

EFFECT OF TEMPERATURE TO PRESTRESSED CONCRETE BOX GIRDER : CASE STUDY GREEN LINE MRT THAILAND

การศึกษาผลจากอุณหภูมิต่อโครงสร้างคอนกรีตอัดแรง : กรณีศึกษารถไฟฟ้าสายสีเขียวของประเทศไทย

ธิดารัตน์ จิระวัฒนาสมกุล¹, ทรงพล จารุวิศิษฐ์^{2,*}, ธรา ทานวิระ³, รวิทย์ ศิริวิรัตน์³, อรประภา อุปแก้ว³

¹ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

² รองศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

³ นิสิตปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ARTICLE INFO:

Received: April 20, 2020

Received Revised Form:

May 18, 2020

Accepted: May 20, 2020

ABSTRACT:

In the present bridge construction, precast segmental box girders are widely used since they can help increase in bridge's span and reduce construction cost. In Thailand, design of these structures is usually based on AASHTO LRFD-2012 in which the temperature effect used in the State may not correspond to the actual temperature conditions in Thailand. Therefore, aim of this research is to study the effects of temperature gradient at top and bottom surfaces of precast segmental box girder. To measure the actual temperature distribution, the experiment was conducted at the precast factory. The structure subjected to different temperature gradient was also simulated using 2D Finite Element Analysis to predict structural expansion behavior. The analytical stress results due to the actual temperature were compared with those due to the temperature following AASHTO LRFD-2012. It is found that stresses obtained from the standard temperature are more critical than that obtained from the field temperature. Therefore, the temperature according to AASHTO LRFD-2012 can provide sufficient safety to the structures.

KEYWORDS : Precast segmental box girder, AASHTO LRFD, Temperature effect

บทคัดย่อ:

ในปัจจุบันการก่อสร้างสะพานนั้น ได้มีการใช้โครงสร้างชนิด Precast segmental box girder อย่างแพร่หลาย เนื่องจากสามารถช่วยเพิ่มความยาวช่วงของสะพานและช่วยลดต้นทุนการก่อสร้างได้ ในประเทศไทย การออกแบบโครงสร้างดังกล่าวมักอ้างอิงจากมาตรฐาน AASHTO LRFD-2012 ซึ่งพบว่าผลของอุณหภูมิจากมาตรฐานของอเมริกาไม่สอดคล้องกับสภาพอุณหภูมิที่แท้จริงในประเทศไทย ดังนั้นงานวิจัยนี้ จึงมุ่งเน้นในการศึกษาผลของอุณหภูมิของโครงสร้าง Precast segmental box girder ทั้งผิวบนและผิวล่างที่เกิดขึ้นไม่เท่ากัน (Temperature Gradient) โดยทำการทดสอบเพื่อวัดการกระจายของอุณหภูมิจริงบนผิวคอนกรีต ณ โรงงานหล่อชิ้นส่วนโครงสร้าง และจำลองโครงสร้างนี้ภายใต้อุณหภูมิต่างๆ ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์อีลิเมนต์แบบ 2 มิติ เพื่อทำนายพฤติกรรมการขยายตัวของชิ้นส่วนโครงสร้าง และนำค่าความเค้นที่เกิดขึ้นเนื่องจากอุณหภูมิจริงมาเปรียบเทียบกับ ค่าความเค้นเนื่องที่ได้จาก

*Corresponding Author,
Email address: fengspc@ku.ac.th

ผลของอุณหภูมิตามมาตรฐาน AASHTO LRFD-2012 เมื่อพิจารณาแล้วพบว่าค่าหน่วยแรงตามมาตรฐานมีค่าที่วิกฤตกว่าค่าหน่วยแรงตามอุณหภูมิภาคสนาม แสดงให้เห็นว่าการออกแบบผลของอุณหภูมิตามมาตรฐาน AASHTO LRFD-2012 มีความปลอดภัยเพียงพอต่อโครงสร้าง

คำสำคัญ : คานคอนกรีตหล่อสำเร็จรูปกล่องแบบเป็นชิ้นๆ, มาตรฐาน AASHTO LRFD, ผลจากอุณหภูมิ

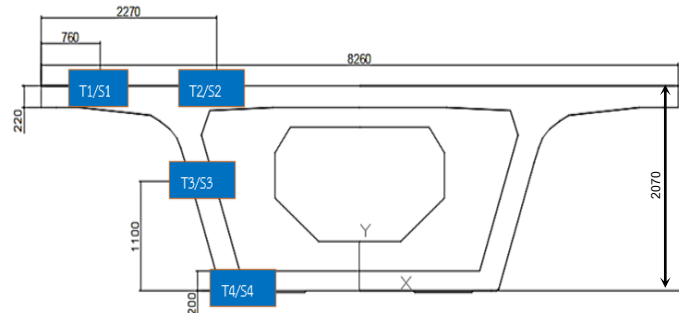
1. บทนำ

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นในการศึกษาโครงสร้างสะพานคอนกรีตอัดแรงสำเร็จรูปชนิดกล่องกลวง (Prestressed Concrete Box Girder) ซึ่งเป็นโครงสร้างสะพานรองรับโครงการรถไฟฟาสายสีเขียว หมอชิต-สะพานใหม่-คูคต โดยการออกแบบโครงสร้างเหล่านี้ในประเทศไทยได้ดำเนินการออกแบบตามมาตรฐาน AASHTO LRFD-2012 (American Association of State Highway and Transportation Officials) [1] ซึ่งมาตรฐานนี้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมของประเทศสหรัฐอเมริกา โดยแบ่งตามโซนที่ตั้งของสะพานภายในประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งอาจจะไม่สอดคล้องกับประเทศไทยที่มีช่วงฤดูร้อนที่อุณหภูมิสูงและยาวนานกว่ามากนั้น ทำให้ค่าที่วัดจากภาคสนามนั้นแตกต่างกัน ส่งผลให้การทำการเคลื่อนตัวที่แตกต่างกันโดยมีอุณหภูมิที่เป็นปัจจัยหลักหลายตัว เช่น อุณหภูมิเฉลี่ยหรืออุณหภูมิขณะติดตั้ง C. W. Roeder [2] งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นศึกษาผลของอุณหภูมิที่เกิดขึ้นกับโครงสร้างโดยเปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิของประเทศไทยและจากมาตรฐาน AASHTO LRFD-2012

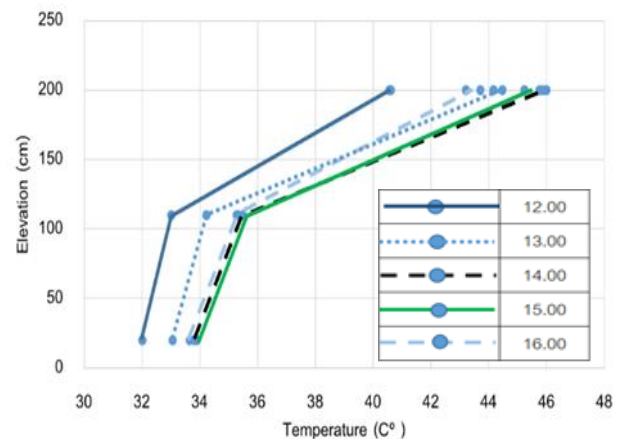
2. ผลการดำเนินงาน

2.1 ผลการตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและการขยายตัวของ Precast Concrete Segmental Box girder

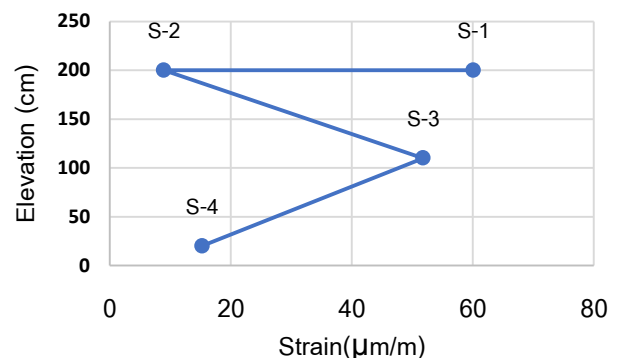
ในการทดลองได้ทำการติดตั้งอุปกรณ์เพื่อตรวจวัดอุณหภูมิและการขยายตัวที่เกิดขึ้นกับโครงสร้างจำนวน 4 จุด โดยกำหนดสัญลักษณ์อักษรหน้า T หมายถึง Thermocouple และ S หมายถึง Strain gauge ดังรูปที่ 1 โดยมีแนวทางการติดตั้งอ้างอิงจากงานวิจัยของ S. R. Abid [3] และทำการเก็บบันทึกข้อมูลในช่วงเดือนเมษายน ปี พ.ศ.2561 เป็นเวลาต่อเนื่อง 4 ชั่วโมง โดยเริ่มเก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 12:00 น. ถึงเวลา 16:00 น. จากข้อมูลที่เก็บได้พบว่าเกิดอุณหภูมิ ดังแสดงในรูปที่ 2 โดยพบว่าอุณหภูมิบนผิวคอนกรีตของโครงสร้างจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาผ่านไปและมีอุณหภูมิสูงที่เวลา 14:00 น. จากแนวโน้มที่ได้จากการตรวจวัดเทียบกับงานวิจัยของ P. J. Barr [4] นั้นมีแนวโน้มที่ใกล้เคียงกัน และจากนั้นจะค่อยๆ ลดลงอย่างช้าๆ โดยจุดที่เกิดอุณหภูมิสูงที่สุดคือบริเวณปีกบนของคานเนื่องจากเป็นบริเวณที่ได้รับแสงแดดตลอดเวลา ดังแสดงในตารางที่ 1 และจากการทดลองพบว่าคอนกรีตของโครงสร้างมีการขยายตัวดังแสดงผลด้วยค่าความเครียดที่เกิดขึ้นภายในโครงสร้างในรูปที่ 3



รูปที่ 1 ตำแหน่งที่ติดตั้ง Thermocouple และ Strain gauge (หน่วย : มม.)



รูปที่ 2 อุณหภูมิที่ตรวจวัดได้ ตั้งแต่ 12:00-16:00 น.



รูปที่ 3 ความเครียดที่เกิดขึ้นในโครงสร้าง

ตารางที่ 1 ค่าอุณหภูมิบริเวณผิวคอนกรีตที่เวลา 14.00 น.

Thermocouple No.	Elevation (cm)	Temperature (°C)	ΔT^* (°C)
T-1	200	46.12	12.7
T-2	200	45.75	12.3
T-3	110	35.03	1.6
T-4	20	33.53	0.1

* ΔT ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบกับอุณหภูมิอากาศขณะทดสอบ (=33.43°C)

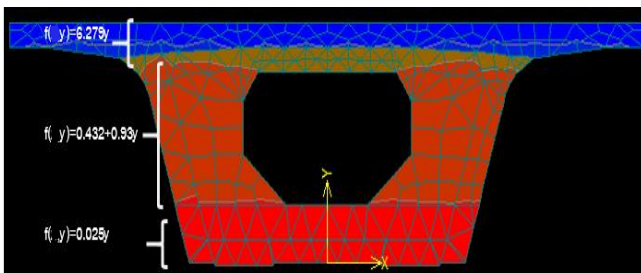
2.2 การวิเคราะห์ชิ้นส่วนโครงสร้างโดยใช้ค่าความต่างอุณหภูมิจากภาคสนามด้วยโปรแกรม 2D ATENA

ในการวิเคราะห์ที่ได้นำค่าอุณหภูมิจากภาคสนามช่วงเวลา 13.00 – 14.00 น. ซึ่งอุณหภูมิช่วงดังกล่าวเป็นค่าอุณหภูมิสูงวิกฤติในวันที่ทำการทดลองมากำหนดคอนกรีตให้มีอุณหภูมิแตกต่างกันฟังก์ชันของความลึกของหน้าตัด (y) ดังแสดงในรูปที่ 4 โดยค่าอุณหภูมิแตกต่างของคอนกรีตกำหนดให้เป็นไปตามสมการดังนี้ โดยที่ y แทนความลึกของตัวคาน (เมตร)

$$\text{ที่บริเวณปีกบน } (0 \leq y \leq 0.2) \quad f(y) = 6.279y \quad (1)$$

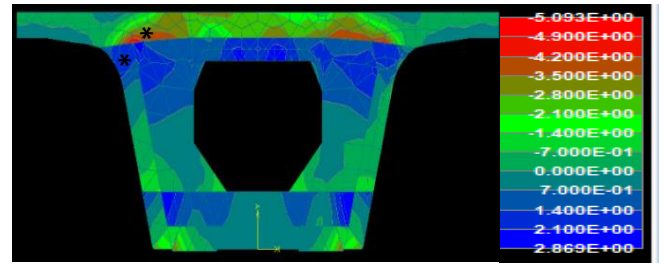
$$\text{ที่บริเวณเอวคาน } (0.2 < y \leq 1.78) \quad f(y) = 0.432 + 0.93y \quad (2)$$

$$\text{ที่บริเวณท้องคาน } (1.78 < y \leq 2.07) \quad f(y) = 0.025y \quad (3)$$

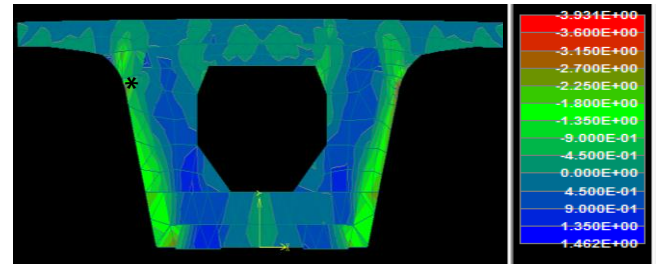


รูปที่ 4 การวิเคราะห์หน้าตัดโดยแบ่งเป็นฟังก์ชันตามความลึก

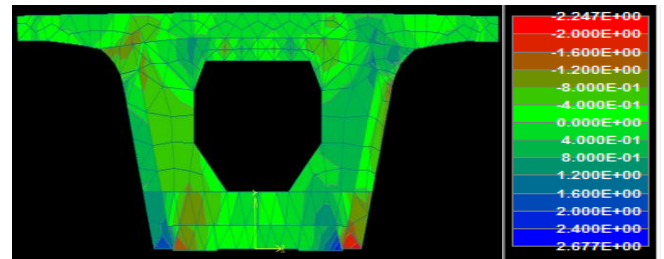
ในส่วนการวิเคราะห์ค่าความเค้นในโครงสร้าง ได้ถูกนำมาแสดงผลเปรียบเทียบในส่วนของการคำนวณในแนวแกน X, ค่าความเค้นในแนวแกน Y และค่าความเค้นเฉือน (บนระนาบ XY) ดังแสดงในรูปที่ 5, 6 และ 7 ตามลำดับ โดยความเค้นบนแกน X มีค่าสูงเนื่องจากมีการขยายตัวจากความร้อนบริเวณปีก โดยการขยายตัวไม่สามารถเป็นไปได้อย่างอิสระเพราะบริเวณเอวคานรั้งไว้ทำให้เกิดหน่วยแรงอัดบริเวณรอยต่อระหว่างเอวคานและปีกคาน มีค่าประมาณ 4.91 MPa และเกิดหน่วยแรงดึงบริเวณใต้ปีกคาน ค่าประมาณ 2.35 MPa (ตำแหน่งที่เกิดค่าแรงแสดงด้วยสัญลักษณ์ * ในรูป), ในส่วนของความเค้นบนแกน Y มีค่าสูงบริเวณผิวนอกเอวคานโดยมีค่าประมาณ 3.93 MPa (แสดงด้วยสัญลักษณ์ * ในรูป) เพราะเกิดจากการตัดเนื่องจากการขยายตัวของปีกคานในทิศทางแกน X และเกิดรอยร้าวดังรูปที่ 8



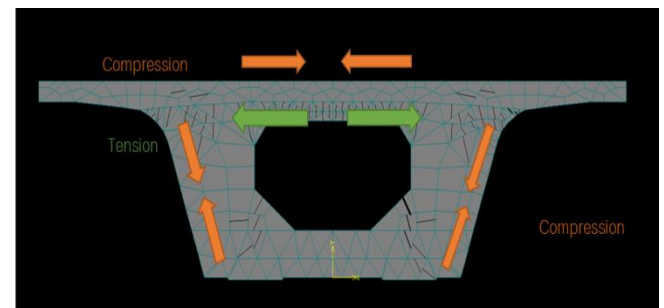
รูปที่ 5 ค่าความเค้นในแนวแกน X บริเวณต่างๆของหน้าตัด



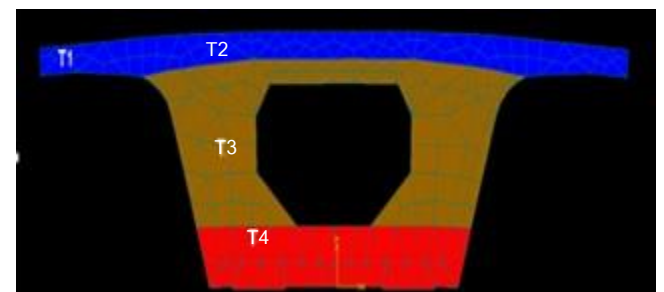
รูปที่ 6 ค่าความเค้นในแนวแกน Y บริเวณต่างๆของหน้าตัด



รูปที่ 7 ค่าความเค้นเฉือนบนระนาบ XY บริเวณต่างๆของหน้าตัด



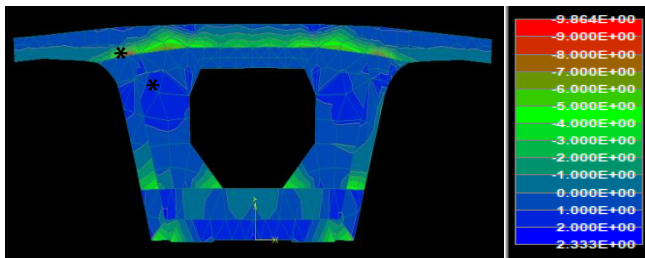
รูปที่ 8 ตำแหน่งของรอยร้าวและรูปแบบพฤติกรรมที่เกิดขึ้น



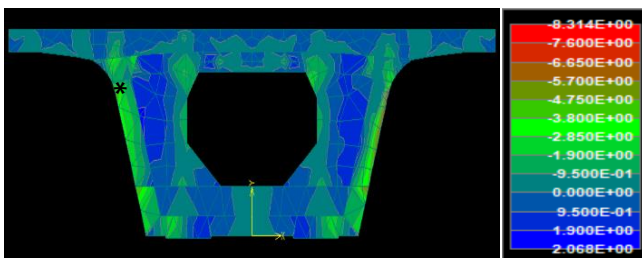
รูปที่ 9 การกระจายตัวของอุณหภูมิตามมาตรฐาน AASHTO LRFD-2012

2.3 การวิเคราะห์ชิ้นส่วนโครงสร้างโดยใช้ค่าความต่างอุณหภูมิตามมาตรฐาน AASHTO LRFD-2012 [8] ด้วยโปรแกรม 2D ATENA

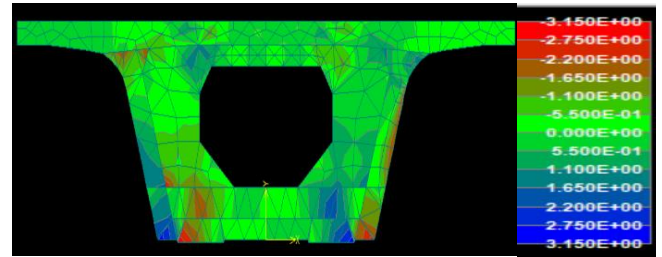
โดยค่าความต่างของอุณหภูมิที่ใช้ในการวิเคราะห์หามีค่า $\Delta T_1 = 30^\circ\text{C}$, $\Delta T_3 = 7.8^\circ\text{C}$ และ $\Delta T_4 = 3^\circ\text{C}$ ดังแสดงในรูปที่ 9 (ทั้งนี้ค่า ΔT_2 ไม่ได้นำมาพิจารณาเนื่องจากมีตำแหน่งและค่าใกล้เคียงกับของ ΔT_1 มาก) และนำเสนอผลการวิเคราะห์โครงสร้างในรูปแบบของค่าของความเค้นของโครงสร้างซึ่งประกอบด้วย ค่าความเค้นในแนวแกน X, ค่าความเค้นในแนวแกน Y และค่าความเค้นเฉือน ดังแสดงในรูปที่ 10, 11 และ 12 ตามลำดับ โดยพบว่าความเค้นบนแกน X มีค่าสูงเนื่องจากการขยายตัวจากความร้อนบริเวณปีก ซึ่งการขยายตัวไม่สามารถเป็นไปได้อย่างอิสระเพราะบริเวณเอวคานรั้งไว้ ทำให้เกิดหน่วยแรงอัดบริเวณรอยต่อระหว่างเอวคาน และ ปีกคาน มีค่าประมาณ 9.8 MPa และ เกิดหน่วยแรงดึงบริเวณใต้ปีกคาน มีค่าประมาณ 2.33 MPa (ตำแหน่งที่เกิดค่าแรงแสดงด้วยสัญลักษณ์ * ในรูป) โดยในส่วนนี้พบว่ามีการลดลงจากกรณีที่ใช้ค่าอุณหภูมิจากภาคสนามเนื่องจากการเกิดรอยแตกทำให้หน่วยแรงเค้นลดลงบริเวณรอยแตก และหน่วยแรงได้ถ่ายไปยังบริเวณที่ยังไม่เกิดรอยร้าว, ในส่วนของความเค้นบนแกน Y มีค่าสูงบริเวณผิวนอกเอวคานโดยมีค่าประมาณ 8.31 MPa (แสดงด้วยสัญลักษณ์ * ในรูป) เพราะเกิดจากการดัดอันเป็นผลมาจากการขยายตัวของปีกคานในทิศทางแกน X และมีการเกิดรอยร้าวดังแสดงในรูปที่ 13



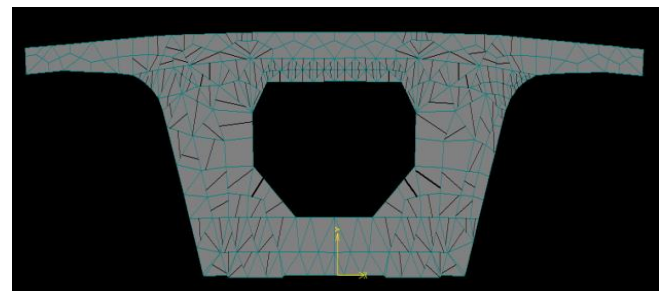
รูปที่ 10 แสดงค่าความเค้นในแนวแกน X บริเวณต่างๆ ของหน้าตัด



รูปที่ 11 แสดงค่าความเค้นในแนวแกน Y บริเวณต่างๆ ของหน้าตัด



รูปที่ 12 แสดงค่าความเค้นเฉือนบนระนาบ XY บริเวณต่างๆ ของหน้าตัด



รูปที่ 13 ตำแหน่งของรอยร้าวที่เกิดขึ้น

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วย 2D ATENA โดยอ้างอิงค่าอุณหภูมิตามมาตรฐาน AASHTO LRFD 2012 และค่าจากภาคสนาม

Temperature Gradient (ΔT)	Crack width	Maximum tensile stress	Maximum Compression stress
($^\circ\text{C}$)	(mm)	(MPa)	(MPa)
AASHTO LRFD 2012			
$\Delta T_1 = 30^\circ\text{C}$	MAX = 2.25×10^{-1}	2.33	9.80
$\Delta T_3 = 7.8^\circ\text{C}$			
$\Delta T_4 = 3^\circ\text{C}$	MIN = 1.05×10^{-4}		
Field test			
$\Delta T_1 = 12.7^\circ\text{C}$	MAX = 8.91×10^{-2}	2.35	4.91
$\Delta T_3 = 1.6^\circ\text{C}$			
$\Delta T_4 = 0.1^\circ\text{C}$	MIN = 6.25×10^{-5}		

ตารางที่ 3 เปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วย 2D ATENA อ้างอิงค่าอุณหภูมิตามมาตรฐาน AASHTO LRFD 2012 และค่าจากภาคสนาม

Description	เปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง
Maximum cracking	60.40%
Maximum tensile stress	-0.86%
Maximum compression stress	49.9%
Temperature Change @ T_1	56.67%

3. ข้อความคิดเห็น

จากข้อมูลที่ได้ทำการตรวจวัด ทำให้ทราบว่า การกระจายตัวของอุณหภูมินั้นมีการแปรผันตลอดเวลา อีกทั้งทิศทางและการวางตัวของโครงสร้างก็มีผลต่อการได้รับค่าความเค้นของการแผ่รังสีของดาวอาทิตย์ดังในงานวิจัยของ B. Gu et al [5] และ J. H. Lee [6] นอกจากนี้การเคลื่อนตัวของโครงสร้างเองสามารถทำให้เกิดแรงที่จุดรองรับได้อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งอาจมีค่าได้มากกว่าการคำนวณตามมาตรฐาน AASHTO ดังในงานวิจัยของ L. White [7] นอกจากนี้ในผลจากการวัดค่าความเครียดของโครงสร้างนั้นทำให้เห็นว่าชิ้นส่วนปีกนั้นค่าความเครียดมากที่สุดซึ่งเกิดจากการที่เป็นส่วนที่รับความร้อนมากที่สุดและผลจากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม 2D ATENA นั้นพบว่าความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นในโครงสร้างนั้นเกิดจาก stress concentration ที่บริเวณมุมของตัวหน้าตัด โดยในทางปฏิบัตินั้นการเกิดรอยร้าวของโครงสร้างอาจส่งผลให้อายุของโครงสร้างนั้นลดลงเนื่องจากเกิดการกัดกร่อนของเหล็กเสริมได้เร็วขึ้น ดังนั้นการนำเรื่องของการออกแบบเพื่อรองรับการขยายตัวของโครงสร้างเนื่องจากอุณหภูมิมาทำการวิเคราะห์เพิ่มเติมนั้นสามารถทำให้ยืดอายุการใช้งานของโครงสร้างได้

4. สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาผลของอุณหภูมิต่อความเค้นในโครงสร้างคานคอนกรีตอัดแรงของกรณีศึกษาโรงไฟฟ้าสายสีเขียว สามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

- 1) จากการเก็บข้อมูลของอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆของหน้าตัดในคานภาคสนาม พบว่าในประเทศไทยนั้นอุณหภูมิของคอนกรีตบริเวณปีกเป็นบริเวณที่มีอุณหภูมิมากที่สุดโดยมีค่ามากกว่าอุณหภูมิบริเวณอื่นของชิ้นส่วนประมาณ 13°C
- 2) การออกแบบของ AASHTO ได้ระบุค่าอุณหภูมิแตกต่างสูงสุด ณ บริเวณปีกคานมีค่าประมาณ 30°C ซึ่งมากกว่าที่วัดได้จากภาคสนาม 57% ส่งผลให้ค่าที่ใช้ในการออกแบบของ AASHTO LRFD-2012 ให้ค่าความเค้นที่สูงกว่า จึงสรุปได้ว่าการใช้ temperature gradient อ้างอิงตามมาตรฐาน AASHTO ใน

การออกแบบ มีความปลอดภัยในแง่ของการป้องกันความเสียหายของโครงสร้างเนื่องจากการขยายตัวของโครงสร้างได้ดี

- 3) จากการวิเคราะห์ค่าของความเค้นในโครงสร้าง ด้วยโปรแกรม ATENA แบบ 2 มิติ โดยใช้อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไปจากการวัดภาคสนาม พบว่า ค่าความเค้นบริเวณปีกมีค่าสูงเนื่องจากการขยายตัวจากความร้อน แต่อย่างไรก็ตาม การขยายตัวไม่สามารถเป็นไปได้อย่างอิสระเนื่องจากบริเวณเอวคานยึดตั้งไว้ทำให้เกิดหน่วยแรงอัดบริเวณรอยต่อระหว่างเอวคานและปีกคาน มีค่าประมาณ 4.91 MPa ซึ่งส่งผลให้หน่วยแรงดึงบริเวณใต้ปีกคาน มีค่าประมาณ 2.35 MPa ซึ่งมีค่าเกินหน่วยแรงดึงที่คอนกรีตสามารถรับได้จึงทำให้เกิดรอยร้าว ดังนั้น คานคอนกรีตขนาดใหญ่ที่มีการติดตั้งในที่มีอุณหภูมิสูง จึงมีโอกาสเกิดการแตกร้าวในระหว่างการใช้งาน จึงควรมีการตรวจสอบคานตลอดอายุการใช้งานเพื่อเพิ่มความปลอดภัยและอายุของโครงสร้างคอนกรีตภายใต้อุณหภูมิที่มีการเปลี่ยนแปลงสูง

5. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัย ขอขอบพระคุณ คุณพิชัย ศรีธยาภินันท์ จากบริษัท เคียววะ เติ่งเกี้ยว (ประเทศไทย) จำกัด ที่ให้การสนับสนุนอุปกรณ์สำหรับเก็บข้อมูลอุณหภูมิสะพานตลอดการทำโครงการวิจัยนี้ ขอขอบพระคุณ เจ้าหน้าที่กรมอุตุนิยมวิทยาสำหรับความอนุเคราะห์ที่ท่านได้สละเวลารวบรวมข้อมูลอุณหภูมิเพื่อนำมาประกอบงานวิจัย นอกจากนี้ คณะผู้วิจัย ขอขอบพระคุณ นายพงศกร ทองมณี โพรเจกต์เอนจิเนียร์ บริษัทอิตาเลียนไทย ดีเวลอปเมนต์ จำกัด ที่ให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกในการเก็บข้อมูลเพื่องานวิจัยนี้

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] AASHTO LRFD Bridge Design Specifications, Customary U.S. Units (6th Edition), American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), Washington, D.C., 2012.
- [2] C. W. Roeder, "Proposed Design Method for Thermal Bridge Movements", *J. Bridge. Eng.*, vol 8(1), pp.12-19, 2003.
- [3] S. R. Abid et al., "Finite Element Thermal Analysis of Deep Box-Girders", *Int. J. Civil Eng. and Technology*, vol. 7(1), pp. 128-139, 2016.
- [4] P. J. Barr et al., "Effects of temperature variations on precast, prestressed concrete bridge girders", *J. Bridge Eng.*, vol 10(2), pp. 186-194, 2005.

- [5] B. Gu and Z. J. Chen, "Temperature gradients in concrete box girder bridge under effect of cold wave" *J. Central South University*, vol. 21(3), pp. 1227-1241, 2014.
- [6] J. H. Lee, "Investigation of extreme environmental conditions and design thermal gradients during construction for prestressed concrete bridge girders", *J. Bridge Eng.*, vol. 17(3), pp. 547-556, 2011.
- [7] L. White, "Thermal Gradients in Southwestern United States and the Effect on Bridge Bearing Loads", Doctoral dissertation, University of Nevada, Reno, USA., 2017.
- [8] รศ.ดร.ทศพล ปิ่นแก้ว และ มนต์เกียรติ์ ชนินทรลีลา, "การออกแบบสะพาน", จำนวน 2000 เล่ม, พิมพ์ครั้งที่ 1, บริษัท จูนพับลิชชิ่ง, กรุงเทพฯ, 2558