

ผลกระทบต่อการโก่งตัวและความเค้นในสะพานคานยื่นสมดุล เนื่องจากการปรับเปลี่ยนงานก่อสร้าง

Effects on Deflection and Stress in Balanced Cantilever Bridge due to Modification of Construction Plan

สุทธิพงษ์ ชมพิกุล ชรรมนบุญ สุสำเภา
ภาควิชาวิศวกรรมโยธา วิทยาลัยวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ใช้โปรแกรม SAP2000 ทำการวิเคราะห์ตามขั้นตอนการก่อสร้างของสะพานคานยื่นสมดุลประเภทหล่อในที่ ตามแบบมาตรฐานของกรมทางหลวง กรณีที่มีช่วงหลักยาว 80 เมตร ซึ่งในการออกแบบได้ใช้มาตรฐาน ASSTHO LRFD 2012 โดยกำหนดระยะเวลาในการหล่อแต่ละชิ้นส่วน (T_s) เท่ากับ 7 วัน และกำหนดให้ใช้แบบหล่อที่เคลื่อนที่ได้ซึ่งมีน้ำหนัก (CE) 450 กิโลนิวตัน เปรียบเทียบกับกรณีที่มีการปรับเปลี่ยนงานก่อสร้างเป็นใช้ค่า T_s เป็น 10, 13 หรือ 16 วัน หรือใช้ค่า CE เป็น 517.5, 585 หรือ 675 กิโลนิวตัน

จากการวิเคราะห์ทำให้ได้ค่าการโก่งตัว และความเค้นที่จุดต่างๆ และที่เวลาต่างๆ โดยได้นำค่าที่สำคัญคือ การโก่งตัวที่ต่างกันของปลายยื่นของคานทั้งสองข้างที่บริเวณกลางสะพานก่อนทำการเชื่อมต่อกัน (Δ') และค่าความเค้นที่บริเวณหัวเสาและที่กลางสะพานหลังทำการเชื่อมต่อกันแล้ว 10,000 วัน (σ) จากกรณีที่มีการก่อสร้างเป็นไปตามแผนงาน และมีการปรับเปลี่ยนงาน มาเปรียบเทียบกันและแสดงในรูปของกราฟ โดยสรุปค่า Δ' มากที่สุดเป็น 40.5% เมื่อค่า T_s เท่ากับ 16 วัน และค่า CE เป็น 675 กิโลนิวตัน และค่า σ มากที่สุดเป็น 20.1% เมื่อค่า T_s เท่ากับ 16 วัน และค่า CE เป็น 675 กิโลนิวตัน

คำสำคัญ : สะพานคานยื่นสมดุล, การวิเคราะห์ตามขั้นตอนการก่อสร้าง, การปรับเปลี่ยนงานก่อสร้าง

Abstract

In this research, SAP2000 program were employed to analyze a cast-in-situ pre-stressed concrete balanced cantilever bridge. Construction stages were taken into account. The bridge main span is 80 m and was designed according to AASHTO LRFD 2012 standard with 7 days/segment construction duration (T_s) using movable formworks with 450 kN weight each (CE). This was compared to cases where construction plan was adjusted, i.e., $T_s = 10, 13, \text{ or } 16$ days and/or $CE = 517.5, 585 \text{ or } 675$ kN.

From the analyses, deflections and stresses were obtained at various points and at various times. Important values are difference in deflections between cantilever ends of the beams at mid-span of the bridge before joining (Δ') and stresses in beams at pier segment and at mid-span at 10,000 days after joining (σ). The values in cases where construction was as planned and was adjusted were compared and shown in graphs. Δ' was maximal at 40.5% when T_s was 16 days and CE was 675 kN. σ was maximal at 20.1% when T_s was 16 days and CE was 675 kN.

Keywords : Balanced cantilever bridge, Analysis with construction stage, Modification of construction

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. บทนำ

การก่อสร้างสะพานข้ามลำน้ำ คลอง หรือแม่น้ำสายหลักที่มีความกว้างมาก โดยทั่วไปนิยมเลือกใช้วิธีการก่อสร้างแบบคานยื่นสมดุล (Balanced Cantilever Bridge)

พฤติกรรมของโครงสร้างสะพานแบบนี้ ขึ้นอยู่กับขั้นตอนการก่อสร้าง (Construction Stage) ในการออกแบบรายละเอียดจึงต้องกำหนดขั้นตอนการก่อสร้างแล้ววิเคราะห์โครงสร้างตามที่กำหนด เมื่อมาทำการก่อสร้างจริงอาจมีการปรับแผนงานก่อสร้าง แต่ผู้ทำการก่อสร้างมักจะไม่ได้ทำการวิเคราะห์โครงสร้างตามขั้นตอนการก่อสร้างใหม่ เนื่องจากมีความยุ่งยาก ซับซ้อน และใช้เวลานาน ค่าการโก่งตัว (Deflection) และค่าความเค้น (Stress) ที่เกิดขึ้นในคานสะพานจึงแตกต่างจากที่เคยวิเคราะห์ไว้ และอาจทำให้เกิดความเสียหายแก่สะพานได้

Bishara and Papakonstantinou [1] ทำการวิเคราะห์โครงสร้าง 2 มิติ โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้นสำหรับการวิเคราะห์การหล่อที่เพิ่มขึ้นของคานคอนกรีตอัดแรงรูปกล่องที่มีความลึกแตกต่างกัน ต่อมา Chiu et. al. [2] เสนอวิธีการควบคุมการโก่งตัวของโครงสร้างคานสะพาน จำเป็นต้องทำการอัดแรงในช่วงระยะเวลาที่เหมาะสม

Mondorf et. al. [3] ทางเลือกในการก่อสร้างสะพานโดยใช้สะพานเครมเมอร์ (Kramer) และสะพาน โรเซครานส์ (Rosecrans) ซึ่งบริเวณที่ทำการก่อสร้างเต็มไปด้วยขยะอันตราย และแยกที่มีการจราจรวุ่นวาย รวมถึงมีปัญหาในการตอกเสาเข็ม ซึ่งได้สรุปว่าในการเลือกใช้วิธีการก่อสร้างสะพานคานยื่นสมดุลถือว่าเป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุด ต่อมา Lglesias [4] ศึกษาพฤติกรรมในระยะยาวของสะพานโดยใช้ชิ้นส่วนสำเร็จรูป และได้นำเสนอกระบวนการในการวิเคราะห์ 3 วิธีคือ เพิ่มระยะเวลาที่แน่นอนในแต่ละขั้นตอน ใช้วิธีอย่างง่ายในการรวมผลกระทบช่วงเวลาของการคืบและการหดตัว และเปรียบเทียบทั้งสองวิธี

จะเห็นว่าวิธีการรวมถึงกระบวนการในการก่อสร้างสะพาน จะมีผลกระทบต่อพฤติกรรมของโครงสร้างสะพาน หากมีการปรับแผนการก่อสร้าง ดังนั้นจึงได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำการศึกษาระดับของผลกระทบจากการปรับแผนงานก่อสร้าง

2. ขอบเขตการศึกษา

2.1 ศึกษาสะพานแบบคานยื่นสมดุลตามแบบมาตรฐานของกรมทางหลวง [5] ในกรณีที่มีสะพานที่มีช่วงหลัก (Main Span) จำนวน 1 ช่วงและมีความยาวช่วงหลัก 80 เมตร

2.2 วิเคราะห์ผลเมื่อการก่อสร้างเป็นไปตามแผนงานตามกำหนดดังนี้

- ระยะเวลาในการหล่อแต่ละชิ้นส่วน (T_S) เป็น 7 วัน
- ระยะเวลาในการย้ายชุดแบบหล่อที่เคลื่อนที่ได้ (T_M) เป็น 30 วัน

- น้ำหนักแบบหล่อที่เคลื่อนที่ได้ (CE) มีค่าเท่ากับ 450 kN

2.3 วิเคราะห์ผลเมื่อการก่อสร้างเบี่ยงเบนไปจากแผนงานกำหนดดังนี้

- T_S มีค่าเท่ากับ 10, 13 และ 16 วัน
- CE มีค่าเท่ากับ 1.15, 1.30 และ 1.50 เท่าของ 450 kN

2.4 ใช้ค่าความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity) โดยเฉลี่ยของประเทศไทย ซึ่งมีค่าเท่ากับ 75%

2.5 วิเคราะห์ผลของการโก่งตัว และค่าความเค้นที่เกิดขึ้นกับคานสะพาน

2.6 ใช้มาตรฐานการออกแบบสะพาน AASHTO LRFD ฉบับปี 2012 [6]

2.7 สะพานมี 3 ช่องการจราจร มีความกว้าง 14.5 เมตร

2.8 กำหนดให้มีชุดของ From Traveler ที่ใช้ในระหว่างการก่อสร้างมีจำนวน 2 ชุด

2.9 ใช้โปรแกรม SAP2000 ในการคำนวณและวิเคราะห์ผลในระหว่างการก่อสร้าง โดยโครงสร้างสะพานมีพฤติกรรมเป็นเชิงเส้น (Linear Analysis)

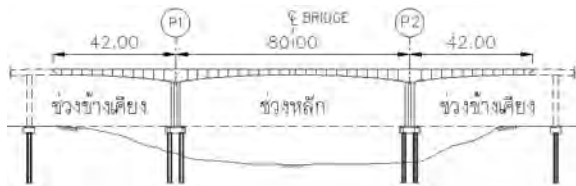
2.10 ไม่พิจารณาผลของแรงแผ่นดินไหว (Earthquake)

3. รายละเอียดการศึกษา

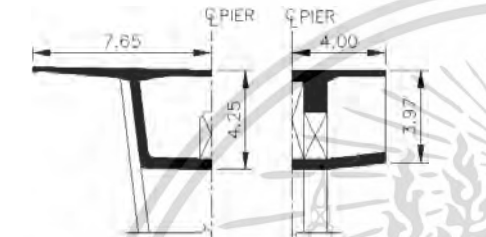
ประกอบด้วย 3 ส่วน คือ การพิจารณาลักษณะของสะพาน แรงที่กระทำต่อคานสะพานในระหว่างทำการก่อสร้าง (Construction Loads) และแผนงานการก่อสร้างคานสะพาน

3.1 ลักษณะของสะพาน

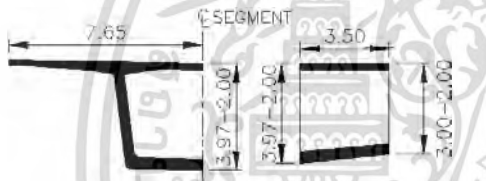
มีความยาวช่วงหลัก (Main Span) คือ 80 เมตร และช่วงข้างเคียง (Side Span) เป็น 42 เมตร ดังรูปที่ 1 และหน้าตัดของคานสะพานมีลักษณะ ดังรูปที่ 2 โดยการอัดแรงเป็นระบบอัดแรงภายใน (Internal Post-Tensioned) ดังรูปที่ 3



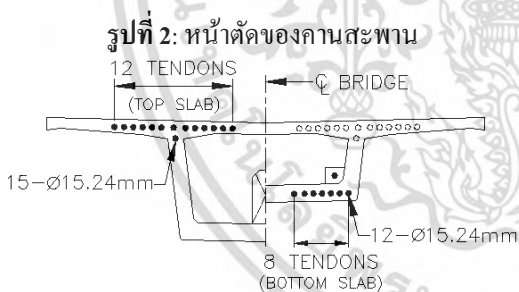
รูปที่ 1: ลักษณะของสะพาน



(ก): ชิ้นส่วนที่อยู่บนหัวเสา



(ข): ชิ้นส่วนอื่นๆ

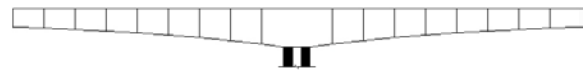


รูปที่ 3: ระบบลวดอัดแรงภายใน

โดยลวดอัดแรงด้านบนทำหน้าที่รับโมเมนต์ดัด ถูกดึงด้วยแรง 3900 kN/กลุ่มลวด และลวดอัดแรงด้านล่างทำหน้าที่รับโมเมนต์บวก ถูกดึงด้วยแรง 3120 kN/กลุ่มลวด สะพานใช้คอนกรีตที่มีกำลังรับแรงอัด (f_c') เท่ากับ 50 MPa และลวดอัดแรงเป็นลวดตีเกลียวอัดแรงชนิดคลายตัวต่ำ ชั้นคุณภาพ 1860

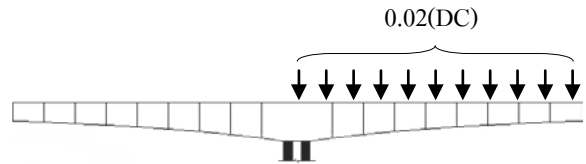
3.2 แรงที่กระทำต่อคานสะพานในระหว่างทำการก่อสร้าง

ก. น้ำหนักของโครงสร้างที่สร้างเสร็จแล้ว (DC) ใช้รองรับน้ำหนักส่วนที่กำลังก่อสร้าง ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4: น้ำหนักของโครงสร้างที่สร้างเสร็จแล้ว

ข. น้ำหนักบรรทุกคงที่ที่แตกต่างกัน (DIFF) คิดเป็นร้อยละ 2 ของน้ำหนักบรรทุกคงที่ ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5: น้ำหนักบรรทุกคงที่ที่แตกต่างกัน

ค. น้ำหนักบรรทุกจากรากการก่อสร้าง (CLL) เป็นน้ำหนักบรรทุกกระจายสม่ำเสมอมีค่าเท่ากับ 2.4×10^{-4} MPa หรือ 4.8×10^{-4} MPa ดังรูปที่ 6



รูปที่ 6: น้ำหนักบรรทุกจากรากการก่อสร้าง

ง. น้ำหนักบรรทุกเนื่องจากเครื่องมือที่ใช้ก่อสร้าง (CE) มีค่าเท่ากับ 450 KN ดังรูปที่ 7



รูปที่ 7: น้ำหนักบรรทุกเนื่องจากเครื่องมือที่ใช้ก่อสร้าง

จ. แรงกระแทกเนื่องจากเครื่องมือที่ใช้ก่อสร้าง (IE) คิดเป็นร้อยละ 10 ของน้ำหนัก CE ดังรูปที่ 8



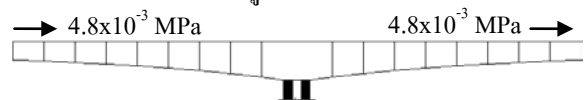
รูปที่ 8: แรงกระแทกเนื่องจากเครื่องมือที่ใช้ก่อสร้าง

ฉ. น้ำหนักบรรทุกตายตัวจากการหล่อคานไม่สมดุล (U) เนื่องมาจากการหล่อคานสะพานไม่เท่ากัน ดังรูปที่ 9



รูปที่ 9: น้ำหนักจากการหล่อคานสะพานไม่สมดุล

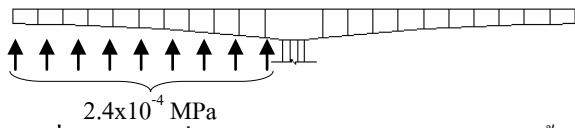
ช. แรงลมที่กระทำต่อเครื่องมือที่ใช้ก่อสร้าง (WE) มีค่าเท่ากับ 4.8×10^{-3} MPa ดังรูปที่ 10



รูปที่ 10: แรงลมที่กระทำต่อเครื่องมือที่ใช้ก่อสร้าง

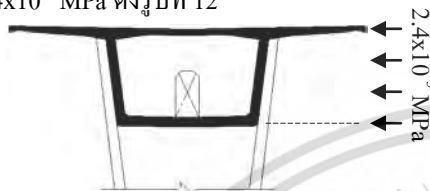
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข. แรงลมที่กระทำให้โครงสร้างคานสะพานยกขึ้น (WUP) มีค่าเท่ากับ 2.4×10^{-4} MPa ดังรูปที่ 11



รูปที่ 11: แรงลมที่กระทำให้โครงสร้างคานสะพานยกขึ้น

ณ. แรงลมที่กระทำต่อโครงสร้างคานสะพาน (WE) มีค่าเท่ากับ 2.4×10^{-3} MPa ดังรูปที่ 12



รูปที่ 12: แรงลมที่กระทำต่อโครงสร้างคานสะพาน

ญ. ผลกระทบอื่นๆ ดังนี้ ผลจากอุณหภูมิ (TU) การคืบ (CR) และการหดตัว (SH) ของคอนกรีต โดยพิจารณาตามมาตรฐานข้อกำหนด ASSTHO [6]

3.2.1 การรวมแรงเพื่อตรวจสอบโครงสร้าง

ผลรวมของแรงในสภาวะใช้งาน (Service, S) ดังนี้

$$S = 1.0(DC) + 1.0(DIFF) + 1.0(CLL) + 1.0(CE) + 1.0(IE) + 1.0(CR) + 1.0(SH) + 1.0(TU) \dots \dots \dots (1)$$

$$S = 1.0(DC) + 1.0(U) + 1.0(CLL) + 1.0(CLL) + 1.0(IE) + 1.0(CR) + 1.0(SH) + 1.0(TU) \dots \dots \dots (2)$$

$$S = 1.0(DC) + 1.0(DIFF) + 0.7(WS) + 0.7(WUP) + 1.0(CR) + 1.0(SH) + 1.0(TU) \dots \dots \dots (3)$$

$$S = 1.0(DC) + 1.0(DIFF) + 1.0(CLL) + 1.0(CE) + 1.0(WUP) + 0.7(WS) + 0.7(WE) + 1.0(CR) + 1.0(SH) + 1.0(TU) \dots \dots \dots (4)$$

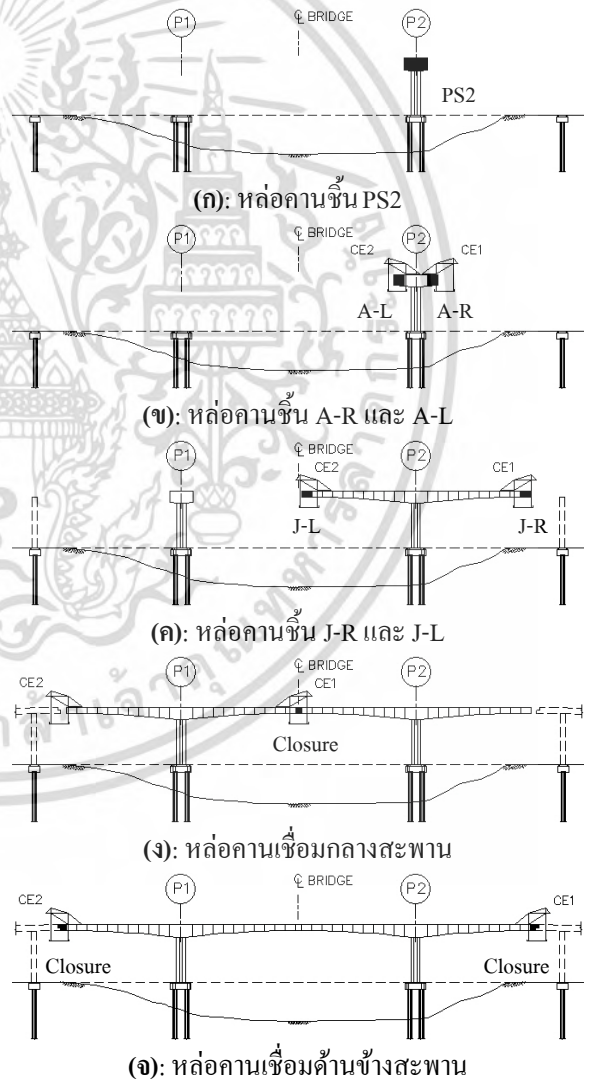
$$S = 1.0(DC) + 1.0(U) + 1.0(CLL) + 1.0(CE) + 1.0(IE) + 0.3(WS) + 0.3(WE) + 1.0(CR) + 1.0(SH) + 1.0(TU) \dots \dots \dots (5)$$

$$S = 1.0(DC) + 1.0(CLL) + 1.0(CE) + 1.0(IE) + 0.3(WS) + 0.3(WE) + 1.0(CR) + 0.3(SH) + 0.3(TU) \dots \dots \dots (6)$$

3.3 วิธีการก่อสร้างคานสะพาน

แยกการก่อสร้างคานสะพานออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่ยื่นออกจากเสาด้านที่ 1 (P1) และส่วนที่ยื่นออกจากเสาด้าน

ที่ 2 (P2) พิจารณารับขั้นตอนการก่อสร้างดังรูปที่ 13 โดยหล่อคานสะพานขึ้นแรก (PS2) บนหัวเสา P2 ดังรูป (ก) ติดตั้งไม้แบบ CE1 หล่อคานสะพานด้านขวา (ขึ้น A-R) เลื่อน CE1 ไปด้านขวา ติดตั้ง CE2 หล่อคานสะพานด้านซ้าย (ขึ้น A-L) ทำการดึงลวดอัดแรงด้านบน ดังรูป (ข) เลื่อน CE1 และ CE2 แล้วหล่อคานสะพานทั้งสองด้านพร้อมกัน (ขึ้น J-R และ J-L) ดึงลวดอัดแรงด้านบน ดังรูป (ค) จากนั้นเปลี่ยนการก่อสร้างไปที่เสาช่วง P1 โดยทำการก่อสร้างคานสะพานเหมือนกับเสาช่วง P2 จากนั้นทำการหล่อคานเชื่อมบริเวณกลางและด้านข้าง (Closure) ของสะพาน ดึงลวดอัดแรงด้านล่าง ดังรูป (ง) และรูป (จ) ตามลำดับ

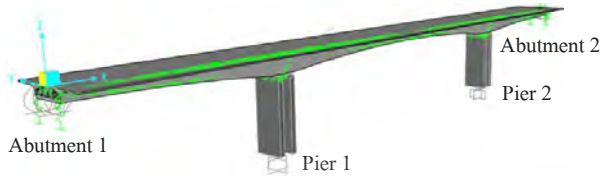


รูปที่ 13: ขั้นตอนการก่อสร้างคานสะพาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. แบบจำลองโครงสร้างสะพาน

เนื่องจากจำนวนที่ทำการศึกษามีทั้งหมด 16 กรณี ดังตารางที่ 1 โดยใช้โปรแกรม SAP2000 เข้ามาช่วยในการวิเคราะห์และตรวจสอบโครงสร้างสะพาน ดังรูปที่ 14



รูปที่ 14: แบบจำลอง 3 มิติโดยโปรแกรม SAP2000

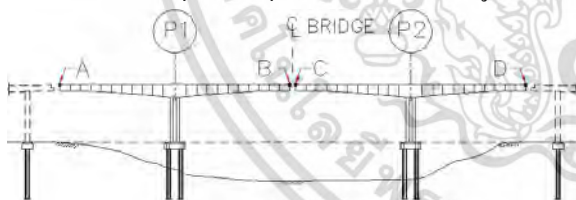
ตารางที่ 1 กรณีที่ทำการศึกษา

กรณี	ค่า CE (kN)	ค่า T _S (วัน)
ก) ตามแผนงาน	450.0	7
ข) มีการปรับ แผนงาน	450.0	10, 13, 16
	517.5	7, 10, 13, 16
	585.0	7, 10, 13, 16
	675.0	7, 10, 13, 16

5. ผลการศึกษา

5.1 ค่าการโก่งตัว

พิจารณาบริเวณปลายของคานสะพานก่อนจะทำการหล่อเชื่อมคานสะพานเข้าด้วยกัน (ยื่นยาวที่สุด) แบ่งการตรวจสอบเป็น 4 จุด คือ ที่จุด A, B, C และ D ดังรูปที่ 15



รูปที่ 15: จุดที่พิจารณาการโก่งตัว

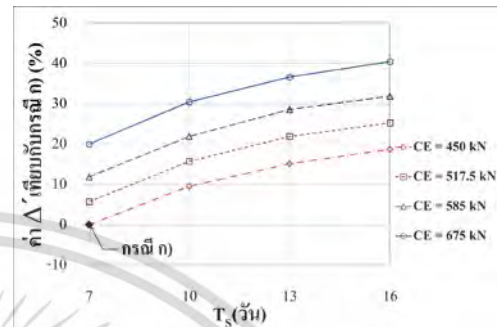
จากการวิเคราะห์ในกรณี ก) สามารถสรุปค่าการโก่งตัวที่เกิดขึ้น ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ค่าการโก่งตัวในกรณี ก) มีหน่วยเป็นเมตร (m)

ที่จุด A	ที่จุด B	ที่จุด C	ที่จุด D
-0.047	-0.050	-0.071	-0.007

เนื่องจากการโก่งตัวที่จุด B และจุด C มีผลกระทบต่อ การหล่อเชื่อมคานสะพานช่วง P1 เข้ากับ P2 ดังนั้นจึงทำ การพิจารณาค่าการโก่งตัวที่ต่างกันของสองจุด (Δ') พบว่าค่า Δ' มีค่าเท่ากับ 0.021 เมตร

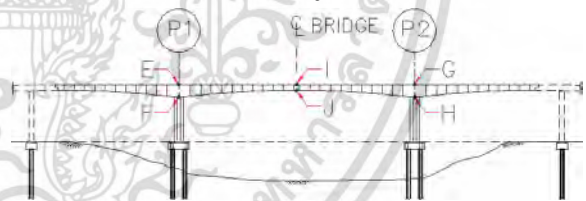
ได้เปรียบเทียบกับค่า Δ' ของกรณี ข) เทียบกับค่าในกรณี ก) เป็น % และแสดงเป็นกราฟในรูปที่ 16 ซึ่งเห็นได้ว่าเมื่อ ค่า CE หรือ T_S เพิ่มขึ้นค่า Δ' จะเพิ่มขึ้น โดยคลาดเคลื่อน ไปจากที่เคยวิเคราะห์ไว้ถึง 40.5% ในกรณีที่ CE = 675 kN และ T_S = 16 วัน



รูปที่ 16: เปรียบเทียบค่า Δ' เมื่อมีการปรับแผนงาน

5.2 ค่าความเค้น

ได้พิจารณาค่าความเค้น (σ) หลังเชื่อมคานสะพานเข้าด้วยกันแล้ว 10000 วัน ซึ่งมีผลของการคืบและหดตัวของคอนกรีต รวมไปถึงการสูญเสียแรงดึงของลวดอัดแรง โดยพิจารณาที่ผิวบนและล่างของชิ้นส่วนคาน บริเวณหัวเสา P1, P2 และกลางสะพาน แบ่งการตรวจสอบออกเป็น 6 จุด คือที่จุด E, F, G, H, I และ J ดังรูปที่ 17



รูปที่ 17: จุดที่พิจารณาค่า σ

ผลจากการวิเคราะห์ในกรณี ก) สามารถสรุปค่า σ ดังแสดงในตารางที่ 3 โดยที่ค่า σ มีค่าเป็นบวก (+) จะเป็นหน่วยแรงดึง และมีค่าเป็นลบ (-) จะเป็นหน่วยแรงอัด

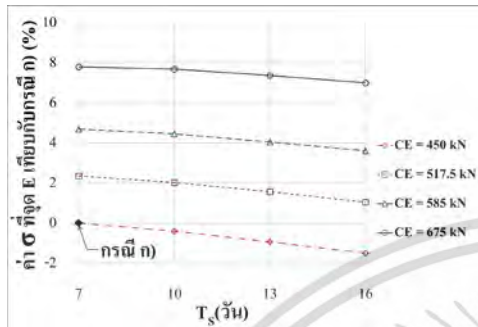
ตารางที่ 3 ค่า σ ในกรณี ก) หลังเชื่อมต่อแล้ว 10000 วัน มีหน่วยเป็นเมกะปาสกาล (MPa)

ที่จุด E	ที่จุด F	ที่จุด G	ที่จุด H	ที่จุด I	ที่จุด J
7.72	-28.67	7.83	-28.97	-11.48	6.48

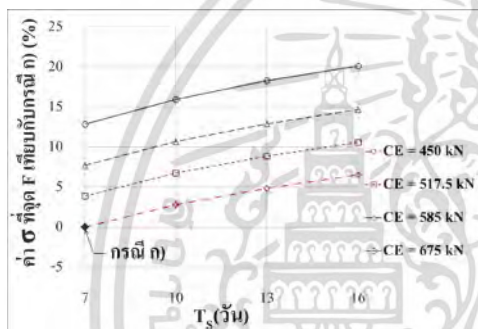
ได้เปรียบเทียบกับค่า σ ของกรณี ข) เทียบกับค่าในกรณี ก) เป็น % และแสดงเป็นกราฟในรูปที่ 17 ซึ่งค่า σ ที่จุด E กับ G และ F กับ H มีค่าใกล้เคียงกัน ดังนั้นจึงเลือกแสดงผล 4 จุดคือที่จุด E, F, I และ J

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สวชนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

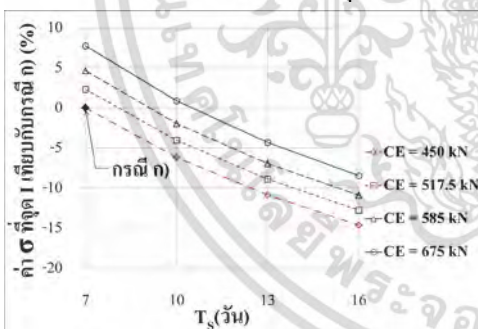
เมื่อค่า CE เพิ่มขึ้น ค่า σ จะเพิ่มขึ้นในทุกกรณี แต่เมื่อค่า T_s เพิ่มขึ้น ค่า σ ที่จุด E, I และ J จะลดลง แต่ค่า σ ที่จุด F จะเพิ่มขึ้น เมื่อพิจารณาความคลาดเคลื่อนไปจากที่เคียววิเคราะห์ไว้จะเห็นว่าค่ามากที่สุดเป็น 20.1% โดยเป็นค่า σ ที่จุด F ในกรณีที่ CE = 675 kN และ $T_s = 16$ วัน



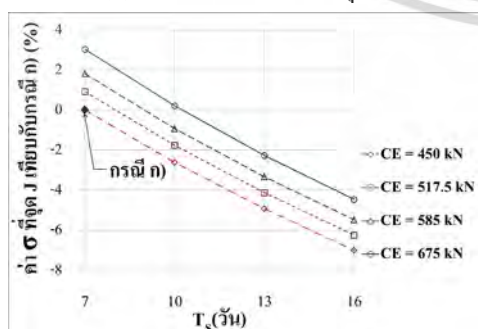
(ก): เปรียบเทียบค่า σ ที่จุด E



(ข): เปรียบเทียบค่า σ ที่จุด F



(ค): เปรียบเทียบค่า σ ที่จุด I



(ง): เปรียบเทียบค่า σ ที่จุด J

รูปที่ 17: เปรียบเทียบค่า σ ที่เกิดขึ้นหลังเชื่อมคานสะพาน

แล้ว 10000 วัน เมื่อมีการปรับแผนงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. สรุปผลการศึกษา

การปรับแผนงานก่อสร้างทำให้พฤติกรรมของสะพานคานยื่นสมดุลเปลี่ยนแปลงไปจากค่าที่เคียววิเคราะห์ไว้เมื่อออกแบบสะพาน เนื่องจากความเค้น และผลจากการคืบ การหดตัว และการคลายตัวของลวดอัดแรงเปลี่ยนไป

ได้ศึกษาผลกระทบเมื่อต้องใช้เวลาในการหล่อแต่ละชั้นส่วน (T_s) มากขึ้น หรือต้องใช้แบบหล่อที่เคลื่อนที่ได้ ซึ่งมีน้ำหนัก (CE) มากกว่าที่กำหนดไว้ โดยการโค้งตัวที่ต่างกันของปลายยื่นของคานทั้งสองข้างที่บริเวณกลางสะพานก่อนทำการเชื่อมต่อกันมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อ T_s หรือ CE เพิ่มขึ้น โดยคลาดเคลื่อนไปได้มากที่สุด 40.5% และค่าความเค้นหลังจากเชื่อมคานสะพานแล้ว 10000 วัน โดยทั่วไปมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อค่า CE เพิ่มขึ้น หรือ T_s ลดลง โดยคลาดเคลื่อนไปได้มากที่สุด 20.1%

หากต้องการจำกัดความคลาดเคลื่อนไม่ให้เกิน 10% จะต้องไม่ให้ค่า CE เกินกว่า 15% ของค่าที่ใช้ออกแบบ และไม่ให้ค่า T_s คลาดเคลื่อนเกิน 3 วัน หากเกินกว่าค่าดังกล่าวควรมีการวิเคราะห์โครงสร้างอีกครั้งหนึ่งโดยใช้ข้อมูลตามแผนงานที่ปรับเปลี่ยนไป

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] A. Bishara and N. Papakonstantinou, "Analysis of Cast-In-Place Concrete Segmental Cantilever Bridges," American Society of Civil Engineers, vol. 11, pp. 1247–1268, 1990.
- [2] H. Chiu, J. Chern and K. Chang, "Long-Term Deflection Control in Cantilever Prestressed Concrete Bridges," American Society of Civil Engineers, vol. 122, pp. 489–494, 1996.
- [3] P. Mondorf, J. Kuprenas and E. Kordahi, "Segmental Cantilever Bridge Construction Case Study," American Society of Civil Engineers, vol. 123, pp. 78–84, 1997.
- [4] C. Lglesias, "Long-Term Behavior of Precast Segment Cantilever Bridges," American Society of Civil Engineers, vol. 3, pp. 340–349, 2006.

- [5] Department of Highways, Kingdom of Thailand, “Standard Drawings for Long Span Bridge,” June, 2006.
- [6] AASTHO, LRFD Bridge Design Specifications, 6th ed., American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, DC, 2012.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้