.4.3



รูปที่ 15 เปรียบเทียบรอยแตกจากการวิเคราะห์ด้วย ATENA 3D กับรอยแตกที่เกิดขึ้นจริง



รูปที่ 16 stress ที่เกิดขึ้นในคอนกรีตและเหล็กเสริม

4. การสรุปผล

4.1 จากการตรวจสอบโครงสร้างคานหลักสะพานจากภาคสนามจะพบว่าความเสียหายถูกจัดไว้ในระดับที่ 2 คือชำรุด

4.2 บริเวณที่เกิดรอยแตกร้าวบนโครงสร้างจริงและจากการวิเคราะห์ด้วย Linear 3D ด้วย AUTODESK ROBOT จะพบว่าบริเวณที่ค่าแรงตัดและแรงเฉือนอยู่ในบริเวณใกล้เคียงกัน

4.3 เมื่อพิจารณาตำแหน่งที่วิกฤตที่สุดของโครงสร้างจากโปรแกรม AUTODESK ROBOT และทำการจำลองน้ำหนักที่กระทำบนโครงสร้างคานหลักในโปรแกรม 3D-ATENA จะพบว่าบริเวณที่เกิดรอยแตกร้าวอยู่ในบริเวณใกล้เคียงกับความเสียหายที่เกิดขึ้นจริงบนโครงสร้างคานหลักของสะพาน

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ จาก รศ.ดร.ธิดารัตน์ วิสุทธิ์เสวีวงศ์ และ ดร. ศุภศิษย์ ศรีวรานันท์ ผู้เป็นที่ปรึกษาและให้คำแนะนำในการจัดทำโครงการวิศวกรรม นอกจากนี้ คณะผู้วิจัย ยังขอกราบขอบพระคุณ กรมทางหลวง ที่ให้การสนับสนุนและส่งเสริมโครงการวิจัยนี้ มาอย่างต่อเนื่อง และ ขอขอบพระคุณ บุคคลากร สำนักก่อสร้างสะพาน และศูนย์สะพาน ปรีดี-ธำรง จ.พระนครศรีอยุธยา ที่ให้ความร่วมมือในการเข้าไปตรวจสอบสะพาน อนึ่ง ทางคณะผู้วิจัย ขอขอบพระคุณวิศวกรโยธาชำนาญการ สำนักสำรวจและออกแบบ กรมทางหลวง ที่กรุณาให้คำแนะนำ และความรู้ ในเรื่องการประเมินสภาพสะพาน และขอขอบคุณอาจารย์ที่ปรึกษาสำหรับคำแนะนำการวิเคราะห์ที่โดยวิธี FEM ขอขอบคุณและขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในความเอื้อเฟื้ออุปถัมภ์และเครื่องมือทดสอบตลอดจนเป็นสถานที่ในการศึกษาปฏิบัติการณ์ปริญญาโทตั้งแต่มเริ่มต้นจนสำเร็จ

เอกสารอ้างอิง

- [1] สำนักก่อสร้างสะพาน. (2555). คู่มือการสำรวจและตรวจสอบสะพาน. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์สำนักก่อสร้างสะพาน .J.E. Bowles. Foundation and Analysis Design. The McGraw-Hill Companies, Inc., 1996, pp. 123-132.
- [2] รศ.ดร. ทศพล ปิ่นแก้ว & มนต์เกียรติ์ ชินทรลีลา. (2558). Bridge Design: การออกแบบสะพาน. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จูน พับลิชชิ่ง จำกัด.
- [3] Wang, J., Shi, Z., & Nakano, M. (2014). Strength degradation analysis of an aging RC girder bridge using FE crack analysis and simple capacity-evaluation equations. Engineering Fracture Mechanics, 119, 1-16.
- [4] Valença, J., Dias-da-Costa, D., Júlio, E., Costa, H., & Lorenzo, H. (2017). MCrack-TLS: Assessment of cracks on concrete bridges using image processing and terrestrial laser scanning. Construction and Building Materials, 146, 668-678.
- [5] Pheinsusom, P., Wisuthseriwong, T., & Yasuhiko, S. (2023, January 9). Current Conditions of Pridi-Thamrong Bridge, Ayutthaya [PowerPoint presentation]. Presented at the International Meeting for Inspection Results of Existing Bridges, Location.
- [6] AASHTO (2002). Standard Specification for Highway Bridges , 17th ed., American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, DC.