

การศึกษาพฤติกรรมที่เกิดขึ้นของคานสะพานรูปกล่องขึ้นส่วนสำเร็จรูปแบบต่อเนื่อง

เมื่อเปลี่ยนแปลงจำนวนตู้โดยสารของรถไฟฟ้า

STUDY ON STRUCTURAL BEHAVIORS OF CONTINUOUS SPAN

PRECAST SEGMENTAL BOX GIRDER WHEN INCREASING

THE NUMBER OF SKY TRAIN CARRIAGES



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

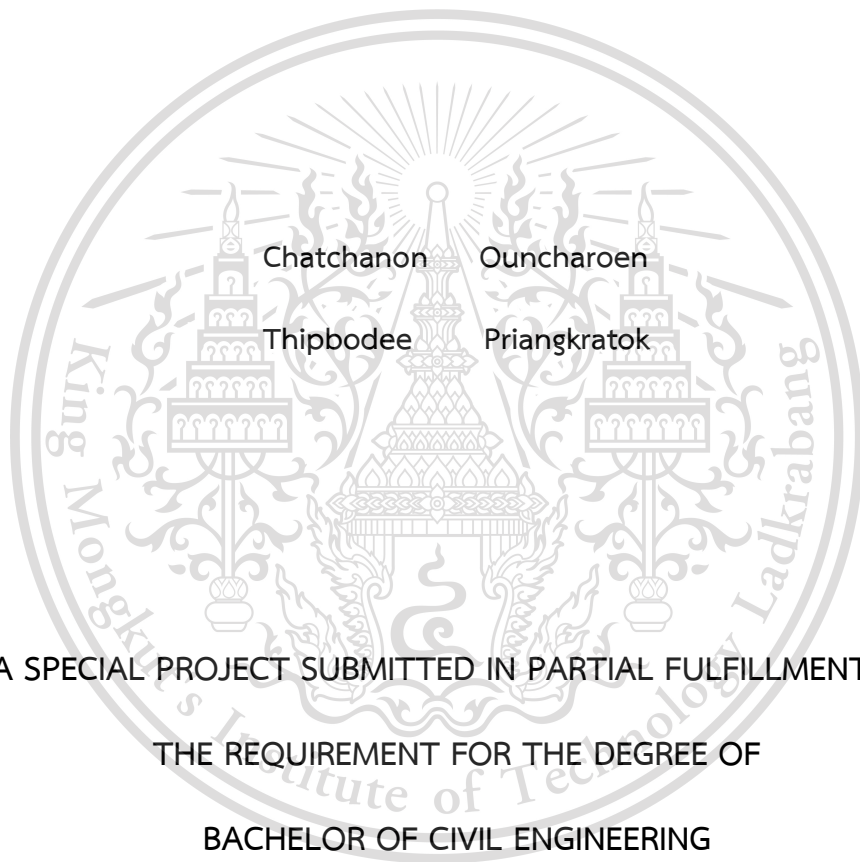
ปีการศึกษา 2563

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

STUDY ON STRUCTURAL BEHAVIORS OF CONTINUOUS SPAN
PRECAST SEGMENTAL BOX GIRDER WHEN INCREASING
THE NUMBER OF SKY TRAIN CARRIAGES



A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF
THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF CIVIL ENGINEERING

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING, FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ACADEMIC YEAR 2020

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

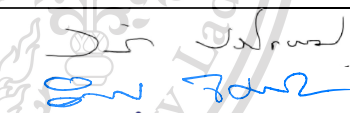


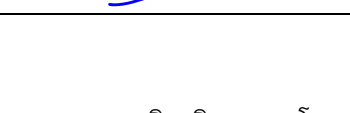

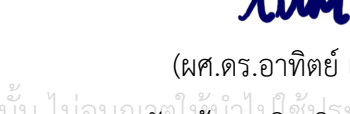
ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองโครงการพิเศษ

หัวข้อโครงการพิเศษ การศึกษาพฤติกรรมที่เกิดขึ้นของคานสะพานรูปกล่องขึ้นส่วนสำเร็จรูป
แบบต่อเนื่องเมื่อเปลี่ยนแปลงจำนวนตู้โดยสารของรถไฟฟ้า
STUDY ON STRUCTURAL BEHAVIORS OF CONTINUOUS SPAN
PRECAST SEGMENTAL BOX GIRDER WHEN INCREASING THE NUMBER
OF SKY TRAIN CARRIAGES

นักศึกษา นายชัชชานนท์ อุ่นเจริญ รหัสนักศึกษา 60010217
นายธิบัติ เปรียงกระโทก รหัสนักศึกษา 60010472

หลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา
อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.อัฐวิทย์ สุจริตพงศ์

คณะกรรมการสอบโครงการพิเศษ	ลายมือชื่อ
ผศ.ดร.อัฐวิทย์ สุจริตพงศ์	
ผศ.ดร.อำพน จรัสรุ่งเกียรติ	
ผศ.ดร.อาทิตย์ เพชรศศิธร	
รศ.สุวัฒน์ ธีรเศรษฐ์	
ดร.ณัฐดนัย สีนสมุทรผดุง	
อ.ทรงกลด แซ่อึ้ง	

ภาควิชาวิศวกรรมโยธารับรองแล้ว



(ผศ.ดร.อาทิตย์ เพชรศศิธร)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำซ้ำเพื่อประโยชน์ทางการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารที่นำออกไปใช้

วันที่ 31/05/64

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

การศึกษาพฤติกรรมที่เกิดขึ้นของคานสะพานรูปกล่องขึ้นส่วนสำเร็จรูป แบบต่อเนื่องเมื่อเปลี่ยนแปลงจำนวนตู้โดยสารของรถไฟฟ้า

นายชัชชานนท์ อุ่นเจริญ รหัสนักศึกษา 60010217
นายธิบดี เปรียงกระโทก รหัสนักศึกษา 60010472

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร. อัฐวิทย์ สุจริตพงศ์
ปีการศึกษา 2563

บทคัดย่อ

บทความนี้เป็นการศึกษาพฤติกรรมการศึกษาพฤติกรรมของโครงสร้างคานสะพานรูปกล่องขึ้นส่วนสำเร็จรูป ภายใต้การรับน้ำหนักบรรทุกของรถไฟฟ้าบีทีเอสเมื่อเปลี่ยนแปลงจำนวนตู้โดยสาร เนื่องจากในช่วงเวลาเร่งด่วนพบว่า มีจำนวนผู้ใช้บริการเป็นจำนวนมากทำให้ต้องมีการเพิ่มจำนวนของตู้โดยสารขึ้น ทั้งนี้การเพิ่มจำนวนตู้โดยสารต้องพิจารณาถึงโครงสร้างสะพานที่ต้องรับน้ำหนักบรรทุกเพิ่มมากขึ้นโดยไม่ทำให้หน่วยแรงที่เกิดขึ้นในโครงสร้างเกินกว่าค่าที่ออกแบบไว้ โดยทำการพิจารณาผลการวิเคราะห์หน่วยแรงและการแอ่นตัวที่เกิดขึ้นเปรียบเทียบกับค่าที่ยอมให้ตามการออกแบบตามมาตรฐานของสมาคมทางหลวงและการขนส่งสหรัฐอเมริกา การศึกษาวิจัยนี้เป็นการจำลองโครงสร้างสะพานคอนกรีตอัดแรงแบบต่อเนื่องสามช่วงสะพานแบบสามมิติ ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ รับน้ำหนักบรรทุกของรถไฟฟ้าบีทีเอส และตรวจสอบพฤติกรรมของหน่วยแรงในคอนกรีต ลวดอัดแรง เหล็กเสริม และการแอ่นตัวที่เกิดขึ้นจริงเปรียบเทียบกับค่าหน่วยแรงและการแอ่นตัวที่ยอมให้ตามมาตรฐานของสมาคมทางหลวงและการขนส่งสหรัฐอเมริกา ด้วยวิธีตัวคูณเพิ่มและความต้านทานของน้ำหนัก ผลการวิจัยพบว่า (1) หน่วยแรงที่เกิดขึ้นในคอนกรีตที่ผิวบน เมื่อรับน้ำหนักบรรทุกของรถไฟฟ้าบีทีเอสในแต่ละกรณีมีค่าสูงสุดเท่ากับ 17.67 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร (2) หน่วยแรงที่เกิดขึ้นในคอนกรีตที่ผิวล่าง เมื่อรับน้ำหนักบรรทุกของรถไฟฟ้าบีทีเอสในแต่ละกรณีมีค่าสูงสุดเท่ากับ 23.56 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร (3) หน่วยแรงดึงในลวดอัดแรงภายหลังการสูญเสียแรงดึง เมื่อรับน้ำหนักบรรทุกของรถไฟฟ้าบีทีเอสในแต่ละกรณี พบว่ามีค่าใกล้เคียงกันโดยมีค่าสูงสุด 11,623.95 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร (4) หน่วยแรงเฉือนในคอนกรีตและเหล็กเสริม กรณีรับน้ำหนักบรรทุกรถไฟฟ้าจำนวน 3 ตู้โดยสารมีค่าสูงสุด 537,775 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และกรณีรับน้ำหนักบรรทุกรถไฟฟ้าจำนวน 4-6 ตู้โดยสารมีค่าสูงสุด 541,980 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร (5) ค่าการแอ่นตัว เมื่อรับน้ำหนักบรรทุกในแต่ละกรณีมีค่าสูงสุดเท่ากับ 8.62 มิลลิเมตร

คำสำคัญ: คานสะพานรูปกล่องขึ้นส่วนสำเร็จรูป, พฤติกรรมของโครงสร้าง, ตู้โดยสารรถไฟฟ้าบีทีเอส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

STUDY ON STRUCTURAL BEHAVIORS OF CONTINUOUS SPAN PRECAST SEGMENTAL BOX GIRDER WHEN INCREASING THE NUMBER OF SKY TRAIN CARRIAGES

Mr. Chatchanon Ouncharoen Student ID. 60010217
Mr. Thipbodee Priangkratok Student ID. 60010472

Advisor: Asst. Prof. Dr. Atavit Sujaritpong
Academic Year 2020

ABSTRACT

This paper presents a study on structural behaviors of continuous span precast segmental box girder when increasing the number of sky train carriages. In the rush time have many passengers. Such the problem it be caused by increasing a number of sky train carriages. However, increasing a number of sky train need to consider the impact of bridge structure due to the increasing load from BTS carriages. The stress and deflection do not exceed to allowable values from The American Association State of Highway and Transportation Officials (ASHTO). The three-span prestressed concrete bridge was simulated and analyzed by the finite element method. These models were subjected to the moving load according to The SIEMENS train Specification and analyzed the behaviors of stress in concrete, Tendons, Rebar and Deflection compare with allowable values from Standard of American Association State of Highway and Transportation Officials (ASHTO) with Load Resistance Factor Design (LRFD). Research findings were as follows: (1) Maximum stress in concrete at top fiber due to BTS carriages axials load in all cases of 17.67 kg/cm^2 . (2) Maximum stress in concrete at bottom fiber due to BTS carriages load in all cases of 23.56 kg/cm^2 . (3) Maximum stress in tendon after tensile loss due to BTS carriages axials load in all cases of $11,623.95 \text{ kg/cm}^2$. (4) Maximum shear stress in concrete and rebar in the 3 BTS carriages due to BTS carriages axials load of $537,775 \text{ kg/cm}^2$. and the 4-6 BTS carriages due to BTS carriages axials load of $541,980 \text{ kg/cm}^2$. (5) Maximum deflection due to the BTS carriages axials load in all cases of 8.62 mm.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ยกเว้นที่มีเหตุตบแต่งเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาโทฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ เนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์ช่วยเหลืออย่างดียิ่งจาก ผศ.ดร.อภิวุฒิ สุจริตพงศ์ ที่กรุณาให้คำแนะนำเพื่อปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องอีกทั้งสละเวลาเพื่อให้คำปรึกษากับคณะผู้จัดทำ ตลอดจนให้ความรู้ เอาใจใส่ ให้คำแนะนำช่วยเหลือในการแก้ปัญหาให้ประสบการณ์ที่ดี อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งกับงานวิจัยนี้ พวกเราผู้จัดทำขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมโยธา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ได้ให้ความรู้ในทุกๆรายวิชาที่ศึกษาเพื่อเป็นพื้นฐาน อันเป็นประโยชน์ยิ่งในการทำปริญญาโทฉบับนี้ให้สำเร็จลุล่วง ตลอดจนอาจารย์ประจำภาควิชาท่านต่างๆที่ให้คำแนะนำและกำลังใจอย่างดียิ่ง

ขอขอบพระคุณ คุณวริยส ธิรตุลย์กุล ที่ให้แนวคิดและคำปรึกษาสำหรับความรู้ทั้งทางด้านทฤษฎีและการใช้โปรแกรม ซึ่งเป็นประโยชน์อย่างมากในการศึกษาเรื่องนี้ และขอขอบคุณเพื่อนๆ ที่คอยช่วยเหลือ ในการให้คำแนะนำในการทำโครงการ รวมถึงการให้กำลังใจและความรู้ตลอดระยะเวลาที่ได้ศึกษาในภาควิชา วิศวกรรมโยธาตลอดมา

สุดท้ายขอขอบพระคุณ บิดา มารดา อันเป็นที่เคารพรักยิ่ง ซึ่งเป็นผู้ให้ความรักและให้กำลังใจ ในการสนับสนุนการศึกษาเล่าเรียนของคณะผู้จัดทำมาโดยตลอด ทำให้คณะผู้จัดทำมีวันนี้ได้ คณะผู้จัดทำรู้สึกซาบซึ้งในพระคุณเป็นอย่างสูง

ชัชชานนท์

ฉิบดี

อุ๋นเจริญ

เปรียงกระโทก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VI
สารบัญรูป.....	VII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....	1
1.3 ขอบเขตการวิจัย.....	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและปรัทัศน์วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง.....	3
2.1 คอนกรีตอัดแรง.....	3
2.1.1 ประเภทการอัดแรง.....	3
2.1.2 การวางลวดอัดแรง.....	4
2.1.3 ข้อกำหนดสำหรับคอนกรีตอัดแรง.....	8
2.1.4 วัสดุสำหรับคอนกรีตอัดแรง.....	10
2.1.5 การเชื่อมลวดของแรงดึงในลวดอัดแรง.....	11
2.1.6 การวิเคราะห์หน่วยแรงในคานคอนกรีตอัดแรงต่อเนื่อง.....	14
2.1.7 ผลของการอัดแรงในคานต่อเนื่อง.....	16
2.2 สะพานแบบ Segment Box Girder.....	17
2.2.1 บทนำ.....	17
2.2.2 ประเภทของ Box Girder.....	18
2.2.3 ขั้นตอนการผลิตชิ้นส่วน Segment Box Girder.....	19
2.2.4 วิธีการก่อสร้างสะพานอัดแรงรูปกล่องแบบชิ้นส่วนสำเร็จ.....	25
2.3 วิธีการไฟไนต์เอลิเมนต์.....	27
2.3 ปรัทัศน์วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง.....	28
บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย.....	29
3.1 ศึกษาข้อมูลทางวิศวกรรมของโครงสร้างสะพาน.....	30
3.2 การจำลองโครงสร้างสะพาน ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์.....	30
3.2.1 ประเภท ขนาดหน้าตัด และความยาวช่วงของสะพาน.....	30
3.2.2 คุณสมบัติเชิงกลของวัสดุ.....	37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามแก้ไขข้อมูลปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
3.3 รูปแบบและน้ำหนักบรรทุก.....	46
3.4 การจัดวางน้ำหนักบรรทุก.....	49
3.5 การรวมแรงที่ใช้วิเคราะห์.....	50
3.4 การแสดงผลการวิเคราะห์และค่าหน่วยแรงที่ยอมให้.....	55
3.4.1 การแสดงผลการวิเคราะห์หน่วยแรงที่เกิดขึ้น.....	55
3.4.2 ค่าหน่วยแรงที่ยอมให้.....	56
บทที่ 4 ผลการวิจัยและวิเคราะห์ข้อมูล.....	58
4.1 เมื่อรับน้ำหนักบรรทุกของขบวนรถไฟไฟฟ้าบีทีเอส.....	58
4.1.1 หน่วยแรงที่เกิดขึ้นในคอนกรีตที่ผิวบน.....	59
4.1.2 หน่วยแรงที่เพิ่มขึ้นในคอนกรีตที่ผิวล่าง.....	63
4.1.3 หน่วยแรงดึงในลวดอัดแรงภายหลังการสูญเสียแรงดึง.....	66
4.1.4 แรงเฉือนในคอนกรีตและเหล็กเสริม.....	67
4.1.5 ค่าการแอ่นตัว.....	71
บทที่ 5 สรุปผลการวิเคราะห์.....	74
4.1 สรุปผลการวิเคราะห์.....	74
4.1 ข้อเสนอแนะ.....	75
บรรณานุกรม.....	76
ภาคผนวก.....	77
ประวัติผู้เขียน.....	127

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 หน่วยแรงที่ยอมให้ของลวดอัดแรง.....	9
ตารางที่ 2.2 หน่วยแรงที่ยอมให้ของคอนกรีตอัดแรง.....	9
ตารางที่ 2.3 คุณสมบัติทางกลของลวดตีเกลียว.....	11
ตารางที่ 2.4 ค่าสัมประสิทธิ์ μ และ k สำหรับลวดอัดแรงและท่อร้อยชนิดต่าง ๆ.....	13
ตารางที่ 3.1 ประเภทของแต่ละจุกรองรับ.....	35
ตารางที่ 3.2 คุณสมบัติของลวดเกลียวอัดแรง ชนิดคลายแรงดึงต่ำตามมาตรฐาน ASTM A416.....	38
ตารางที่ 3.3 คุณสมบัติของเหล็กเสริมไม่อัดแรง.....	45
ตารางที่ 3.4 แสดงค่าน้ำหนักบรรทุกทุกครั้งที่เพิ่มเติม.....	46
ตารางที่ 3.5 ขนาดของน้ำหนักบรรทุกที่ใช้วิเคราะห์.....	47
ตารางที่ 3.6 ขนาดของน้ำหนักบรรทุกที่ใช้วิเคราะห์ (ต่อ).....	47
ตารางที่ 3.7 ระยะห่างระหว่างเพลลาที่ใช้วิเคราะห์.....	47
ตารางที่ 3.8 ระยะห่างระหว่างเพลลาที่ใช้วิเคราะห์ (ต่อ).....	47
ตารางที่ 3.9 ระยะห่างระหว่างเพลลาที่ใช้วิเคราะห์ (ต่อ).....	48
ตารางที่ 3.10 การรวมแรง.....	51
ตารางที่ 3.11 ค่าสัมประสิทธิ์ตัวคูนน้ำหนักบรรทุกทุกถาวร.....	53
ตารางที่ 4.1 หน่วยแรงที่เกิดขึ้นในผิวคอนกรีตที่ผิวบน เนื่องจากน้ำหนักบรรทุกของรถไฟฟ้า BTS	60
ตารางที่ 4.2 หน่วยแรงที่เกิดขึ้นในผิวคอนกรีตที่ผิวล่าง เนื่องจากน้ำหนักบรรทุกของรถไฟฟ้า BTS	63
ตารางที่ 4.3 หน่วยแรงที่เกิดขึ้นในผิวคอนกรีตที่ผิวล่าง เนื่องจากน้ำหนักบรรทุกของรถไฟฟ้า BTS (ต่อ).....	64
ตารางที่ 4.4 หน่วยแรงเฉือนที่เกิดขึ้นในผิวคอนกรีตที่ผิวบน เนื่องจากน้ำหนักบรรทุกของรถไฟฟ้า BTS.....	68
ตารางที่ 4.5 ค่าการแอ่นตัว เนื่องจากน้ำหนักบรรทุกของรถไฟฟ้า BTS.....	71
ตารางที่ 4.6 ค่าการแอ่นตัว เนื่องจากน้ำหนักบรรทุกของรถไฟฟ้า BTS (ต่อ).....	72

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.1 หน่วยแรงที่เกิดขึ้นบนหน้าตัดคอนกรีตของคานคอนกรีตอัดแรง.....	3
รูปที่ 2.2 การวางตำแหน่งของลวดอัดแรงในคานคอนกรีตอัดแรงชนิดดิ่งก่อน.....	5
รูปที่ 2.3 การวางตำแหน่งของลวดอัดแรงในคานคอนกรีตอัดแรงชนิดดิ่งหลัง.....	5
รูปที่ 2.4 ขอบเขตจำกัดสำหรับจุดศูนย์กลางของหน้าตัดคอนกรีต.....	7
รูปที่ 2.5 ขอบเขตจำกัดที่ไม่เหมาะสมสำหรับการวางลวดอัดแรง.....	7
รูปที่ 2.6 ขอบเขตจำกัดสำหรับลวดอัดแรงโดยยอมให้เกิดหน่วยแรงดิ่งในคอนกรีต.....	8
รูปที่ 2.7 การเสื่อมลดของแรงดิ่งในลวดอัดแรง.....	11
รูปที่ 2.8 ผลของการอัดแรงที่มีต่อแรงปฏิกิริยาที่จุดรองรับและการเกิดโมเมนต์รอง.....	16
รูปที่ 2.9 การก่อสร้างสะพานแบบ Segment Box Girder ในปัจจุบัน.....	18
รูปที่ 2.10 รูปแบบหน้าตัดของ Box Girder ที่พบบ่อยๆ.....	18
รูปที่ 2.11 การเตรียม Mould.....	19
รูปที่ 2.12 การเตรียม Match Cast Segment.....	20
รูปที่ 2.13 การปรับ Mould ให้เข้าตำแหน่ง.....	21
รูปที่ 2.14 ขั้นตอนการลงเหล็ก.....	22
รูปที่ 2.16 การเทคอนกรีต.....	23
รูปที่ 2.17 การดิ่งลวดอัดแรงชั้นแรก.....	24
รูปที่ 2.18 การถอดแบบ.....	24
รูปที่ 2.19 วิธีการก่อสร้างสะพานอัดแรงรูปกล่องแบบชิ้นส่วนสำเร็จ.....	26
รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย.....	29
รูปที่ 3.2 แพลนและรูปด้านสะพานคอนกรีตอัดแรงแบบต่อเนื่องสามช่วง.....	30
รูปที่ 3.3 หน้าตัดกลาง.....	31
รูปที่ 3.4 หน้าตัดบริเวณหัวเสา ประเภทที่ 2	31
รูปที่ 3.5 หน้าตัดบริเวณหัวเสา ประเภทที่ 3	32
รูปที่ 3.6 หน้าตัดบริเวณหัวเสา ประเภทที่ 4	32
รูปที่ 3.7 หน้าตัดบริเวณปรับแนวลวดอัดแรง ประเภทที่ 1	33
รูปที่ 3.8 หน้าตัดบริเวณปรับแนวลวดอัดแรง ประเภทที่ 2	33
รูปที่ 3.9 การกำหนดชิ้นส่วนสะพานที่ใช้วิเคราะห์.....	34
รูปที่ 3.10 แบบจำลองหน้าตัดสะพานที่ใช้วิเคราะห์ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์.....	34
รูปที่ 3.11 การกำหนดฐานรองรับแต่ละประเภทของสะพานที่ใช้วิเคราะห์.....	35
รูปที่ 3.12 การจำลองแนวเหล็กเสริมอัดแรง บนโปรแกรม AutoCAD.....	36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับงานใช้เฉพาะเพื่อการศึกษาระดับปริญญาโทขึ้นไปเท่านั้น ไม่สามารถนำเอกสารนี้ไปใช้ประโยชน์อื่นใด
ไม่ว่ากรณีใดๆ ห้ามทำซ้ำหรือเผยแพร่เอกสารนี้โดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, VII and cite the document when use.

สารบัญรูป(ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 3.13 การจำลองแนวเหล็กเสริมอัดแรง บนโปรแกรมวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์.....	37
รูปที่ 3.14 การกำหนดคุณสมบัติที่ใช้วิเคราะห์.....	38
รูปที่ 3.15 การกำหนดคุณสมบัติการสูญเสียหน่วยแรงดึงในลวดอัดแรง.....	39
รูปที่ 3.16 แบบแปลนลวดอัดแรงที่ใช้วิเคราะห์.....	40
รูปที่ 3.17 การกำหนดแนวลวดอัดแรงที่ใช้วิเคราะห์ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์.....	40
รูปที่ 3.18 แบบจำลองแนวลวดอัดแรงที่ใช้วิเคราะห์ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์.....	41
รูปที่ 3.19 แบบการเสริมเหล็กสะพานหน้าตัดกลาง.....	42
รูปที่ 3.20 แบบการเสริมเหล็กสะพานหน้าตัดบริเวณหัวเสา ประเภทที่ 2	42
รูปที่ 3.21 แบบการเสริมเหล็กสะพานหน้าตัดบริเวณหัวเสา ประเภทที่ 3	43
รูปที่ 3.22 แบบการเสริมเหล็กสะพานหน้าตัดบริเวณหัวเสา ประเภทที่ 4	43
รูปที่ 3.23 แบบการเสริมเหล็กสะพานหน้าตัดบริเวณปรับแนวลวดอัดแรง ประเภทที่ 1	44
รูปที่ 3.24 แบบการเสริมเหล็กสะพานหน้าตัดบริเวณปรับแนวลวดอัดแรง ประเภทที่ 2	44
รูปที่ 3.25 การกำหนดปริมาณเหล็กเสริมที่ใช้วิเคราะห์.....	45
รูปที่ 3.26 แสดงน้ำหนักลงเพลาของรถไฟ BTS.....	46
รูปที่ 3.27 การกำหนดระยะห่างระหว่างเพลาและน้ำหนักที่ใช้วิเคราะห์.....	48
รูปที่ 3.28 เส้นอิทธิพลที่ทำให้เกิดค่าโมเมนต์บวกสูงสุด.....	49
รูปที่ 3.29 เส้นอิทธิพลที่ทำให้เกิดค่าโมเมนต์ลบสูงสุด.....	49
รูปที่ 3.30 เส้นอิทธิพลที่ทำให้เกิดแรงเฉือนสูงสุด.....	49
รูปที่ 3.31 การกำหนดแรงรวมกระทำต่อสะพาน.....	54
รูปที่ 3.32 โปรแกรมแสดงผลในรูปแบบตาราง.....	55
รูปที่ 3.33 โปรแกรมแสดงผลในรูปแบบกราฟิก.....	55
รูปที่ 4.1 ชิ้นส่วนสำเร็จรูปที่ใช้วิเคราะห์.....	58
รูปที่ 4.2 ลวดอัดแรงที่ใช้วิเคราะห์.....	59
รูปที่ 4.3 เหล็กเสริมที่ใช้วิเคราะห์.....	59
รูปที่ 4.4 หน่วยแรงที่เกิดขึ้นในคอนกรีตที่ผิวบน เนื่องจากน้ำหนักบรรทุกรถไฟฟ้ายานยนต์จำนวน 3 ตู้.....	61
รูปที่ 4.5 หน่วยแรงที่เกิดขึ้นในคอนกรีตที่ผิวบน เนื่องจากน้ำหนักบรรทุกรถไฟฟ้ายานยนต์จำนวน 4 ตู้.....	61
รูปที่ 4.6 หน่วยแรงที่เกิดขึ้นในคอนกรีตที่ผิวบน เนื่องจากน้ำหนักบรรทุกรถไฟฟ้ายานยนต์จำนวน 5 ตู้.....	62

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่วางไว้เพื่อใช้ในการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น 5 ตู้ทั้งหมดนี้ให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างถึงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, VIII cite the document when use.

สารบัญรูป(ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4.7 หน่วยแรงที่เกิดขึ้นในคอนกรีตที่ผิวบน เนื่องจากน้ำหนักบรรทุกทรุดไฟฟ้าบีทีเอสจำนวน 6 ตู้.....	62
รูปที่ 4.8 หน่วยแรงที่เกิดขึ้นในคอนกรีตที่ผิวล่าง เนื่องจากน้ำหนักบรรทุกทรุดไฟฟ้าบีทีเอสจำนวน 3 ตู้.....	64
รูปที่ 4.9 หน่วยแรงที่เกิดขึ้นในคอนกรีตที่ผิวล่าง เนื่องจากน้ำหนักบรรทุกทรุดไฟฟ้าบีทีเอสจำนวน 4 ตู้.....	65
รูปที่ 4.10 หน่วยแรงที่เกิดขึ้นในคอนกรีตที่ผิวล่าง เนื่องจากน้ำหนักบรรทุกทรุดไฟฟ้าบีทีเอส จำนวน 5 ตู้.....	65
รูปที่ 4.11 หน่วยแรงที่เกิดขึ้นในคอนกรีตที่ผิวล่าง เนื่องจากน้ำหนักบรรทุกทรุดไฟฟ้าบีทีเอส จำนวน 6 ตู้.....	66
รูปที่ 4.12 หน่วยแรงดึงที่เกิดขึ้นในลวดอัดแรงภายหลังสูญเสียแรงดึง.....	67
รูปที่ 4.13 แรงเฉือนที่เกิดขึ้นในคอนกรีตและเหล็กเสริม เนื่องจากน้ำหนักบรรทุกทรุดไฟฟ้าบีทีเอส จำนวน 3 ตู้.....	69
รูปที่ 4.14 แรงเฉือนที่เกิดขึ้นในคอนกรีตและเหล็กเสริม เนื่องจากน้ำหนักบรรทุกทรุดไฟฟ้าบีทีเอส จำนวน 4 ตู้.....	69
รูปที่ 4.15 แรงเฉือนที่เกิดขึ้นในคอนกรีตและเหล็กเสริม เนื่องจากน้ำหนักบรรทุกทรุดไฟฟ้าบีทีเอส จำนวน 5 ตู้.....	70
รูปที่ 4.16 แรงเฉือนที่เกิดขึ้นในคอนกรีตและเหล็กเสริม เนื่องจากน้ำหนักบรรทุกทรุดไฟฟ้าบีทีเอส จำนวน 6 ตู้.....	70
รูปที่ 4.17 ค่าการแอ่นตัวที่เกิดขึ้น เนื่องจากน้ำหนักบรรทุกทรุดไฟฟ้าบีทีเอสจำนวน 3 ตู้.....	72
รูปที่ 4.18 ค่าการแอ่นตัวที่เกิดขึ้น เนื่องจากน้ำหนักบรรทุกทรุดไฟฟ้าบีทีเอสจำนวน 4 ตู้.....	72
รูปที่ 4.19 ค่าการแอ่นตัวที่เกิดขึ้น เนื่องจากน้ำหนักบรรทุกทรุดไฟฟ้าบีทีเอสจำนวน 5 ตู้.....	73
รูปที่ 4.20 ค่าการแอ่นตัวที่เกิดขึ้น เนื่องจากน้ำหนักบรรทุกทรุดไฟฟ้าบีทีเอสจำนวน 6 ตู้.....	73

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เนื่องจากในปัจจุบันมีโครงการรถไฟฟ้าเกิดขึ้นเป็นจำนวนมาก เพื่อเพิ่มความสะดวกรสบายในการเดินทาง และหลีกเลี่ยงปัญหาการติด แต่ในช่วงเวลาเร่งด่วนนั้น พบว่ามีผู้ต้องการใช้บริการจำนวนมาก ส่งผลให้เกิดแออัด จึงได้มีการเพิ่มจำนวนตู้โดยสาร เพื่อให้สามารถรองรับผู้ใช้บริการได้มากขึ้น ซึ่งในทางวิศวกรรมนั้นถือเป็นการเพิ่มน้ำหนักบรรทุกที่กระทำต่อโครงสร้าง จึงส่งผลต่อโครงสร้างโดยตรง โครงงานนี้จึงสนใจที่จะศึกษาและวิเคราะห์เพื่อให้ทราบถึงพฤติกรรมที่เกิดขึ้นของคานสะพานรูปกล่องขึ้นส่วนสำเร็จรูปแบบต่อเนื่อง เมื่อเปลี่ยนแปลงจำนวนตู้โดยสารของรถไฟฟ้า

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 ศึกษาการออกแบบสะพานคอนกรีตอัดแรงแบบต่อเนื่องสามช่วง ตามมาตรฐานของสมาคมทางหลวงและการขนส่งสหรัฐอเมริกา (American Association of State Highway and Transport Officials Standard) ด้วยวิธีตัวคูณเพิ่มและความต้านทานน้ำหนัก (Load and Resistance Factor Design : LRFD)

1.2.2 ศึกษาพฤติกรรมของหน่วยแรงที่เกิดขึ้นภายในสะพานคอนกรีตอัดแรง เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงจำนวนตู้โดยสารของรถไฟฟ้า เทียบกับค่าหน่วยแรงที่ยอมให้ของคอนกรีต เหล็กเสริม และลวดอัดแรง ตามมาตรฐานสมาคมทางหลวงและการขนส่งสหรัฐอเมริกา เพื่อหาความเหมาะสมในการปรับใช้น้ำหนักบรรทุกต่าง ๆ ในการออกแบบสะพานในประเทศไทยจากกรณีศึกษาดังกล่าว โดยพิจารณาจากสภาวะการใช้งานของโครงสร้างสะพานคอนกรีตอัดแรงแบบต่อเนื่องสามช่วง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

1.3 ขอบเขตการศึกษา

1.3.1 พิจารณาโครงสร้างสะพานคอนกรีตอัดแรงแบบต่อเนื่องสามช่วงบริเวณขึ้นส่วนสำเร็จรูป (Segment Box Girder) ของโครงสร้างสะพานที่มีความกว้างเท่ากับ 8.40 เมตร และความยาวช่วงเท่ากับ 32.50 เมตร จำนวน 3 ช่วง ความยาวช่วงทั้งหมดเท่ากับ 97.50 เมตร

1.3.2 พิจารณาข้อกำหนดในการออกแบบสะพานตามมาตรฐานของสหรัฐอเมริกา(AASHTO) ด้วยวิธีตัวคูณเพิ่มและความต้านทานน้ำหนัก (Load and Resistance Factor Design : LRFD)

1.3.3 กำหนดให้รับน้ำหนักบรรทุกทุกแบบเคลื่อนที่ เนื่องจากขบวนรถไฟไฟฟ้า BTS ซึ่งเพิ่มขึ้นจากปกติที่มีตู้โดยสาร 3 ตู้ เป็น 4 ถึง 6 ตู้

1.3.4 พิจารณาค่าหน่วยแรง และแรงเฉือนที่ยอมให้สำหรับคอนกรีต เหล็กเสริม และลวดอัดแรง ที่สภาวะการใช้งาน (Serviceability State) โดยไม่พิจารณาน้ำหนักบรรทุกจากราวสะพาน แรงลม และแรงแผ่นดินไหว

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 เพื่อให้เข้าใจพฤติกรรมของสะพานคอนกรีตอัดแรงแบบต่อเนื่องสามช่วง เมื่อรับน้ำหนักบรรทุกในสภาวะใช้งาน เมื่อเปลี่ยนแปลงจำนวนตู้โดยสาร

1.4.2 สามารถต่อยอดงานวิจัยนี้ไปเป็นส่วนหนึ่งของการกำหนดจำนวนตู้โดยสารของรถไฟไฟฟ้าเมื่อมีความต้องการในการใช้บริการรถโดยสารเพิ่มขึ้น โดยไม่ทำให้เกิดหน่วยแรงเกินกว่าค่าที่ยอมให้ตามมาตรฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

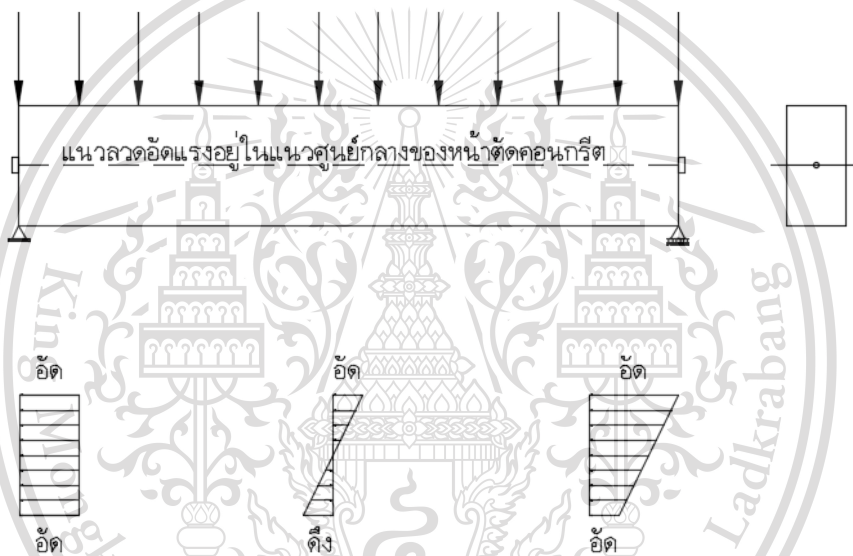
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 2

ทฤษฎีและปรีทัศน์วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.1 คอนกรีตอัดแรง

การอัดแรง (Prestress) หมายถึง การให้ความเค้น (Stress) แก่องค์อาคาร ในขณะที่องค์อาคารนั้นยังไม่รับน้ำหนักบรรทุก ซึ่งลวดอัดแรงกับคอนกรีตจะอยู่ในสภาพความเค้นตั้งแต่แรก ทั้งที่ยังไม่ได้รับแรงกระทำจากภายนอก โดยลวดอัดแรงจะถูกดึงค้างไว้ในคอนกรีต ซึ่งทำให้คอนกรีตอยู่ในสภาพความเค้นอัดและลวดอัดแรงอยู่ในสภาพความเค้นดึง ทั้งนี้ พฤติกรรมดังกล่าวจะสามารถเพิ่มความสามารถการรับแรงดึงของคอนกรีตดังแสดงในรูปที่ 2.1 (นเรศ พันธราธร. 2540)



รูปที่ 2.1 หน่วยแรงที่เกิดขึ้นบนหน้าตัดคอนกรีตของคานคอนกรีตอัดแรง

(ที่มา : นเรศ พันธราธร. 2540)

2.1.1 ประเภทการอัดแรง

การอัดแรงเป็นการทำให้เกิดแรงดึงขึ้นในเหล็กเสริม ซึ่งก่อให้เกิดหน่วยแรงอัดในคอนกรีต การดึงลวดอัดแรงนั้นจะเกิดขึ้นโดยการถ่ายแรงผ่านแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตและลวดอัดแรง ทั้งนี้สามารถแบ่งประเภทของการอัดแรงได้ดังนี้

2.1.1.1 การอัดแรงภายนอกและการอัดแรงภายใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้เรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้วยการค้า คอนกรีตอัดแรงซึ่งใช้ลวดอัดแรง (Tendon) ที่อยู่ในชั้นส่วนคอนกรีตอัดแรง ทำให้ไม่เกิดการบิดงอทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้ เกิดแรงดึงในลวดอัดแรงซึ่งแรงดึงนี้จะทำให้เกิดแรงอัดในคอนกรีต เรียกว่า การอัดแรงภายใน

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

(Internally prestressing) สำหรับการอัดแรงภายนอก (Externally prestressing) กระทำได้โดยใช้แรงภายนอก (External force) กระทำนอกชิ้นส่วนคอนกรีตอัดแรงให้เกิดแรงอัดขึ้นในคอนกรีต

2.1.1.2 การอัดแรงเชิงเส้นและการอัดแรงเป็นวงกลม

การอัดแรงเป็นวงกลม (Circular prestressing) หมายถึง ลวดอัดแรง (Tendon) ถูกวางในลักษณะเป็นวงกลมและปลายทั้งสองข้างจะมาบรรจบกัน ส่วนการอัดแรงเชิงเส้น (Linear Prestressing) จะวางลวดอัดแรง (Tendon) ในลักษณะเส้นตรงหรือเส้นโค้งก็ได้ แต่ปลายทั้งสองข้างจะไม่บรรจบกัน

2.1.1.3 การอัดแรงแบบดึงก่อนและการอัดแรงแบบดึงทีหลัง

การอัดแรงแบบดึงก่อน (Pre-Tensioning) หมายถึง การดึงลวดอัดแรง (Tendon) ก่อนที่จะเทคอนกรีต ส่วนการอัดแรงแบบดึงทีหลัง (Post-Tensioning) หมายถึง การดึงลวดอัดแรงหลังจากที่คอนกรีตแข็งตัวแล้ว

2.1.1.4 การอัดแรงบางส่วนและการอัดแรงเต็มส่วน

การอัดแรงเต็มส่วน (Full-Prestressing) หมายถึง การออกแบบคอนกรีตอัดแรงที่นำไปใช้งานแล้วไม่มีแรงดึงเกิดขึ้นในชิ้นส่วนโครงสร้าง ถ้าหากยอมให้เกิดแรงดึงในชิ้นส่วนโครงสร้างได้บ้าง เรียกว่า การอัดแรงบางส่วน (Partial-prestressing)

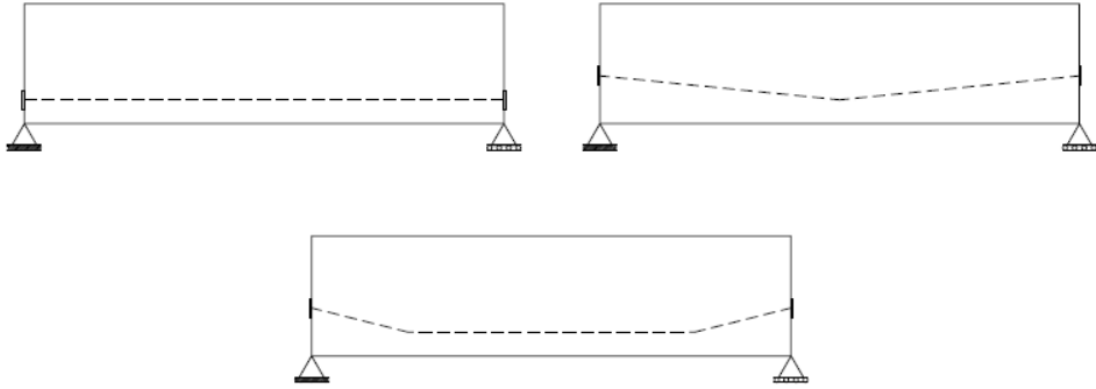
2.1.2 การวางลวดอัดแรง

การวางลวดอัดแรงในสะพานคอนกรีตอัดแรง จะต้องพิจารณาที่หน้าตัดวิกฤตอย่างน้อย 2 หน้าตัด คือ หน้าตัดที่มีค่าโมเมนต์ดัดสูงสุด และหน้าตัดที่ปลาย สำหรับหน้าตัดที่มีค่าโมเมนต์ดัดสูงสุดจะต้องพิจารณาทั้งสภาวะการถ่ายแรง (Transfer State) และสภาวะการใช้งาน (Service State) ส่วนหน้าตัดที่ปลายสะพานจะต้องพิจารณาถึงพื้นที่หน้าตัดสำหรับแรงเฉือน แรงกด และแรงอัด แผ่น รับแรงกดระหว่างสมอยิต (สมโพธิ์ วิวิธเกยูรวงศ์. 2544)

การวางตำแหน่งลวดอัดแรง สามารถปรับได้โดยการเปลี่ยนแปลงพื้นที่หน้าตัดของคอนกรีตโดยการเปลี่ยนแปลงความสูง ความกว้าง และรูปร่างลักษณะ สำหรับลวดอัดแรงสามารถเปลี่ยนแปลงพื้นที่หน้าตัด จำนวนเส้น ขนาด และตำแหน่งของลวดอัดแรงให้สัมพันธ์กันกับตำแหน่งแกนผ่านจุดศูนย์กลางของพื้นที่หน้าตัดคอนกรีต ซึ่งการปรับเปลี่ยนดังกล่าวจะทำให้สามารถวางตำแหน่งของลวดอัดแรงได้หลายอย่างเพื่อให้เหมาะสมกับน้ำหนักบรรทุกต่างๆ ทั้งชนิดดึงก่อน (Pre-Tensioned) และดึงทีหลัง (Post-Tensioned)

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

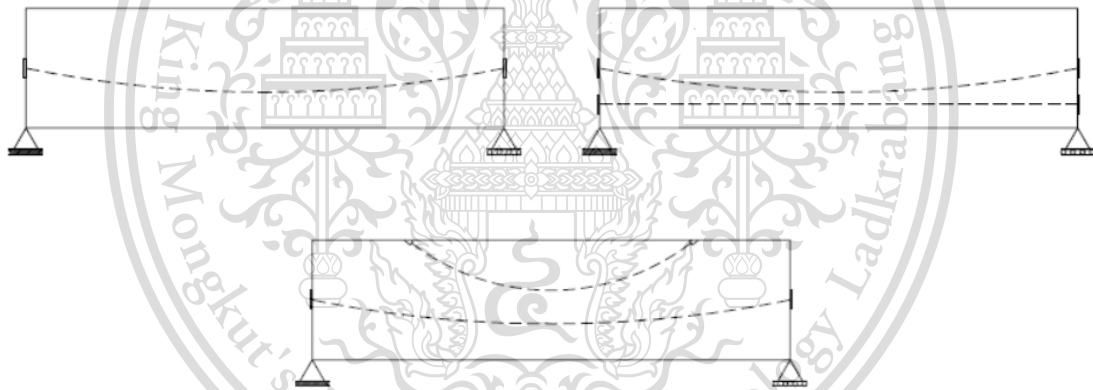
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 2.2 การวางตำแหน่งของลวดอัดแรงในคานคอนกรีตอัดแรงชนิดตั้งก่อน

(ที่มา : สมโพธิ วิวิธเกียรรวงศ์. 2544)

การวางตำแหน่งลวดอัดแรงในคานคอนกรีตอัดแรงชนิดตั้งก่อนใช้ได้กับคานคอนกรีตอัดแรงชนิดตั้งทีหลัง แต่ในคานคอนกรีตอัดแรงชนิดตั้งทีหลังสามารถโค้งหรือลวดอัดแรงตามตำแหน่งที่ต้องการได้โดยสะดวกกว่าคานคอนกรีตอัดแรงชนิดตั้งก่อน ดังแสดงในรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 การวางตำแหน่งของลวดอัดแรงในคานคอนกรีตอัดแรงชนิดตั้งหลัง

(ที่มา : สมโพธิ วิวิธเกียรรวงศ์. 2544)

การวางตำแหน่งของลวดอัดแรงที่ไม่ทำให้เกิดหน่วยแรงดึงขึ้นที่ขอบคานด้านบน และด้านล่างจึงมีความจำเป็นจะต้องวางให้อยู่ภายในขอบเขตจำกัด (Limiting Zone) เนื่องจากที่สภาวะการถ่ายแรงของสะพานคอนกรีตอัดแรง ซึ่งมีลวดอัดแรงที่มีระยะเยื้องศูนย์กลางจะทำให้เกิดหน่วยแรงดึงขึ้นที่ขอบหน้าตัดด้านบนเนื่องจากการอัดแรงและที่สภาวะการใช้งาน น้ำหนักบรรทุกภายนอกจะทำให้เกิดหน่วยแรงดึงที่ขอบหน้าตัดด้านล่าง การหาตำแหน่งที่จะวางลวดอัดแรงหลังจากที่ได้พื้นที่หน้าตัดของลวดอัดแรงและหน้าตัดของคอนกรีตแล้ว จำเป็นต้องคำนวณหาจุดเคอร์น (Kern) ซึ่งมีระยะห่างจากจุดศูนย์กลางของหน้าตัดคอนกรีต เส้นจากจุด เคอร์น เรียกว่า เส้นเคอร์น (Kern Line) ซึ่งมี 2 เส้น คือ เส้นเคอร์นบน (Top

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกไปเผยแพร่ และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

kern line) มีระยะห่างจากจุดศูนย์กลางของหน้าตัด คอนกรีต (c.g.c.) เท่ากับ $k_t=r^2/c_b$ และเส้นเคอร์
 นล่าง (Bottom kern line) ซึ่งมีระยะห่างจากจุดศูนย์กลางของหน้าตัดคอนกรีต (c.g.c) เท่ากับ $k_b =$
 r^2/c_t ดังแสดงในรูปที่ 2.4

สำหรับคานที่มีน้ำหนักบรรทุกกระทำดังแสดงในรูปที่ 2.4 จะมีไดอะแกรมโมเมนต์ โดยที่ M_g คือ
 ไดอะแกรมโมเมนต์ซึ่งเกิดจากน้ำหนักของคานเอง และ M_t คือ ไดอะแกรมโมเมนต์ซึ่งเกิดจากน้ำหนัก
 บรรทุกทั้งหมดที่กระทำต่อคานที่สภาวะการใช้งานทางเดินของจุดศูนย์กลางของแรงอัด (C) ซึ่งเรียกว่า
 เส้น C (C-Line) จะทับกับเส้นเคอร์นพอดี ทั้งนี้เพื่อไม่ให้เกิดหน่วยแรงดึงทางด้านล่างของคาน ดังนั้นจุด
 ศูนย์กลางของลวดอัดแรง (c.g.s.) จะต้องวางต่ำจากเส้นเคอร์นบนลงมาน้อยเท่ากับระยะ a_t ซึ่ง
 เรียกว่า ชิดจำกัดบน (Upper limit)

$$a_t = \frac{M_t}{F} \tag{2.1}$$

ถ้าจุดศูนย์กลางของลวดอัดแรงวางอยู่บนเหนือขีดจำกัดบน ที่จุดใดก็ตามตามเส้น C ก็จะมีอยู่เหนือเส้น
 เคอร์นบน ทำให้เกิดหน่วยแรงดึงที่ขอบล่างของคานภายใต้แรงอัด (F) ส่วนที่สภาวะการถ่ายแรง เส้น C
 จะทับกับเส้นเคอร์นล่างพอดี ทั้งนี้เพื่อไม่ให้เกิดหน่วยแรงดึงที่ขอบด้านบนของคาน ดังนั้นจุดศูนย์กลาง
 ของหน้าตัดจะต้องวางต่ำจากเส้นเคอร์นล่างลงมาไม่เกินระยะ a_b ซึ่งเรียกว่า ชิดจำกัดล่าง (Lower limit)

$$a_b = \frac{M_b}{F_0} \tag{2.2}$$

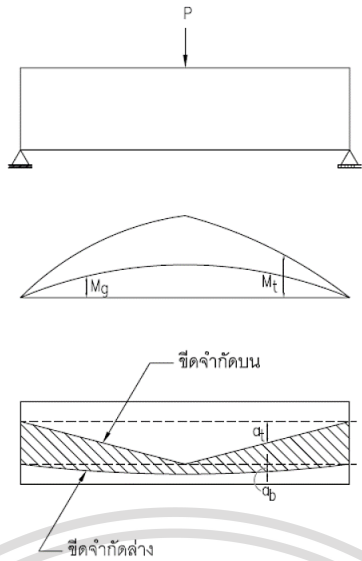
ถ้าจุดศูนย์กลางของหน้าตัดวางอยู่ต่ำกว่าขีดจำกัดล่างที่จุดใดก็ตาม เส้น C ก็จะมีอยู่ต่ำกว่าเส้น
 เคอร์น ล่างทำให้เกิดหน่วยแรงดึงที่ขอบด้านบนของคานภายใต้แรงอัด (F_0)

ดังนั้นขอบเขตจำกัด สำหรับวางจุดศูนย์กลางของลวดอัดแรงคือพื้นที่แรเงาดังแสดงในรูปที่ 2.4
 เพื่อที่จะไม่ให้เกิดหน่วยแรงดึงขึ้นในคอนกรีต ทั้งสภาวะการถ่ายแรงและสภาวะการใช้งานของ ลวดอัดแรง
 แต่ละเส้นอาจจะวางที่ตำแหน่งใดก็ได้ แต่ทั้งนี้จุดศูนย์กลางของลวดอัดแรงทั้งหมดจะต้อง วางอยู่ใน
 ขอบเขตจำกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

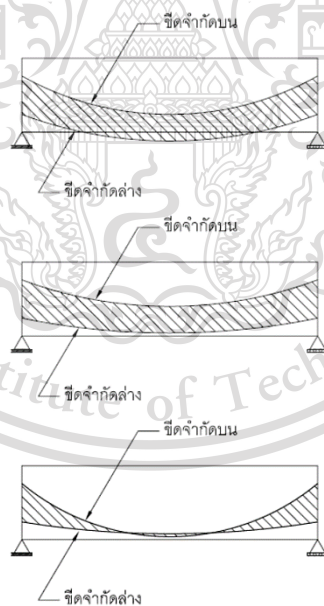
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 2.4 ขอบเขตจำกัดสำหรับจุดศูนย์กลางของหน้าตัดคอนกรีต

(ที่มา : สมโพธิ วิวิธเกียรรวงศ์. 2544)

ตำแหน่งและความกว้างของขอบเขตจำกัดเป็นเครื่องชี้บอกถึงความประหยัดและความพอดีของการออกแบบหากพิจารณา ดังแสดงในรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 ขอบเขตจำกัดที่ไม่เหมาะสมสำหรับการวางลวดอัดแรง

(ที่มา : สมโพธิ วิวิธเกียรรวงศ์. 2544)

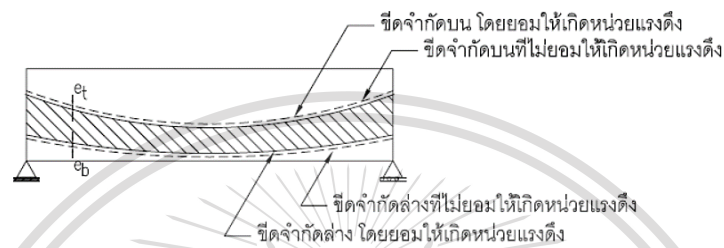
เอกสารนี้เป็นเอกสารจากรูปที่ 2.5 ขีดจำกัดบนอยู่ขีดขอบคานด้านข้างเกินไปหรือตกออกไปนอกคาน ในกรณีนี้ควรระวังการคำนวณการเสริมแรงอัด (F) หรือเพิ่มความลึกของคาน และกรณีที่ขีดจำกัดบนอยู่ห่างขึ้นไปจากขอบคานด้านล่างไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

เกินไป จึงควรลดแรงอัด (F) หรือลดความลึกคานของคาน ส่วนกรณีที่ขีดจำกัดบนตัดกันกับขีดจำกัดล่าง หมายถึง ไม่มีขอบเขต (Zone) สำหรับวางลวดอัดแรงซึ่งต้องเพิ่มแรงอัด (F) หรือเพิ่มความลึกของคาน

ขอบเขตจำกัดที่กล่าวข้างต้นได้มาจากการที่ไม่ยอมให้เกิดหน่วยแรงดึงขึ้นในคอนกรีตทั้งในสภาวะการใช้งานและสภาวะการถ่ายแรง แต่ถ้ายอมให้เกิดหน่วยแรงดึงขึ้นในคอนกรีตได้บ้างจุดศูนย์กลางของลวดอัดแรงอาจจะวางอยู่นอกขอบเขตจำกัด



รูปที่ 2.6 ขอบเขตจำกัดสำหรับลวดอัดแรงโดยยอมให้เกิดหน่วยแรงดึงในคอนกรีต

(ที่มา : สมโพธิ์ วิวิธเกยูรวงศ์. 2544)

2.1.3 ข้อกำหนดสำหรับคอนกรีตอัดแรง

การออกแบบต้องครอบคลุมถึงความปลอดภัยของโครงสร้างภายใต้น้ำหนักบรรทุกและการเสียรูป (Deformation) ซึ่งอาจจะเกิดขึ้นในระหว่างการก่อสร้างและใช้งาน รวมถึงความคงทน (Durability) เพียงพอตลอดอายุใช้งาน โดยปกติขั้นตอนการออกแบบ ต้องมีการวิเคราะห์ตรวจสอบโครงสร้าง ภายใต้สภาวะ 2 ประเภท ดังนี้

2.1.3.1 สภาวะการใช้งาน (Service State) กำหนดให้โครงสร้างต้องมีความสามารถในการใช้งานได้ตามข้อกำหนด หน่วยแรงที่เกิดขึ้นในคอนกรีตและเหล็กจะต้องไม่เกินค่าหน่วยแรงที่ยอมให้ การโก่งตัว การแตกร้าวและการกัดกร่อนต้องไม่มากเกินไปเกินข้อกำหนด

2.1.3.2 สภาวะประลัย (Ultimate State) กำหนดให้โครงสร้างสิ้นสุดความสามารถในการรับน้ำหนักบรรทุก ซึ่งเป็นการวิเคราะห์เพื่อตรวจสอบความสามารถในการรับน้ำหนักเกินน้ำหนักบรรทุก (Overload) ก่อนที่โครงสร้างจะพังลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ 2.1 หน่วยแรงที่ยอมให้ของลวดอัดแรง (คณะกรรมการวิชาการสาขาวิศวกรรมโยธา. 2549)

หน่วยแรงดึงในเหล็กเสริมอัดแรงจะต้องไม่เกินค่าดังต่อไปนี้	
ขณะดึงด้วยเครื่องดึงเหล็ก	$0.94 f_{py}$ แต่ไม่เกิน $0.80 f_{pu}$ หรือค่าสูงสุดที่แนะนำโดยผู้ผลิตลวดอัดแรงหรือสมอยึด
ทันทีที่ถ่ายแรงเข้าสู่อาคาร	$0.70 f_{pu}$

ตารางที่ 2.2 หน่วยแรงที่ยอมให้ของคอนกรีตอัดแรง (คณะกรรมการวิชาการสาขาวิศวกรรมโยธา. 2549)

ก) หน่วยแรงชั่วคราวในคอนกรีตทันทีที่ถ่ายแรงมาจากลวดอัดแรงก่อนการเสื่อมลดของแรงดึงอันเนื่องมาจากการหดตัวของคอนกรีต (Shrinkage) การคืบของคอนกรีต (Creep) และการคลายแรงดึงของลวดอัดแรง (Steel relaxation) ต้องไม่เกินค่าดังต่อไปนี้	
หน่วยแรงอัด	
สำหรับหน่วยแรงที่เกิดจากการอัดแรง เป็นรูปสามเหลี่ยม (Triangular distribution of prestress)	$0.60 f'_c$
สำหรับหน่วยแรงที่เกิดจากการอัดแรงเท่าๆ กันตลอดของหน้าตัดขององค์อาคาร (Uniform distribution of prestress)	$0.45 f'_c$
หน่วยแรงดึง	
สำหรับองค์อาคารที่ไม่เสริมเหล็กธรรมดาชนิดยึดเหนี่ยว (Bonded reinforcement) ในการช่วยรับแรงดึง	$0.80 (f'_c)^{1/2}$
สำหรับองค์อาคารที่มีเหล็กเสริมธรรมดาชนิดยึดเหนี่ยว ซึ่งจะต้องเสริมเหล็กยึดเหนี่ยวให้สามารถรับแรงดึงทั้งหมดในส่วนของคอนกรีตที่เกิดหน่วยแรงดึง (Tensile Zone) โดยที่แรงดึงคำนวณจากสมมติฐานของหน้าตัดไม้แตกร้าว	$1.60 (f'_c)^{1/2}$
ข) หน่วยแรงในคอนกรีตที่เกิดขึ้นจากน้ำหนักบรรทุกทุกใช้งาน (หลังการเสื่อมลดทั้งหมดของแรงดึงในลวดอัดแรง) ต้องไม่เกินค่าดังต่อไปนี้	
หน่วยแรงอัด	
กรณีโครงสร้างรับหน่วยแรงเนื่องจากแรงดัด	$0.45 f'_c$
กรณีโครงสร้างรับหน่วยแรงอัดโดยตรง (Direct compression)	$0.30 f'_c$
หน่วยแรงดึง	
หน่วยแรงดึงในบริเวณคอนกรีตซึ่งถูกอัดแรงมาก่อน (Pre-compressed tensile zone) สำหรับองค์อาคารซึ่งไม่ใช่ชนิดไม่ยึดเหนี่ยว หากค่าหน่วยแรงดึงที่เกิดขึ้นในคอนกรีตเกินกว่าค่าที่กำหนดข้างต้น อาจจะใส่เหล็กเสริมธรรมดาชนิดยึดเหนี่ยวให้เพียงพอ เพื่อควบคุมความกว้างของรอยแตกร้าวไม่ให้เกิน 0.20 มม. สำหรับองค์อาคารทั่วไป และไม่เกิน 0.1 มม. สำหรับองค์อาคารที่อาจได้รับความเสียหายจากสิ่งแวดล้อมที่กัดกร่อน (Corrosive atmosphere)	$1.60 (f'_c)^{1/2}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.1.4 วัสดุสำหรับคอนกรีตอัดแรง

2.1.4.1 คอนกรีต

คอนกรีตที่ใช้ในงานคอนกรีตอัดแรงจะต้องมีกำลังอัดประลัยตั้งแต่ 300-500 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร (สำหรับกำลังอัดประลัยของคอนกรีตทรงกระบอกที่ 28 วัน) ซึ่งถ้าบริเวณนี้คอนกรีตมีกำลังไม่เพียงพอจะเกิดความเสียหายได้ นอกจากนี้คอนกรีตประเภทนี้จะมีกำลังอัดประลัยสูงและกำลังในการรับแรงดึง (Tensile strength of concrete) จะมีค่าน้อยกว่ากำลังในการรับแรงอัดมาก มีค่าประมาณ 10% ของกำลังในการรับแรงอัด และกำลังรับแรงเฉือนโดยตรง (Direct shear strength) มีค่าประมาณ 0.5-0.7 แต่ค่านี้ไม่ค่อยนำมาใช้ในการคำนวณออกแบบ เพราะแรงเฉือนในคานจะกระทำร่วมกับโมเมนต์ดัดเสมอ และมีค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีต ดังแสดงในสมการที่ 2.3

$$E_c = 15,200\sqrt{f'_c} \quad (2.3)$$

โดยที่ E_c คือ โมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีต, กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

f'_c คือ กำลังอัดประลัยของคอนกรีตรูปทรงกระบอกที่อายุ 28 วัน, กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

2.1.4.2 เหล็กเสริมอัดแรง

เหล็กเสริมอัดแรงในคอนกรีตอัดแรงต้องเป็นเหล็กที่มีกำลังสูง เนื่องจากการหดตัวจากการคืบ (Creep) และการหดตัวจากการสูญเสียความชื้น (Shrinkage) จะทำให้เหล็กเสริมอัดแรงนั้นสูญเสียแรงอัดไป ซึ่งเหล็กเสริมอัดแรงที่ใช้ทั่วไปมี 3 ชนิด คือ ลวดอัดแรง (Prestressing wire) ลวดเกลียวอัดแรง (Prestressing strand) และเหล็กเส้นอัดแรง (Prestressing bar) โดยชนิดที่นิยมใช้กันทั่วไปคือ ลวดเกลียวอัดแรงชนิดลวด 7 เส้น และมีการคลายแรงดึงต่ำ (Low relaxation) โดยมี 2 เกรด คือ เกรด 250 (มีกำลังดึงประลัยอย่างน้อย 250,000 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว หรือ 17,850 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร) และเกรด 270 (มีกำลังดึงประลัยอย่างน้อย 270,000 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว หรือ 18,980 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร) และมีค่าโมดูลัสยืดหยุ่นเท่ากับ 1.97×10^6 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร เนื้อที่หน้าตัดเหล็กอัดแรงที่ออกแบบไว้ จะต้องไม่มากกว่าหรือน้อยกว่าปริมาณเส้นเสริมอัดแรงที่มากที่สุดและน้อยที่สุดดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, 10 and cite the document when use.

ตารางที่ 2.3 คุณสมบัติทางกลของลวดตีเกลียว (ทศพล ปิ่นแก้ว และมนต์เกียรติ์ ชนินทรลีลา. 2558)

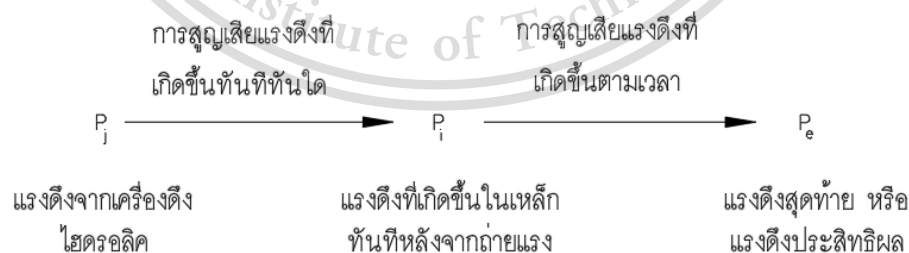
ชนิดของลวดอัดแรง	ขนาด 15.2 มิลลิเมตร. (0.6 นิ้ว)	
	Euro norm 138-79 or BS 5896:1980 Super	ASTM A416-85 Grade270
เส้นผ่านศูนย์กลาง (มิลลิเมตร)	15.7	15.24
พื้นที่หน้าตัด (ตารางมิลลิเมตร)	150	140
น้ำหนักต่อความยาว (กิโลกรัมต่อเมตร)	1.180	1.102
กำลังคราก (เมกะปาสคาล)	1,500	1,670
กำลังดึงประลัย (เมกะปาสคาล)	1,770	1,860
แรงดึงประลัย (กิโลนิวตัน)	265.0	260.7
โมดูลัสยืดหยุ่น (เมกะปาสคาล)	195,000	

2.1.4.3 เหล็กเสริมไม่อัดแรง

เหล็กเสริมไม่อัดแรง หรือเหล็กกล้าละมุน (Mild steel) ที่ใช้ในงานคอนกรีตอัดแรงมี 2 ชนิด คือ เหล็กกลม (Round bar) และเหล็กข้ออ้อย (Deformed bar) เกรดของเหล็กซึ่งเป็นตัวบอกกำลังของเหล็กประกอบด้วย SR24 SD30 SD40 และ SD50 โดยมีค่าโมดูลัสยืดหยุ่นที่ใช้ในการออกแบบให้ใช้เท่ากับ 2.04×10^6 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

2.1.5 การเสื่อมลดของแรงดึงในลวดอัดแรง

ในการอัดแรงจะมีการสูญเสียแรงดึงเกิดขึ้นในลวดอัดแรง ซึ่งการสูญเสียแรงดึงนี้มีทั้งการสูญเสียแรงดึงที่เกิดขึ้นทันทีทันใดหลังจากถ่ายแรง (Immediate loss) และการสูญเสียแรงดึงที่เกิดขึ้นตามเวลา (Time-dependent loss) ดังแสดงในรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 การเสื่อมลดของแรงดึงในลวดอัดแรง

(ที่มา : นเรศ พันธธาร. 2540)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.1.5.1 การสูญเสียแรงดึงจากแรงเสียดทาน

สาเหตุเกิดจากผิวสัมผัสระหว่างลวดอัดแรงกับผนังท่อร้อยลวดอัดแรงแรงเสียดสีกัน และแนวของท่อร้อยลวดอัดแรงอาจไม่อยู่ในแนวตรงอย่างสมบูรณ์ ดังแสดงในสมการที่ 2.4

$$\Delta f_{pF} = f_{pj} \left(1 - e^{-\Sigma(\mu\alpha + Kx)} \right) \quad (2.4)$$

- โดยที่ f_{pj} คือ แรงดึงในลวดอัดแรง
- μ คือ สัมประสิทธิ์ความเสียดทาน
- α คือ การเปลี่ยนมุมลวดอัดแรง, เรเดียน
- K คือ สัมประสิทธิ์จากความไม่สมบูรณ์ของแนวท่อร้อยลวดอัดแรง, ต่อเมตร
- x คือ ความยาวลวดอัดแรง, เมตร

2.1.5.2 การสูญเสียแรงดึงจากสมอยึด

ในขณะที่เครื่องดึงลวด (Jacking) ดึงและปล่อยลวดผ่านสมอยึด (Anchorage) ลวดอัดแรงจะมีการขยับตัวก่อนที่ลิ้ม (Wedge) จะนั่งบนสมอยึด ระยะที่ลวดขยับตัวขึ้นอยู่กับชนิดของลิ้มและเครื่องดึงลวดดังแสดงในสมการที่ 2.5

$$l_{set} = \sqrt{\frac{\Delta_{set} A_{ps} E_p}{p}} \quad (2.5)$$

- โดยที่ l_{set} คือ ความยาวของลวดอัดแรงที่เลื่อนไกล จากการขยับตัวของลิ้ม, มิลลิเมตร
- Δ_{set} คือ ระยะเลื่อนไกลลวดอัดแรงเท่ากับ 6 มิลลิเมตร
- p คือ แรงเสียดทานต่อความยาว

2.1.5.3 การสูญเสียแรงดึงจากคอนกรีตหดตัวในช่วงยึดหยุน

$$\Delta f_{pES} = \frac{N-1}{2N} \frac{E_p}{E_{ci}} f_{cgp} \quad (2.6)$$

- โดยที่ f_{cgp} คือ หน่วยแรงในคอนกรีตที่ตำแหน่งศูนย์กลางของลวดอัดแรง เนื่องจากการอัดแรงสู่คอนกรีต (P_i) และโมเมนต์ดัดที่ช่วงกลางคาน (M_G)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น N คือ จำนวนครั้งการดึงลวดอัดแรง

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, 12d cite the document when use.

2.1.5.4 การสูญเสียแรงดึงตามระยะเวลา

$$\Delta f_{pLT} = 10.0 \frac{f_{pi} A_{ps}}{A_g} \gamma_h \gamma_{st} + \Delta f_{pR} \quad (2.7)$$

โดยที่ Δf_{pLT} คือ การสูญเสียแรงดึงตามระยะเวลาเนื่องจากการหดตัวของคอนกรีต
การคืบของคอนกรีต และการคลายแรงดึงของลวดอัดแรง

f_{pi} คือ หน่วยแรงดึงในลวดอัดแรงก่อนการสูญเสียแรงดึง

H คือ ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ

γ_h คือ ตัวแปรปรับแก้ความชื้นสัมพัทธ์

γ_{st} คือ ตัวแปรปรับแก้กำลังอัดคอนกรีตขณะถ่ายแรงดึง

Δf_{pR} คือ การสูญเสียแรงดึงจากการคลายแรงดึงของลวดอัดแรง
= 17 เมกะปาสคาล สำหรับ Low relaxation strand
= 70 เมกะปาสคาล สำหรับ Stress relieved strand

ตารางที่ 2.4 ค่าสัมประสิทธิ์ μ และ k สำหรับลวดอัดแรงและท่อร้อยชนิดต่าง ๆ (คณะกรรมการวิชาการ สาขาวิศวกรรมโยธา. 2549)

ชนิดของลวดอัดแรง	ชนิดของท่อร้อยลวดอัดแรง	μ	k
ลวดอัดแรงหรือลวดเกลียวอัดแรง	ท่อโลหะมันวาว (Bright metal sheathing)	0.20-0.30	0.003-0.0066
	ท่อโลหะเคลือบสังกะสี (galvanized metal sheathing)	0.15-0.25	0.002-0.0049
	หุ้มเคลือบด้วยจารบีหรือแอสฟัลต์ (Greased or asphalt coated and wrapped)	0.10-0.20	0.0015-0.004
	ท่อโลหะแข็งเคลือบสังกะสี (Galvanized rigid)	0.20-0.25	0.0007
			0.25
เหล็กเส้นอัดแรง	ท่อโลหะมันวาว (Bright metal sheathing)	0.20	0.0010
	ท่อโลหะเคลือบสังกะสี (Galvanized metal sheathing)	0.15	0.0007

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, **13** cite the document when use.

2.1.6 การวิเคราะห์หน่วยแรงในคานคอนกรีตอัดแรงต่อเนื่อง

2.1.6.1 หน่วยแรงที่เกิดขึ้นในคานคอนกรีต

การวิเคราะห์หน่วยแรงที่เกิดขึ้นในคานคอนกรีต เป็นการวิเคราะห์คานคอนกรีตอัดแรงในสภาวะการใช้งาน (Service State) โดยสมมติฐานว่าคานคอนกรีตเป็นวัสดุยืดหยุ่นในสภาวะการใช้งาน ดังนั้นทฤษฎีที่ใช้ในการวิเคราะห์คือ ทฤษฎีอีลาสติก โดยหน่วยแรงในคานคอนกรีต ณ ตำแหน่งใด ๆ ที่เกิดขึ้นจากการอัดแรง (P) มีค่าระยะเยื้องศูนย์กลาง (e) และโมเมนต์ภายนอก (M) ดังแสดงในสมการที่ 2.8

$$\sigma_c = \frac{P}{A} \pm \frac{Pe y}{I} \pm \frac{My}{I} \quad (2.8)$$

โดยที่ A คือ พื้นที่หน้าตัดคานคอนกรีต

I คือ โมเมนต์อินเนอร์เซียของหน้าตัดคานคอนกรีต

y คือ ระยะระหว่างตำแหน่งบนหน้าตัดคานคอนกรีตที่พิจารณากับแนวแกนสะเทิน

การวิเคราะห์หน่วยแรงที่เกิดขึ้นในคานคอนกรีต ณ สภาวะการใช้งาน (Service state) นี้ มีขั้นตอนการวิเคราะห์หน่วยแรงที่เกิดขึ้นในคานคอนกรีตจำนวน 2 ขั้นตอน ดังนี้

1.) การวิเคราะห์หน่วยแรงที่เกิดขึ้นในคานคอนกรีตขณะถ่ายแรง

การวิเคราะห์ในขั้นตอนนี้ จะพิจารณาหน่วยแรงที่เกิดขึ้นในคานคอนกรีตทันทีที่ถ่ายแรงจากลวดอัดแรงสู่คานคอนกรีต ซึ่งแรงอัดที่ใช้คำนวณจะเป็นแรงที่หักลบการสูญเสียแรงดึงในเหล็กเสริมที่เกิดขึ้นทันทีทันใด (Pi) และโมเมนต์ที่นำมาคำนวณเป็นโมเมนต์ที่เกิดจากน้ำหนักตัวเอง (MG) เท่านั้น เพราะขณะที่ถ่ายแรงยังไม่มีน้ำหนักบรรทุกจากภายนอกกระทำ ซึ่งแสดงไว้ในสมการที่ 2.9

$$\sigma_c = \frac{P_i}{A} \pm \frac{P_i e y}{I} \pm \frac{M_G y}{I} \quad (2.9)$$

2.) การวิเคราะห์หน่วยแรงที่เกิดขึ้นในคานคอนกรีตขณะรับน้ำหนักบรรทุก

ขั้นตอนนี้จะพิจารณาหน่วยแรงที่เกิดขึ้นในคานคอนกรีต ขณะที่มีย้ำน้ำหนักบรรทุกภายนอกมากระทำ แรงอัดที่ใช้ในการคำนวณเป็นแรงที่หักลบการสูญเสียแรงดึงที่เกิดขึ้นทั้งหมด (ทั้งจากการสูญเสียแรงดึงที่เกิดขึ้นทันทีทันใด และที่เกิดขึ้นตามเวลา (Pe) แรงนี้เรียกว่า แรงอัดประสิทธิผล (Effective Prestressing Force) และโมเมนต์ที่นำมาคำนวณเป็นโมเมนต์ที่เกิดจากน้ำหนักบรรทุกทั้งหมดรวม

ไม่ว่ากรณีน้ำหนักตัวเอง (MT) ซึ่งแสดงไว้ในสมการที่ 2.10 และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, 14 and cite the document when use.

$$\sigma_c = \frac{P_e}{A} \pm \frac{P_e e^* y}{I} \pm \frac{M_T y}{I} \quad (2.10)$$

โดยที่	A	คือ พื้นที่หน้าตัดของคอนกรีต
	I	คือ โมเมนต์อินเนอร์เซียของหน้าตัดคอนกรีต
	y	คือ ระยะระหว่างตำแหน่งบนหน้าตัดคอนกรีตที่พิจารณากับแนวแกนสะเทิน
	e^*	คือ ระยะเยื้องศูนย์กลางของแนวแรงอัดลัทธิ์ รวมผลของโมเมนต์รอง
	M_T	คือ โมเมนต์เนื่องจากน้ำหนักบรรทุกรวม

2.1.6.2 หน่วยแรงที่เกิดขึ้นในลวดอัดแรง

การวัดหน่วยแรงที่เกิดขึ้นในลวดอัดแรงของหน้าตัดคอนกรีตอัดแรงกระทำขณะทำการดึงเหล็กเสริม และหลังจากนั้นจะมีการสูญเสียแรงดึงในลวดอัดแรง และเมื่อมีน้ำหนักบรรทุกมากกระทำเพิ่มเติมหน่วยแรงในลวดอัดแรงจะมีการเปลี่ยนแปลงอีกเล็กน้อย เนื่องจากการโก่งตัวขององค์อาคารนั้น ๆ ในช่วงสภาวะการใช้งานโดยที่คอนกรีตยังไม่เกิดการแตกร้าว

1.) สำหรับคอนกรีตอัดแรงระบบมีการยึดเหนี่ยว

ในคอนกรีตอัดแรงระบบมีการยึดเหนี่ยว (Bonded) ลวดอัดแรงและคอนกรีตที่อยู่โดยรอบจะเกิดแรงยึดเหนี่ยวระหว่างผิว ทำให้ค่าการเปลี่ยนแปลงหน่วยการยึดหดตัวที่เกิดขึ้นบนลวดอัดแรง และค่าการเปลี่ยนแปลงหน่วยการยึดหดตัวของคอนกรีต ที่อยู่โดยรอบเท่ากับการคำนวณหน่วยแรงที่เปลี่ยนไปของลวดอัดแรงเนื่องจากการโก่งตัว ซึ่งแสดงไว้ในสมการที่ 2.11

$$\Delta\sigma_s = \frac{E_s}{E_c} \Delta\sigma_c = n \frac{M_y}{I} \quad (2.11)$$

โดยที่	$\Delta\sigma_s$	คือ หน่วยแรงที่เปลี่ยนไปของลวดอัดแรงที่เกิดจากการโก่งตัวของคานเนื่องจากน้ำหนักบรรทุกเพิ่มเติม
	M	คือ โมเมนต์เนื่องจากน้ำหนักบรรทุกทุกเพิ่มเติมที่กระทำต่อคานที่หน้าตัดใด ๆ
	n, I	คือ อัตราส่วนโมดูลัส และโมเมนต์อินเนอร์เซียของหน้าตัด ตามลำดับ
	y	คือ ระยะห่างจากตำแหน่งศูนย์กลางลวดอัดแรงถึงแนวแกนสะเทินหรือเท่ากับ (e)

2.) สำหรับคอนกรีตอัดแรงระบบไร้การยึดเหนี่ยว

การเปลี่ยนแปลงหน่วยแรงดึงในลวดอัดแรงของคอนกรีตอัดแรงระบบไร้การยึดเหนี่ยวแตกต่างไปจากระบบมีการยึดเหนี่ยว ลวดอัดแรงจะมีการขยับเคลื่อนตัวสัมพันธ์กับคอนกรีตที่อยู่โดยรอบ

เนื่องจากไม่มีการยึดเหนี่ยวระหว่างผิวทั้งสอง หน่วยการยึดตัวในลวดอัดแรงระบบไร้การยึดเหนี่ยวจะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า กระจายไปตลอดคาน เนื่องจากลวดอัดแรงมีอิสระในการเคลื่อนตัว ดังนั้นจึงเริ่มคำนวณหาความยาวที่ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, 15 and cite the document when use.

เพิ่มขึ้นของลวดอัดแรง ก่อน โดยที่ เท่ากับค่าที่ได้จากการอินทิเกรตหน่วยการยึดตัวของคอนกรีตที่ตำแหน่งเดียวกับลวดอัดแรงตลอดความยาวคาน ดังแสดงในสมการที่ 2.12

$$\Delta\sigma_s = E_s \frac{\Delta L}{L} = \frac{n}{L} \int_0^L \frac{M_y}{I} dx \quad (2.12)$$

2.1.7 ผลของการอัดแรงในคานต่อเนื่อง

ในขณะที่ลวดอัดแรงหากปราศจากการยึดรั้งจากจุดรองรับตรงกลาง คานจะโก่งตัวขึ้นจากจุดรองรับได้อย่างอิสระและไม่เกิดแรงภายในอันเป็นผลข้างเคียงจากการดึงลวดอัดแรง (No Secondary Moment) แต่สำหรับสะพานต่อเนื่อง การโก่งตัวภายใต้ผลของลวดอัดแรงจะไม่เป็นอิสระเนื่องจากผลของการยึดรั้งที่จุดรองรับ การมีจุดรองรับส่วนเกินในคานต่อเนื่องทำให้เกิดการโก่งตัวที่จุดรองรับภายในมีค่าเท่ากับศูนย์ เสมือนมีแรงปฏิกิริยา (R) เพิ่มเติมขึ้นที่จุดรองรับ ซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดโมเมนต์รอง (Secondary Moment) และพฤติกรรมดังกล่าวจะเกิดเฉพาะโครงสร้างอินดิเทอร์มินาทเท่านั้น (ทศพล ปิ่นแก้ว และมนต์เกียรติ์ ชนินทรลีลา. 2558)



รูปที่ 2.8 ผลของการอัดแรงที่มีต่อแรงปฏิกิริยาที่จุดรองรับและการเกิดโมเมนต์รอง (ที่มา : ทศพล ปิ่นแก้ว และมนต์เกียรติ์ ชนินทรลีลา. 2558)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, 16 cite the document when use.

2.1.7.1 โมเมนต์หลัก (Primary Moment)

เป็นผลของการอัดแรง (P) คูณกับระยะเยื้องจากศูนย์กลางของหน้าตัด (e) ซึ่งมีทั้งในโครงสร้างช่วงเดียวและโครงสร้างแบบต่อเนื่อง

2.1.7.2 โมเมนต์รอง (Secondary Moment)

เป็นผลข้างเคียงจากการดึงลวดอัดแรง ซึ่งจะเกิดขึ้นเฉพาะแต่ในโครงสร้างที่มีการยึดรั้งหรือโครงสร้างอินดีเทอริเมทเท่านั้น

การวิเคราะห์โมเมนต์รองในคานแบบต่อเนื่องส่วนใหญ่ใช้วิธีการเคลื่อนที่ของจุดรองรับ (Support displacement method) และวิธีแรงพยุ่ง (Load Balance Method)

2.2 สะพานแบบ Segment Box Girder

2.2.1 บทนำ

ในศตวรรษที่ 20 การก่อสร้างสะพานแบบคอนกรีตอัดแรง (Prestressed concrete) ได้เริ่มมีการพัฒนาขึ้นอย่างมาก โดยในช่วงแรกของการพัฒนาการก่อสร้างสะพานแบบคอนกรีตอัดแรง ได้เริ่มขึ้นในปี 1950 โดยใช้เป็นส่วนหนึ่งในการขยายโครงข่ายทางไปรษณีย์ของยุโรปในช่วงสงครามโลกครั้งที่ 2 ซึ่งได้รับความเสียหายจากสงครามระหว่างเยอรมันและฝรั่งเศส จึงทำให้ต้องมีการสร้างถนนขนาดใหญ่ รางรถไฟ และสะพานขึ้นมาใหม่ โดยในสมัยนั้นการก่อสร้างสะพานนั้นจะต้องใช้วัสดุที่จะนำมาใช้ในการก่อสร้างมาโรงงานต่างๆ โดยเฉพาะชิ้นส่วนของเหล็ก แต่โรงงานเหล่านั้นได้ถูกทำลายเนื่องจากสงคราม ดังนั้นในการก่อสร้างสะพานนั้น จึงหันมาใช้วัสดุอื่นในการก่อสร้างแทนเพื่อให้ทันต่อเวลา และเกิดความรวดเร็วในการส่งข่าวสารต่างๆ ซึ่งคอนกรีต-อัดแรง คือ สิ่งที่ถูกพัฒนาขึ้นภายใต้เงื่อนไขเหล่านี้ โดยในการก่อสร้างนั้นจะมีน้ำหนักที่ไม่มากและมีน้ำหนักที่น้อยกว่าโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก การก่อสร้างครั้งแรกเกิดขึ้นในการสร้างสะพานข้ามแม่น้ำ Lahn ในเยอรมัน ในปี 1951 ซึ่งต้องใช้ชิ้นส่วนอัดแรง ถึง 300 ชิ้น และการก่อสร้างได้แล้วเสร็จในปี 1960 และในปัจจุบันได้มีการก่อสร้างสะพานทั้งแบบ Segment Box Girder สำหรับสะพานช่วงยาว และแบบหล่อเป็นชิ้นเดียวหรือแบบหล่อในที่ (Cast-In-Place) สำหรับสะพานที่มีช่วงสั้นๆ โดยเทคนิคในการออกแบบก็ได้มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องเพื่อความมั่นคงของสะพาน และสามารถรับน้ำหนักได้มากขึ้น ในปัจจุบันการก่อสร้างสะพานจะมีลักษณะดังภาพที่ 2.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, 17d cite the document when use.

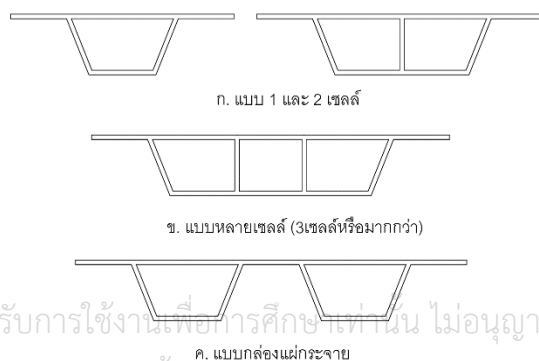


รูปที่ 2.9 การก่อสร้างสะพานแบบ Segment Box Girder ในปัจจุบัน

(ที่มา : อมร พิมาณมาศ)

2.2.2 ประเภทของ Box Girder

Box Girder โดยทั่วไปแล้วโครงสร้างจะประกอบด้วยคอนกรีตและเหล็กเสริม Box Girder หลายๆชิ้นอาจจะถูกนำมาประกอบขึ้นเป็นพื้นถนนของสะพาน โดยด้านบนนั้นจะเป็นพื้นถนน ดังแสดงในภาพที่ 2.10 เมื่อนำ Box Girder มาสร้างเสร็จแล้ว สะพานจะสามารถรับแรงบิดได้มากกว่าโครงสร้างที่เป็นแบบ I-Girder หรือ I-Beam ระบบ Box Girder เหล่านี้ สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภทหลักๆคือ 1 และ 2 เซลล์ ดังแสดงในรูปที่ 2.2(ก),แบบหลายเซลล์ (3 เซลล์หรือมากกว่า) ดังแสดงในรูปที่ 2.2(ข) และแบบกล่องแผ่กระจาย (โดยเซลล์นั้นจะไม่ต่อเนื่องกัน) ดังแสดงในรูปที่ 2.2(ค) (Barker and Puckett, 2007)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.10 รูปแบบหน้าตัดของ Box Girder ที่พบบ่อยๆ

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

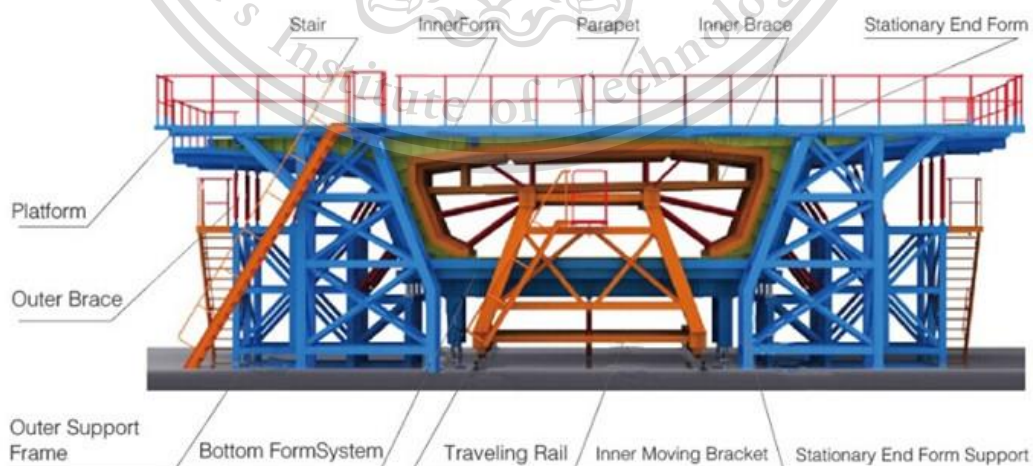
ระบบแบบ 1 และ 2 เซลล์นั้น โดยปกติจะมีขนาดที่แคบ เมื่อเปรียบเทียบกับความยาวของ Span และมีพฤติกรรมคล้ายๆ กัน บ่อยครั้งในการทำแบบจำลองจะใช้เป็นแบบโครงข้อแข็ง (Frame) ดังนั้นในการออกแบบจึงต้องคำนึงถึงค่าวิฤติหลายค่า เช่น การดัด (Bending Moment), การเฉือน (Shear) และการบิด (Torsion) โดยค่าเหล่านี้จะทำให้เกิดผลกระทบทั้งภายนอกและภายในโดยเป็นผลมาจากยานพาหนะที่วิ่งบนพื้นถนนของ Box Girder โดยรวมแล้วผลกระทบภายนอกส่งผลไปยังระบบภายนอก เช่น การเกิดการโก่งตัว, โมเมนต์ หรือ การเฉือนของ Box Girder ส่วนผลกระทบภายในที่เกิดจากแรงภายใน คือ การเสีรูปร่าง อย่างไรก็ตามในปัจจุบันนี้รูปแบบหน้าตัดของ Girder ได้มีการพัฒนาจนกระทั่งมีรูปแบบที่แตกต่างไปจากรูปที่ 2.10 เนื่องจากเหตุผลของความประหยัดและความสวยงาม

2.2.3 ขั้นตอนการผลิตชิ้นส่วน Segment Box Girder

เนื่องจากการหล่อ Segment นั้นวิธีการหล่อชิ้นส่วนในแต่ละแบบมีรายละเอียดปลีกย่อยบางตัวต่างกัน ซึ่งเพื่อให้สะดวกต่อการอธิบายจึงขอวิธีการหล่อ Typical Segment มาแนะนำเสนอ ดังต่อไปนี้

2.2.3.1 ขั้นตอนการเตรียม Mould (Mould Preparation)

ในการหล่อชิ้นส่วนนั้น จะต้องมีการสร้างแบบหล่อคอนกรีต เป็นแบบเหล็กหรือที่เรียกกันโดยทั่วไปว่า Mould ซึ่งจะมี Mould ทั้งหมด 2 ชนิดด้วยกันคือ Mould ที่ใช้หล่อ Pier Segment และ Mould ที่ใช้หล่อ Typical Segment โดย Mould นั้นจะประกอบไปด้วยส่วนประกอบ 2 ส่วนหลักๆ คือ Internal formwork หรือ Core form และ External Formwork ส่วนการเตรียมแบบในการหล่อจะแสดงดังรูปที่ 2.11



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้วง ที่ต้องการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

รูปที่ 2.11 การเตรียม Mould

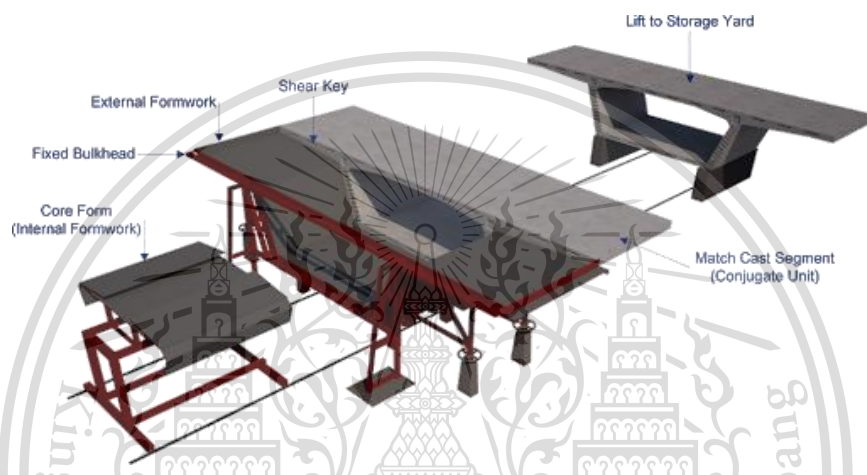
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้ (ที่มา : okorder)

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, 19 and cite the document when use.

2.2.3.2 การเตรียม Match Cast Segment (Setting the Match Cast Segment)

ในการหล่อ Segment นั้นจะต่อขมึ้นส่วนที่เรียก Match Cast Segment เพื่อนำมาเป็นแบบสร้าง Shear Keys ของ Segment ตัวใหม่ รูปที่ 2.12 จะแสดง Shear Keys ของ Segment โดย Match Cast Segment ดังกล่าวก็คือ Segment ตัวที่เลื่อนออกมาจาก Mould หลังจากถอดแบบ ทั้งนี้ Shear Keys ของ Match Cast Segment นั้นจะต้องทาด้วย Bond Breaker เพื่อป้องกัน Shear Keys ของ Segment ใหม่เกาะติดกับผิวของ Shear Keys ของ Segment ตัว Match Cast



รูปที่ 2.12 การเตรียม Match Cast Segment
(ที่มา : mckeller.co.th)

2.2.3.3 การกำหนดพิกัดตั้งวัดเบื้องต้น (Initial Survey Setup)

จะทำการปรับพิกัด Survey ของตัว Match Segment จากค่าที่คำนวณได้จาก Drawings โดยการปรับพิกัดของ Match Cast Segment นั้นจะปรับโดยใช้ระบบ Hydraulic

2.2.3.4 การปรับ Mould ให้เข้าตำแหน่ง (Mould Setup)

หลังจากปรับค่าก๊าด Survey ของตัว Match Cast Segment เสร็จเรียบร้อยแล้วนั้น จะทำการปรับ Mould ให้เข้าตำแหน่งดังรูปที่ 2.13 ซึ่งบางครั้งในการปรับนั้นอาจทำให้ค่าพิกัด Survey เคลื่อนไป อย่างไรก็ตามก็ควรทำการตรวจสอบพิกัด Survey อีกครั้ง หลังจากปรับ Mould ให้เข้าตำแหน่งเรียบร้อยแล้วนั้นก็จะทำความสะอาด ทาน้ำมันทาแบบและ Seal Joint ต่างๆ เพื่อป้องกันการรั่วของ

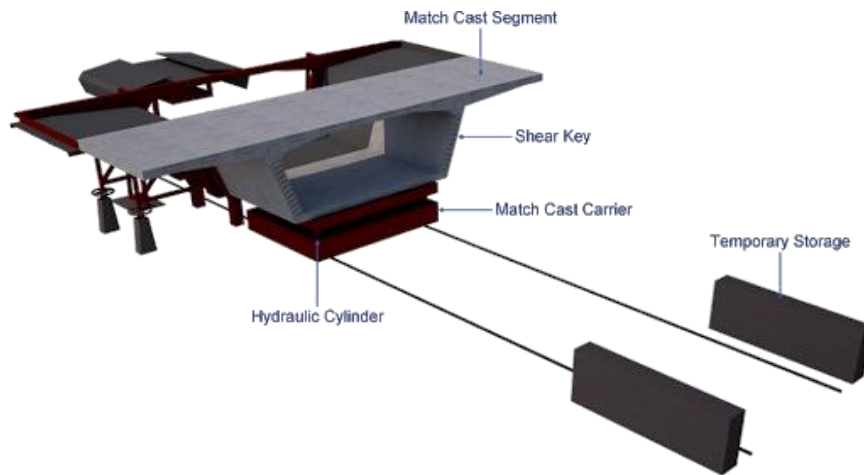
Cement Mortar ในระหว่างที่เทคอนกรีต

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, 20d cite the document when use.



รูปที่ 2.13 การปรับ Mould ให้เข้าตำแหน่ง

(ที่มา : mckeller)

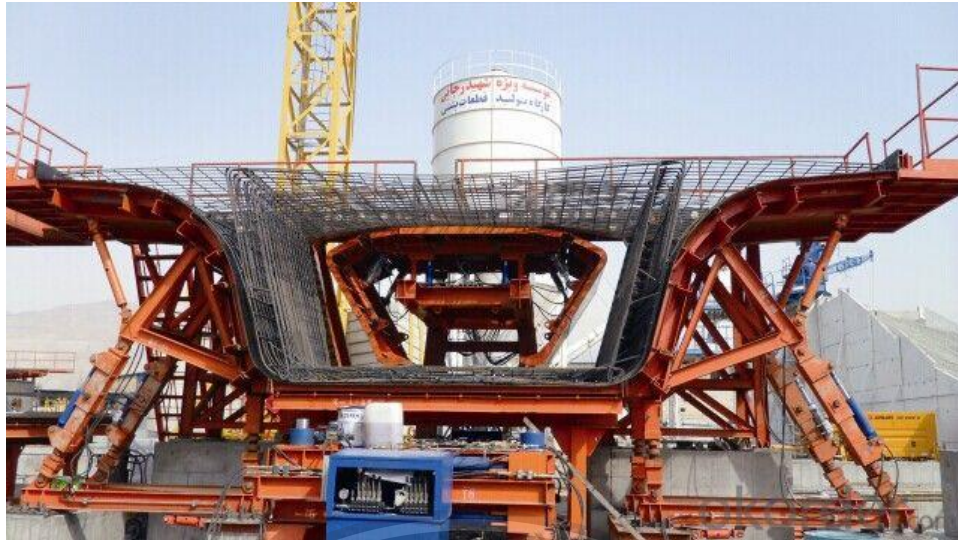
2.2.3.5 ขั้นตอนการติดตั้งเหล็ก (Installation of Rebar Cage)

ในขั้นตอนนี้ Tower Crane จะยกโครงเหล็กที่ผูกเสร็จแล้วเข้าไปใน Mould โดยวางบน Soffit Carrier และทำการเลื่อน Core Form ให้เข้าตำแหน่ง โดยรูปที่ 2.14 จะเป็นการเตรียมเหล็กเสริมของ Box Girder จากนั้นจึงทำการติดตั้งวัสดุฝังต่างๆ (Embedded Parts) เช่น ท่อระบายน้ำ (Gully Chute), ระบายน้ำ (Drain Hole) และทำการปรับ Core form ให้แนบสนิทกับ Match Cast Segment และทำการ Seal Joint ต่างๆ อีกครั้งเพื่อป้องกันการรั่วของ Cement Mortar ซึ่งโครงเหล็ก (Rebar Cage) ดังกล่าวนั้นก่อนจะยกลงมา ใน Mould นั้นจำทำการผูกโดยใช้ Jig เป็นตัวบังคับระยะให้ได้ตามแบบและทำการติดตั้งวัสดุฝังบางส่วนที่สามารถติดตั้งได้ก่อนที่จะยกลง Mould เช่น PT Dust (สำหรับ Transverse Post-tension), Earthing Terminal (อุปกรณ์ประกอบระบบรองรับฟ้าผ่า) เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, 21d cite the document when use.

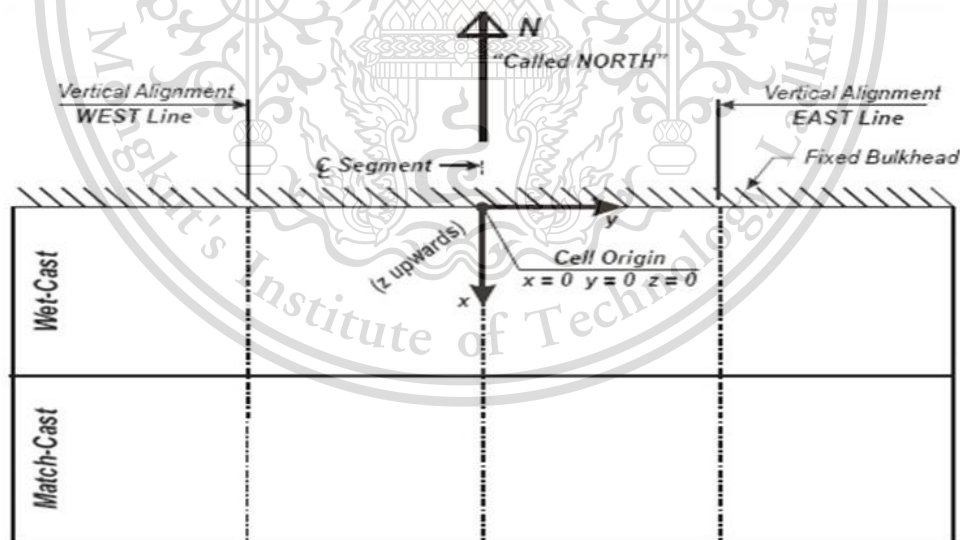


รูปที่ 2.14 ขั้นตอนการลงเหล็ก

(ที่มา : okorder)

2.2.3.6 กำหนดพิกัดครั้งสุดท้าย (Final Survey Setup)

จะทำการเช็คค่าพิกัดของ Match Cast Segment ที่กำหนดไว้อีกครั้งว่ามีการเปลี่ยนแปลงหรือไม่ ดังรูปที่ 2.15 ซึ่งถ้าหากมีการเปลี่ยนแปลง จะต้องทำการปรับใหม่อีกครั้ง



รูปที่ 2.15 การกำหนดพิกัดครั้งสุดท้าย

(ที่มา : Byron Miles)

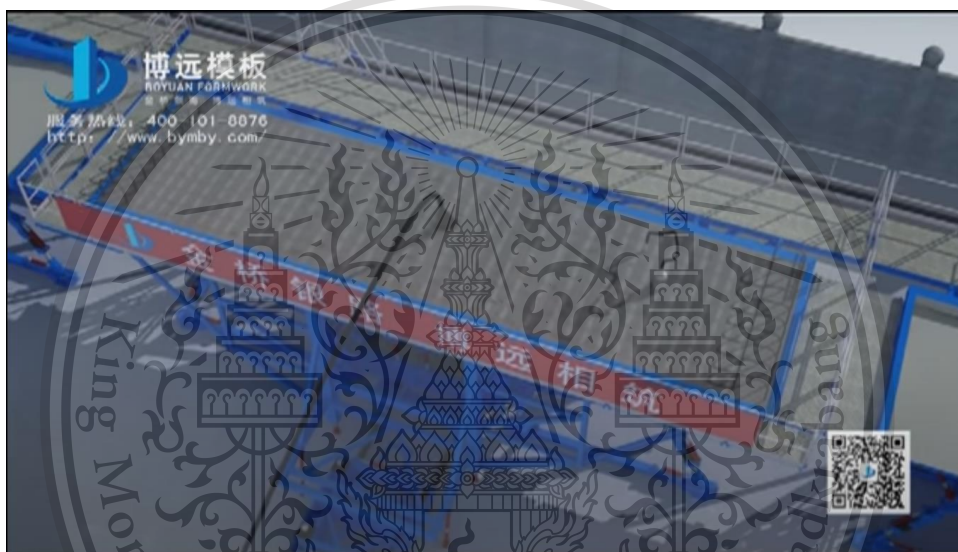
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, 22d cite the document when use.

2.2.3.7 การเทคอนกรีต (Placing Concrete)

หลังจากทำการตรวจสอบความเรียบร้อยของการ Setup Mould แล้วนั้น จึงทำการเทคอนกรีตลงไปใน Mould โดนขั้นตอนการเทนั้นจะต้องเทในส่วนของพื้นล่างก่อน ตามด้วยส่วนผนัง (Web) และปิดท้ายด้วยการเท Slap บน รูปที่ 2.16 แสดงการเทคอนกรีตในแบบ ทั้งนี้เพื่อป้องกันการแยกตัวของคอนกรีต ซึ่งโดยปกติแล้วในการหล่อจะใช้ Vibrator ทั้ง Internal Vibrator และ External Vibrator โดย External Vibrator นั้นจะติดอยู่กับตัว Mould และทำการเปิดเครื่องให้เขย่าในขณะเทคอนกรีต หลังจากเสร็จสิ้นการเทคอนกรีตแล้วนั้น ผิวคอนกรีตด้านบนที่สัมผัสกับอากาศจะต้องทำการฉีกพันด้วยน้ำยาบ่มคอนกรีตสด หรืออาจคลุมด้วยพลาสติกเพื่อป้องกันการระเหยของน้ำในคอนกรีต



รูปที่ 2.16 การเทคอนกรีต

(ที่มา : Shandong Boyoun Heavy Industries)

2.2.3.8 การรังวัดชิ้นงานหลังการผลิต (As Cast Survey)

หลังจากคอนกรีตแข็งตัวแล้ว ทำการเก็บค่า “As Cast Data” ซึ่งเป็นการตรวจสอบข้อมูลทางด้าน Survey และนำข้อมูลเหล่านี้ไปใช้ Setup Segment ตัวถัดไป

2.2.3.9 การดึงลดแรงขั้นแรก (Initial Stressing)

เมื่อคอนกรีตสามารถรับกำลังอัดได้อย่างต่ำตามกำหนดในการ Initial Stressing นี้มีความสำคัญมาก เนื่องจากจะช่วยป้องกันการแตกหักและการโก่งตัวของปีก Segments หลังจากที่เปิด Mould ส่วนที่เป็นปีกออกดังแสดงในรูปที่ 2.17

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, 23 and cite the document when use.



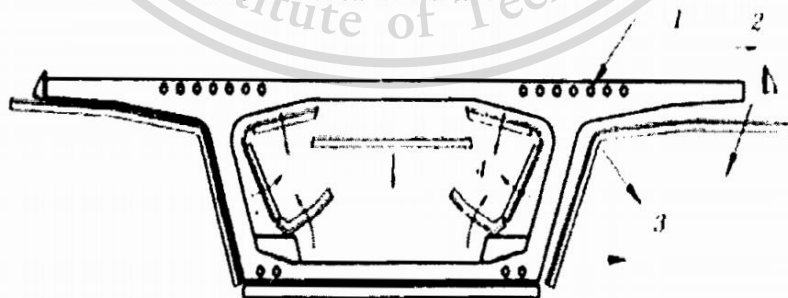
รูปที่ 2.17 การดึงลวดอัดแรงขั้นแรก (Initial Stressing)

(ที่มา : HWSTD Bureau of Standards and Evaluation)

2.2.3.10 การถอดแบบ (Striking Formwork)

หลังจากคอนกรีตได้กำลังอัดตามที่กำหนดไว้ในการถอดแบบแล้ว จึงทำการถอดแบบออกโดยลำดับขั้นในการถอด ให้ถอดแบบปลายปีก (Wing Stop End Piece) ออกก่อนตามด้วยแบบปีก (Wing Soffit) และแบบ Core Form ตามลำดับ รูปที่ 2.18 จะเป็นการถอดแบบออกจากส่วนต่างๆของ Box Girder

- 1 Disconnect inflated duct huers or dollies
- 2 Remove wing stop end pieces
- 3 Drop wing soffit and pull back web outside forms
- 1 Strike core forms, fold back and retract



รูปที่ 2.18 การถอดแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
(ที่มา : สมบัติ แสนเลิศ. 2555)

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, 24 and cite the document when use.

2.2.3.11 การแยก Match Cast Segment (Striking Match Cast Segment)

หลังจากที่ได้ทำการถอดแบบออกแล้ว Match Cast Segment จะถูกแยกออกจาก Segment ตัวใหม่ ซึ่งในขั้นตอนนี้จะต้องระมัดระวังความเสียหายที่เกิดขึ้นกับ Shear Keys เนื่องจากในขั้นตอนการแยกนั้นจะต้องทำการปรับกระบอก Hydraulic ได้ Segment ซึ่งมีทั้งหมด 4 กระบอก ซึ่งโดยปกติแล้วต้องทำการปรับระดับกระบอก Hydraulic คู้หน้าหรือคู้ที่ติดกับ Segment ตัวใหม่ขึ้นก่อนและต้องปรับขึ้นเพียงเล็กน้อยและปรับอย่างช้าๆ ให้ Shear Keys พอดีแยกออกจากกันเท่านั้นแล้วจึงปรับกระบอกคู้หลังขึ้น ซึ่งหากไม่มีความชำนาญเพียงพอจะทำให้ Shear Keys ถูกกดจนแตกได้

2.2.3.12 การเคลื่อนย้าย Segment เข้าเก็บใน Stock Yard (Storing & Stacking of Match Cast Segment)

หลังจาก Match Cast Segment ถูกแยกออกมาแล้ว จะถูกเคลื่อนนำไปวางไว้บนแท่นสำหรับรองรับ Mould เพื่อรถยก (Shuttle Lift) มาแยกไปเก็บไว้ใน Stock Yard ซึ่งอยู่ในรูปแบบในการ Stock นั้นจะใช้ Support รองรับ Segment จำนวน 3 จุด เพื่อป้องกัน Moment ที่เกิดจากการบิดของชิ้นส่วน และ Support นั้นจะต้องวางให้ใกล้ Web ให้มากที่สุด เพื่อลด Shear Stress ใน Segment รวมทั้งจำนวนชั้นในการ Stock ต้องไม่เกิน 2 ชั้นและในระหว่างที่ชิ้นส่วนวางอยู่ใน Stock Yard นั้น ทางฝ่าย Post-Tensioning จะต้องตามมาดึงลวดอัดแรงส่วนที่เหลือ (Final Stressing) และทำการอัดน้ำปูนเข้าไปในท่อ PT Duct

2.2.4 วิธีการก่อสร้างสะพานอัดแรงรูปกล่องแบบชิ้นส่วนสำเร็จ (Construction methods for Precast Segment Box Girder Bridge)

วิธีการก่อสร้างสะพานรูปกล่องที่ได้รับความนิยมมากได้แก่วิธี launching truss method (รูปที่ 2.19) โดยอาศัยโครงเหล็ก (launching truss) วางคร่อมช่วงคานระหว่างเสาตอม่อ แล้วทำการลำเลียงชิ้นส่วนคอนกรีตให้อยู่ในตำแหน่งตรง span ที่ต้องการ จากนั้นทำการดึงลวดอัดแรงพร้อมกันทั้งช่วงคาน หลังจากนั้นก็จะเคลื่อนโครงเหล็กไปข้างหน้าด้วย Hydraulic jacks และทำการสร้างช่วงคานถัดไป บางครั้งจึงเรียกวิธีดังกล่าวว่า Span-by-span-method โครงเหล็กที่ใช้ยังแบ่งออกเป็นแบบ over slung (รูปที่ 2.19(ก)) สำหรับกรณีที่โครงเหล็กอยู่ด้านบนของสะพานและ under slug ในกรณีที่โครงเหล็กอยู่ด้านล่างของคานสะพาน (รูปที่ 2.19(ข))

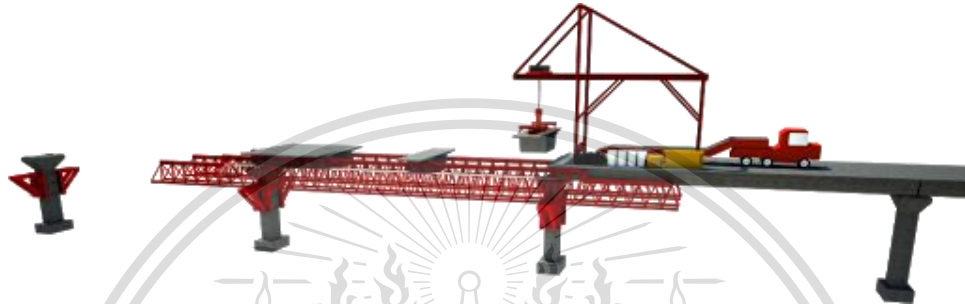
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, 25 and cite the document when use.



(ก) โครงเหล็กแบบ Over Slug



(ข) โครงเหล็กแบบ Under Slug

รูปที่ 2.19 วิธีการก่อสร้างสะพานอัดแรงรูปกล่องแบบขึ้นส่วนสำเร็จ

(ที่มา : Sorakrit Punthumontree. 2553)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, 26 and cite the document when use.

2.3 วิธีการไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method)

วิธีการไฟไนต์เอลิเมนต์ ที่นิยมเรียกด้วยคำย่อกันว่า FEM ซึ่งวิธีการนี้สามารถนำมาใช้กับปัญหาที่มีรูปร่างลักษณะที่ซับซ้อน ปัญหานั้นจะประกอบด้วยสมการเชิงอนุพันธ์และเงื่อนไขขอบเขตที่กำหนดมาให้ ค่าผลเฉลย-แม่นยำตรง (Exact solution) ของปัญหาดังกล่าวจะประกอบด้วยค่าของตัวแปรต่างๆ กันตามตำแหน่งบนรูปร่างลักษณะของปัญหานั้น หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งก็คือค่าผลเฉลยแม่นยำตรงจะประกอบด้วยค่าต่างๆ จำนวนมากมายเช่นนี้ซึ่งสำหรับปัญหาในทางปฏิบัติจะทำได้ หลักการก็คือทำการเปลี่ยนค่าทั้งหมดที่มีจำนวนอนันต์ค่านั้นมาเป็นค่าโดยประมาณที่มีจำนวนที่นับได้ (Finite) ด้วยการแทนรูปร่างลักษณะของปัญหาด้วยเอลิเมนต์ (Element) ซึ่งมีขนาดต่างๆกัน

วิธีการดังกล่าวซึ่งบ่งเป็นนัยว่า ผลเฉลยของแต่ละเอลิเมนต์นั้นจำเป็นต้องสอดคล้อง (Satisfy) กับสมการ เชิงอนุพันธ์และเงื่อนไขขอบเขตที่กำหนดไว้ในปัญหานั้นๆ ซึ่งหมายความว่าหลักการของวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ จะเริ่มต้นจากการพิจารณาเอลิเมนต์ทีละเอลิเมนต์ โดยทำการสร้างสมการสำหรับแต่ละเอลิเมนต์ที่ตั้งอยู่บนรากฐานที่ว่า สมการที่สร้างขึ้นมานั้นจำเป็นต้องสอดคล้องกับสมการเชิงอนุพันธ์ของปัญหาที่ทำอยู่นั้น จากนั้นจึงนำสมการของแต่ละเอลิเมนต์ที่สร้างขึ้นมาได้มาประกอบกันเข้าก่อให้เกิดระบบสมการชุดใหญ่ ซึ่งในความหมายทางกายภาพก็คล้ายกับการนำทุกเอลิเมนต์มาประกอบรวมเข้ากันก่อให้เกิดเป็นรูปร่างลักษณะทั้งหมดของปัญหาที่แท้จริง จากนั้นจึงทำการกำหนดเงื่อนไขขอบเขตที่ให้มาลงไปในระบบสมการชุดใหญ่นี้ แล้วจึงทำการแก้สมการดังกล่าว ซึ่งจะก่อให้เกิดผลเฉลยโดยประมาณที่ต้องการ ณ ตำแหน่งต่างๆของปัญหานั้น (ปราโมทย์ เตชะอำไพ, 2542)

จากคำอธิบายนี้จะเห็นได้ว่า ความแม่นยำของค่าผลเฉลยโดยประมาณที่คำนวณออกมาได้นั้นจะขึ้นอยู่กับขนาดและจำนวนของเอลิเมนต์ที่ใช้ในการแก้ปัญหาเหล่านั้นนอกจากนั้นความแม่นยำของผลเฉลยยังขึ้นอยู่กับการสมมติรูปแบบของฟังก์ชันการประมาณภายใน (Interpolation function) ที่ใช้กับแต่ละเอลิเมนต์นั้น กล่าวคือ ฟังก์ชันการประมาณภายในที่สมมติขึ้นมานั้นมีความใกล้เคียงกับผลเฉลยแม่นยำตรงของปัญหานั้นมากน้อยเพียงใด ลักษณะการกระจายของฟังก์ชันการประมาณภายในของเอลิเมนต์อาจสมมติให้อยู่ในหลายรูปแบบ อาทิเช่น รูปแบบของการกระจายเชิงเส้นตรง (Linear distribution) เป็นต้น ส่วนขนาด (Magnitude) ของฟังก์ชันการประมาณภายในนี้จะขึ้นอยู่กับค่าที่จุดต่อ (Node) ของเอลิเมนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, 27d cite the document when use.

2.4 ปรีทัศน์วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

วริยส ธิรตุลกุล (2563) งานวิจัยกรณีศึกษาพฤติกรรมของหน่วยแรงที่เกิดขึ้นในสะพานคอนกรีตอัดแรงเมื่อมีการปรับเปลี่ยนความยาวช่วงสะพานจากน้ำหนักกระทำของรถบรรทุกตามมาตรฐานกรมทางหลวงประเทศไทย โดยจะทำการพิจารณาผลการวิเคราะห์หน่วยแรงต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในโครงสร้างเปรียบเทียบกับค่าที่ยอมให้ตามการออกแบบตามมาตรฐานของสมาคมทางหลวงและการขนส่งสหรัฐอเมริกา การศึกษาวิจัยนี้เป็นการจำลองโครงสร้างสะพานคอนกรีตอัดแรงแบบต่อเนื่องสามช่วงสะพานแบบสามมิติ ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ รับน้ำหนักบรรทุกตามมาตรฐานของสมาคมทางหลวงและการขนส่งสหรัฐอเมริกา (HL-93) และน้ำหนักบรรทุก ตามมาตรฐานกรมทางหลวงบนความยาวช่วงสะพานเดิมและความยาวช่วงสะพานที่มีการปรับเปลี่ยนจากตำแหน่งของตอม่อเดิม โดยกำหนดการปรับเปลี่ยนตามสัดส่วนความยาวเดิมในช่วงแรก (First Span) และช่วงกลาง (Middle Span) ของสะพานให้ลดลงในช่วงแรก และเพิ่มขึ้นในช่วงกลางระหว่าง 5%-25% โดยปรับเปลี่ยนครั้งละ 5% ความยาวช่วงสะพานจะปรับเปลี่ยนอยู่ระหว่างช่วงความยาว 26.25-43.75 เมตร พร้อมทำการตรวจสอบพฤติกรรมของหน่วยแรงที่เกิดขึ้นในคอนกรีต ลวดอัดแรง และเหล็กเสริม โดยนำค่าที่ได้จากการวิจัยมาวิเคราะห์เป็นเส้นโค้งปฏิสัมพันธ์หน่วยแรงที่เกิดขึ้นจริงเปรียบเทียบกับค่าหน่วยแรงที่ยอมให้ตามมาตรฐานของสมาคมทางหลวงและการขนส่งสหรัฐอเมริกา ด้วยวิธีตัวคูณเพิ่มและความต้านทานน้ำหนัก นอกจากนี้ยังได้พิจารณาความยาวช่วงสะพานที่เหมาะสมต่อการปรับปรุง โครงสร้างที่จะไม่ทำให้โครงสร้างสะพานดังกล่าวมีค่าหน่วยแรงเกินกว่า ค่าการออกแบบ โดยพิจารณาจากสภาวะการใช้งานของโครงสร้างเดิมเป็นหลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

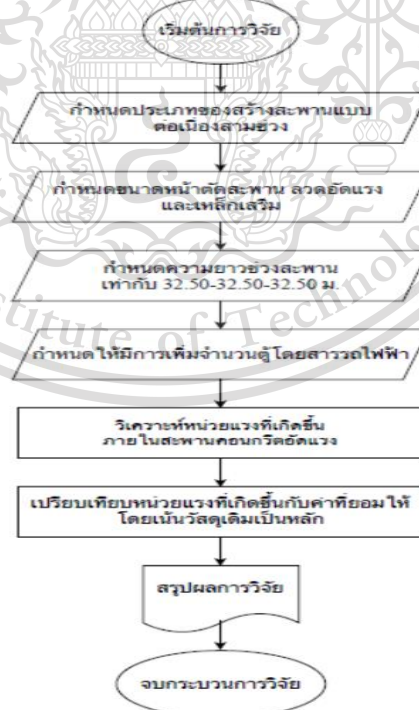
Forbidden to modify the content, 28 and cite the document when use.

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

ในงานวิจัยนี้ใช้แบบจำลองโครงสร้างสะพานด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ของสะพานคอนกรีตอัดแรงแบบต่อเนื่อง ซึ่งใช้คอมพิวเตอร์ในการสร้างและการวิเคราะห์แบบจำลองด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์ ในการจำลองโครงสร้างสะพานด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์นี้จะเป็นตัวแทนในการวิเคราะห์หาหน่วยแรงที่เกิดขึ้นภายในสะพาน

ในขั้นตอนดำเนินงานวิจัยจะประกอบด้วยการศึกษาข้อมูลทางวิศวกรรมของโครงสร้างสะพาน การจำลองโครงสร้างสะพานคอนกรีตอัดแรงแบบต่อเนื่องสามช่วง และทำการวิเคราะห์โครงสร้างเพื่อหาหน่วยแรงที่เกิดขึ้นในสะพาน ได้แก่ แรงดึงที่ผิวบนและผิวล่างในคอนกรีต แรงดึงหลังการสูญเสียแรงดึงในลวด อัดแรง และแรงเฉือนในหน้าตัด ทั้งนี้จะนำผลที่ได้ไปเปรียบเทียบกับค่าหน่วยแรงที่ยอมให้ตามมาตรฐานของสมาคมทางหลวงและการขนส่งสหรัฐอเมริกาและนำเสนอในรูปแบบของเส้นโค้งปฏิสัมพันธ์หน่วยแรงที่เกิดขึ้นจริงเปรียบเทียบกับค่าหน่วยแรงที่ยอมให้ตามมาตรฐานของสมาคมทางหลวงและการขนส่งสหรัฐอเมริกา การวิจัยในครั้งนี้จะพิจารณาจากสถานะการใช้งานของโครงสร้างเดิมเป็นหลักดังแสดงในรูปที่ 3.1



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

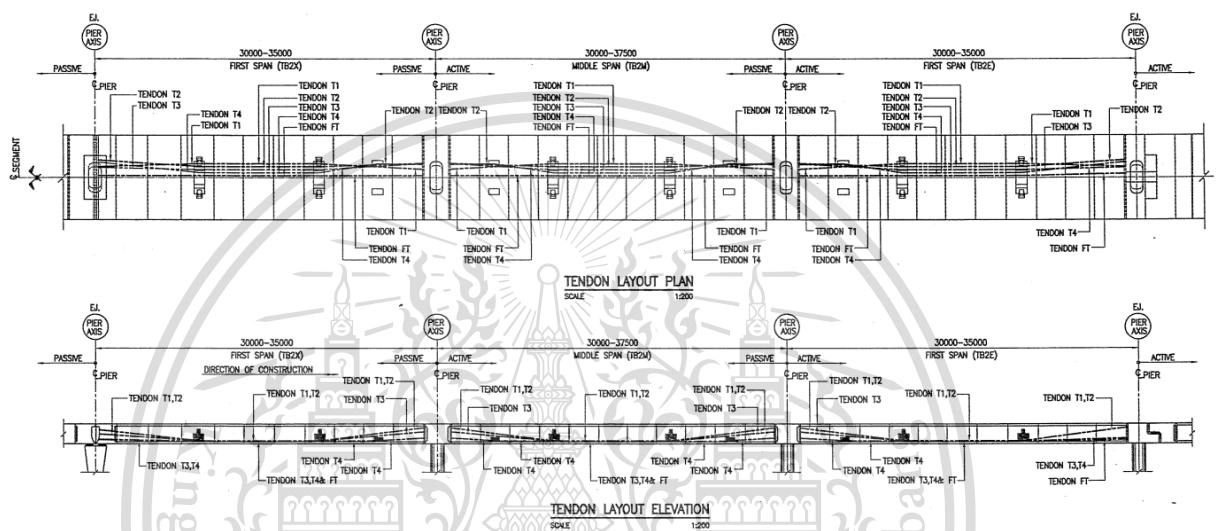
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, 29 and cite the document when use.

3.1 ศึกษาข้อมูลทางวิศวกรรมของโครงสร้างสะพาน

โครงสร้างคานสะพานที่พิจารณาเป็นกรณีศึกษาในครั้งนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการรถไฟฟ้าสายสีเขียวส่วนต่อขยายช่วงสะพานใหม่-ลำลูกกา โดยมีลักษณะเป็นสะพานคอนกรีตอัดแรงหน้าตัดรูปกล่องแบบต่อเนื่องมีความยาวช่วงเท่ากับ 32.5 เมตร จำนวน 3 ช่วง ความยาวสะพานรวมทั้งหมดเท่ากับ 97.5 เมตร ขนาดหน้าตัดกว้าง 8.40 เมตร ลึก 2 เมตร จำนวน 2 ช่องจราจร โดยแต่ละช่วงของสะพาน เสริมลวดอัดแรงหมายเลข T1,T2,T3 และ T4 โดยแต่ละกลุ่ม มีลวดอัดแรงจำนวน 17 เส้น ดังแสดงในรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 แพลนและรูปตัดด้านสะพานคอนกรีตอัดแรงแบบต่อเนื่องสามช่วง

3.2 การจำลองโครงสร้างสะพาน ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

3.2.1 ประเภท ขนาดหน้าตัด และความยาวช่วงของสะพาน

งานวิจัยนี้เป็นการจำลองโครงสร้างสะพานด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ของสะพานคอนกรีตอัดแรงแบบต่อเนื่อง ซึ่งใช้คอมพิวเตอร์ในการสร้างและการวิเคราะห์แบบจำลองด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์

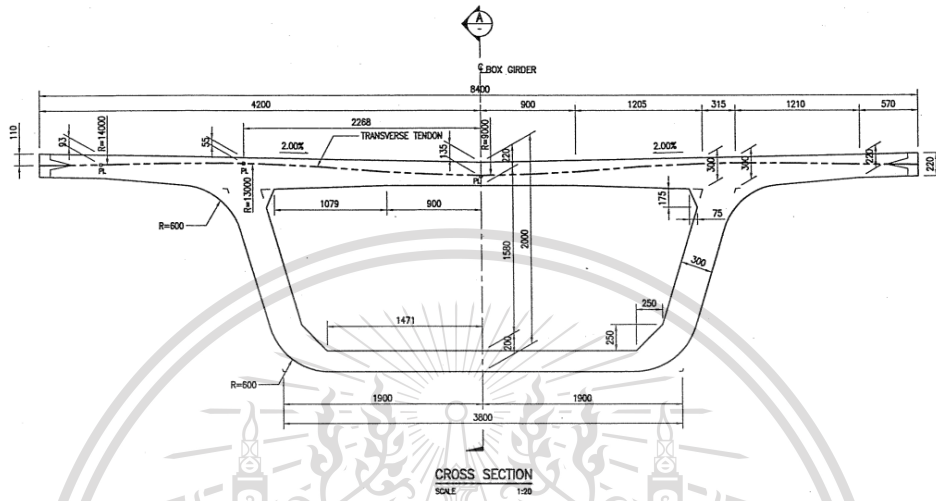
สะพานคอนกรีตอัดแรงหน้าตัดรูปกล่องแบบต่อเนื่องมีความยาวช่วงเท่ากับ 32.5 เมตร จำนวน 3 ช่วง ความยาวสะพานรวมทั้งหมดเท่ากับ 106.5 เมตร ขนาดหน้าตัดกว้าง 8.40 เมตร ลึก 2 เมตร จำนวน 2 ช่องจราจร ดังแสดงในรูปที่ 3.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

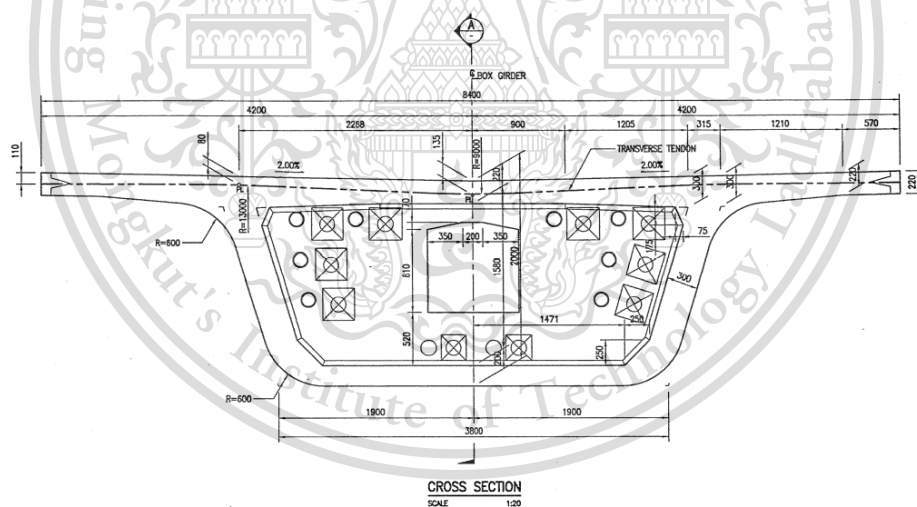
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, 30 and cite the document when use.

ในการจำลองหน้าตัดคอนกรีตอัดแรงนั้น ประกอบด้วยหน้าตัดทั้งหมด 6 รูปแบบ กล่าวคือ หน้าตัดกลาง (Intermediate Segmental) หน้าตัดบริเวณหัวเสา (Pier Segmental) จำนวน 3 ประเภท และ หน้าตัดบริเวณปรับแนวลาดอัดแรง (Deviator Segmental) จำนวน 2 ประเภท ดังแสดงในรูปที่ 3.3 ถึงรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.3 หน้าตัดกลาง (Intermediate Segmental)

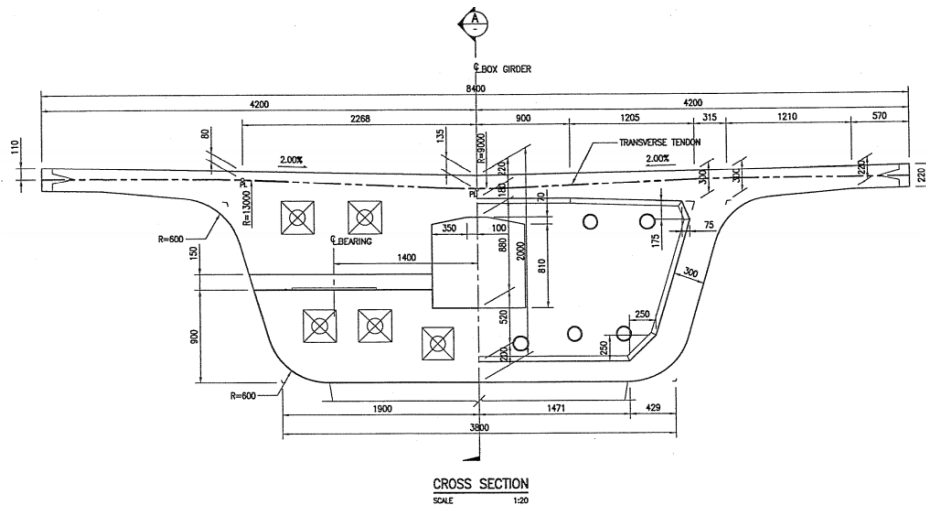


รูปที่ 3.4 หน้าตัดบริเวณหัวเสา ประเภทที่ 2 (Pier Segmental Type 2)

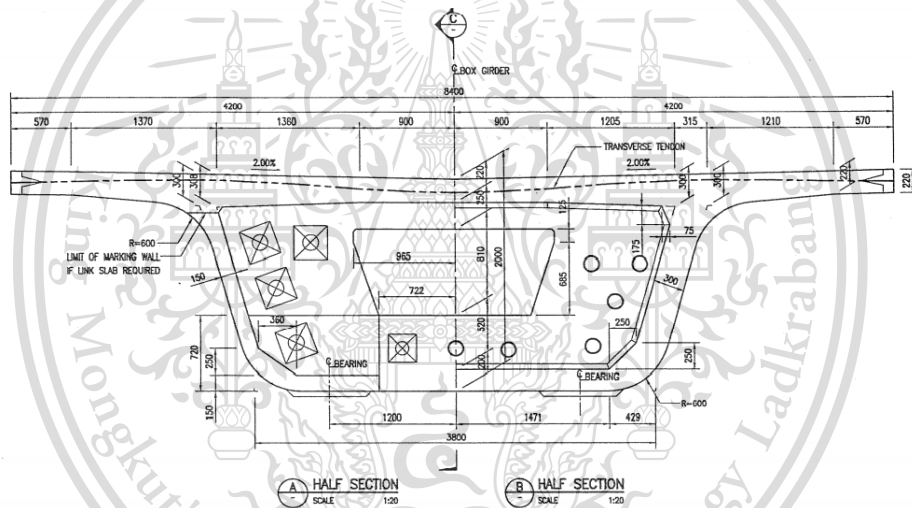
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, 31d cite the document when use.



รูปที่ 3.5 หน้าตัดบริเวณหัวเสา ประเภทที่ 3 (Pier Segmental Type 3)

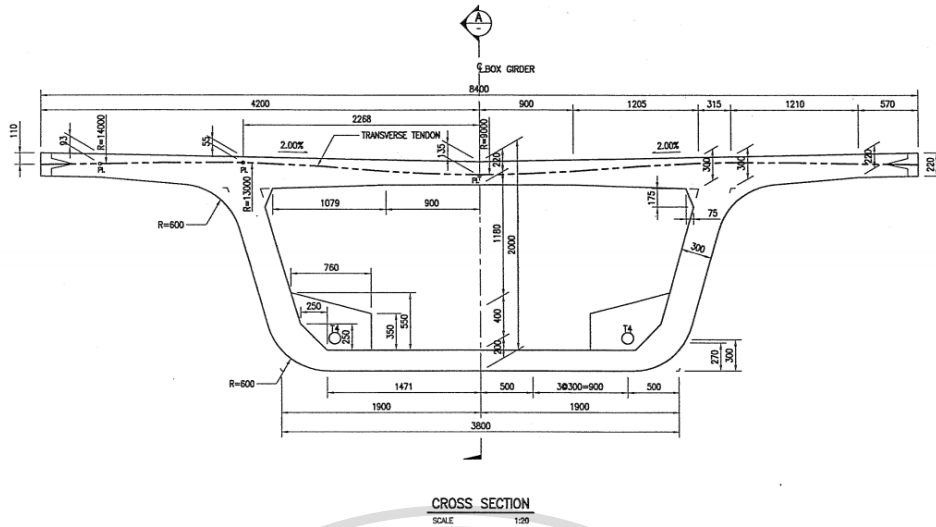


รูปที่ 3.6 หน้าตัดบริเวณหัวเสา ประเภทที่ 4 (Pier Segmental Type 4)

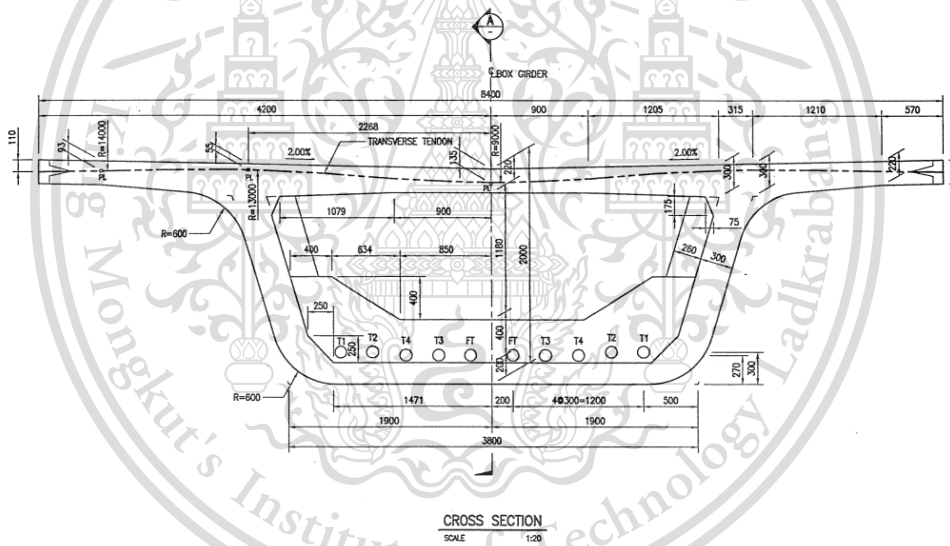
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, 32d cite the document when use.



รูปที่ 3.7 หน้าตัดบริเวณปรับแนวลาดอัดแรง ประเภทที่ 1 (Deviator Segmental Type 1)



รูปที่ 3.8 หน้าตัดบริเวณปรับแนวลาดอัดแรง ประเภทที่ 2 (Deviator Segmental Type 2)

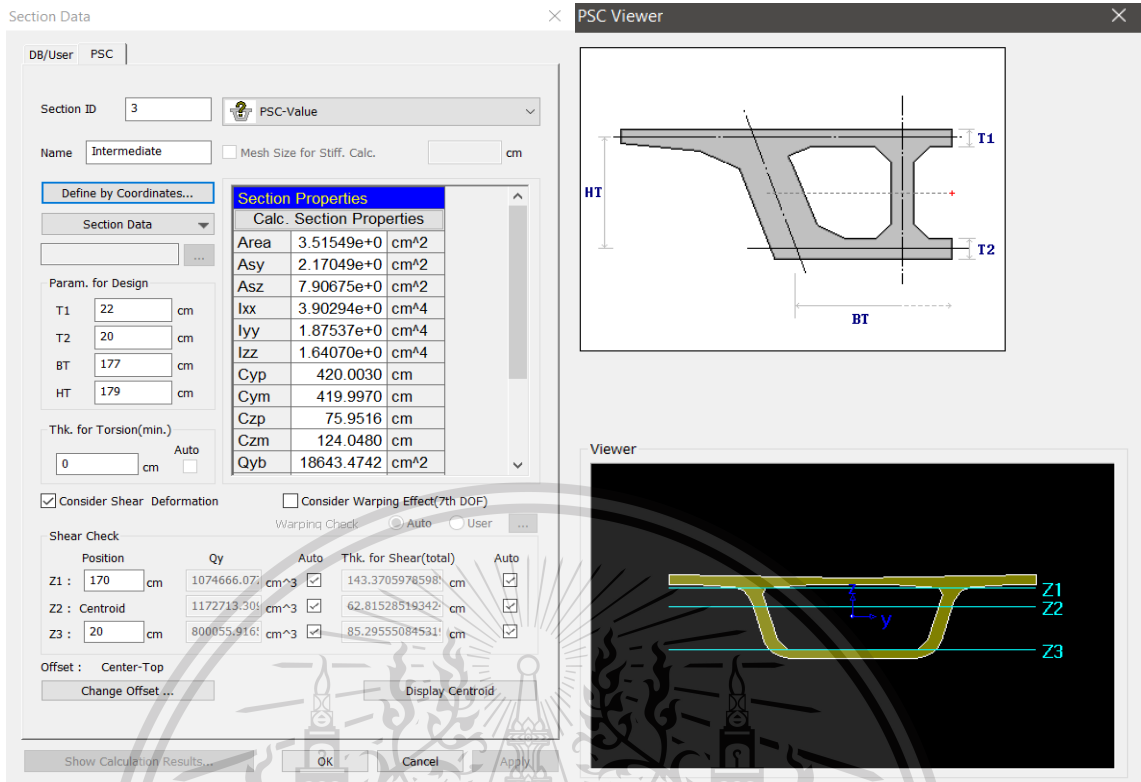
การกำหนดหน้าตัดสะพานแต่ละชิ้นส่วน (Segmental) ในแบบจำลองสะพานโปรแกรมวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์ โดยเลือกไปที่เมนู Properties / Section Properties และเลือกไปที่ Add PSC tab จากนั้นป้อนข้อมูลในแต่ละจุดพักภายในและด้านนอกของหน้าตัดสะพานแต่ละชิ้นส่วน โดยโปรแกรมจะ

ให้ป้อนข้อมูลเพียงด้านเดียวและพิจารณาว่าหน้าตัดนั้นสมมาตร ดังแสดงในรูปที่ 3.9

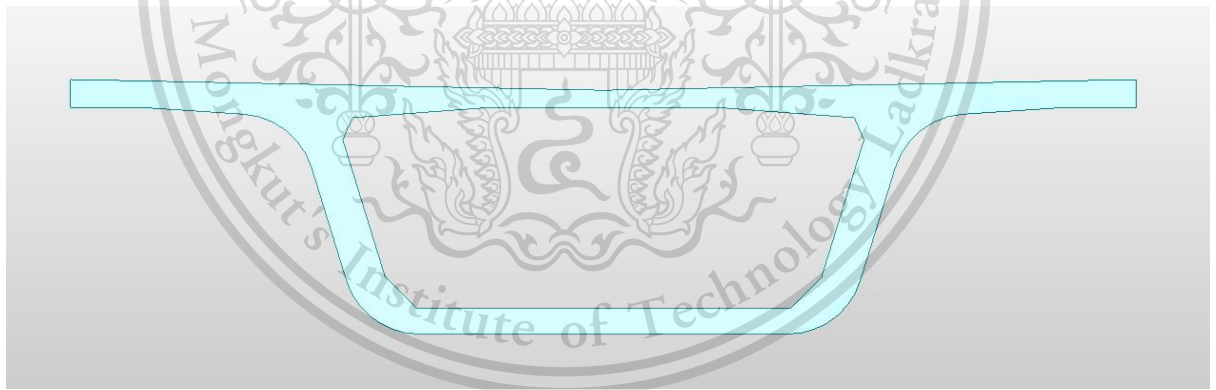
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, 33 and cite the document when use.



รูปที่ 3.9 การกำหนดชิ้นส่วนสะพานที่ใช้วิเคราะห์



รูปที่ 3.10 แบบจำลองหน้าตัดสะพานที่ใช้วิเคราะห์ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์

การกำหนดความยาวช่วงของฐานรองรับในแบบจำลองสะพานโปรแกรมวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์ โดยเลือกไปที่เมนู Boundary / Define Supports จากนั้นป้อนข้อมูลในแต่ละจุดพิกัดฐานรองรับ

แต่ละจุดตามแกน X, Y, Z เพื่อกำหนดฐานรองรับแต่ละประเภทดังแสดงในตารางที่ 3.1 และรูปที่ 3.11 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น เมื่ออนุญาตเห็นาไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

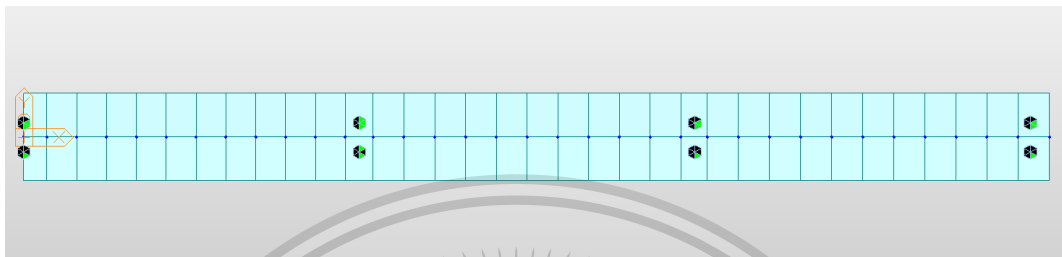
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, 34 and cite the document when use.

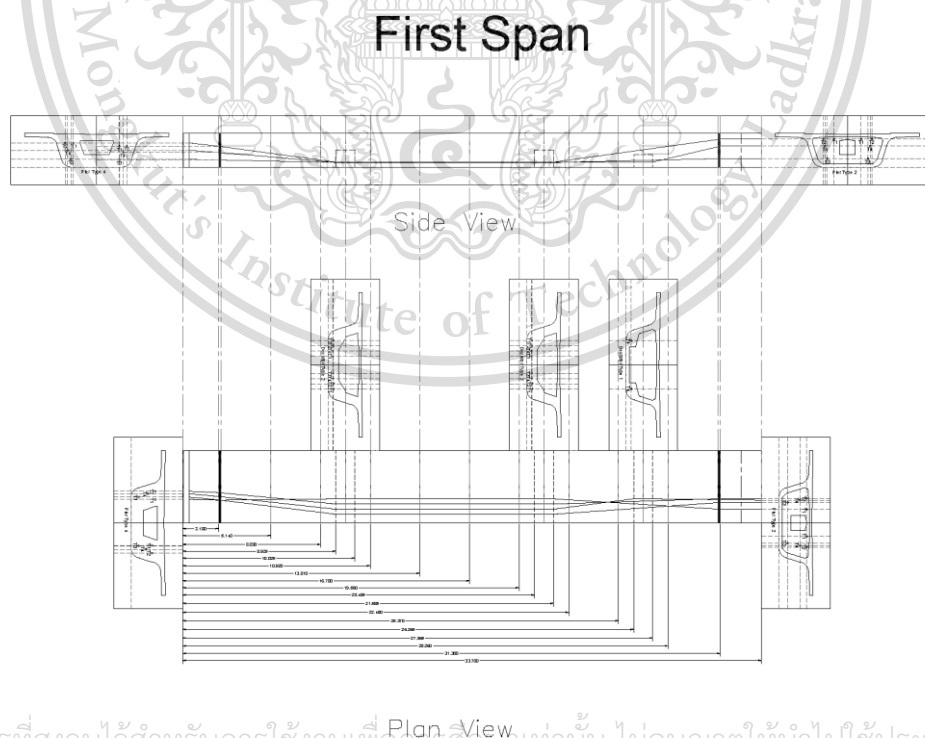
ตารางที่ 3.11 ประเภทของแต่ละจุดรองรับ

จุดรองรับที่ 1	จุดรองรับที่ 2	จุดรองรับที่ 3	จุดรองรับที่ 4
แบบเคลื่อนที่ได้ (Roller Support)	แบบยึดหมุน (Pinned Support)	แบบยึดหมุน (Pinned Support)	แบบเคลื่อนที่ได้ (Roller Support)



รูปที่ 3.11 การกำหนดฐานรองรับแต่ละประเภทของสะพานที่ใช้วิเคราะห์

การจำลองแนวเหล็กเสริมอัดแรง แบ่งออกเป็น 3 ช่วง ได้แก่ ช่วงแรก(First Span) ช่วงกลาง (Middle Span) และช่วงท้าย(End Span) โดยทำการจำลองค่าพิกัดที่แบบกำหนดให้ลงในโปรแกรม AutoCAD เพื่อหาค่าพิกัดแต่ละช่วงที่ต้องการ ดังรูปที่ 3.12 สำหรับสร้างแบบจำลองในโปรแกรมวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์ต่อไป ดังรูปที่ 3.13

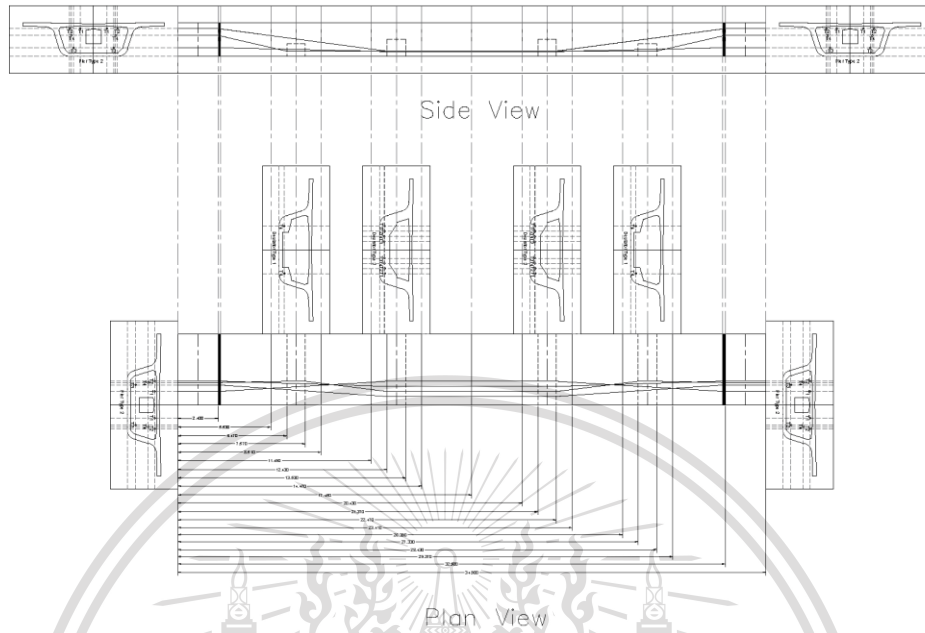


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงแก้ไขข้อมูลใดๆของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
(ก) สะพานช่วงแรก (First Span)

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, 35 and cite the document when use.

Middle Span



(ข) สะพานช่วงกลาง (Middle Span)

End Span

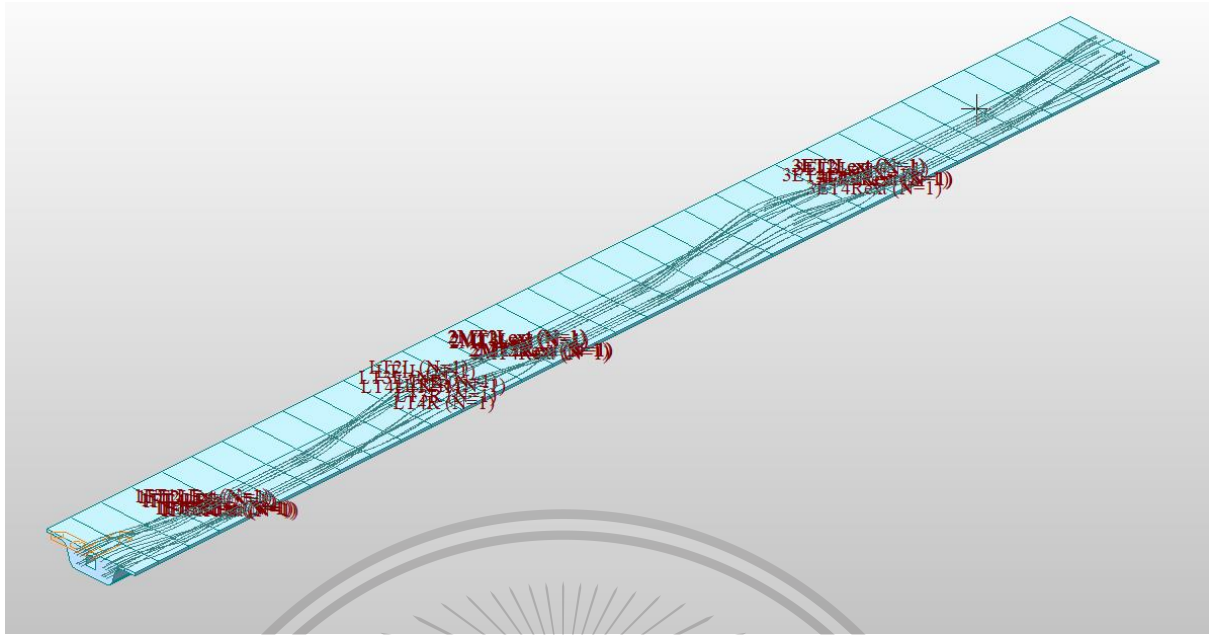


(ค) สะพานช่วงท้าย (End Span)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีก **รูปที่ 3.12** การจำลองแนวเหล็กเสริมอัดแรง บนโปรแกรม AutoCAD ครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, **36** cite the document when use.



รูปที่ 3.13 การจำลองแนวเหล็กเสริมอัดแรง บนโปรแกรมวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์

3.2.2 คุณสมบัติเชิงกลของวัสดุ

คอนกรีตที่ใช้ในงานสะพานคอนกรีตอัดแรงจะต้องมีกำลังอัดประลัยเท่ากับ 450 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร (สำหรับกำลังอัดประลัยของคอนกรีตทรงกระบอกที่ 28 วัน) โดยมีค่าโมดูลัสยืดหยุ่นที่ใช้ในการออกแบบให้ใช้เท่ากับ 322,650 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

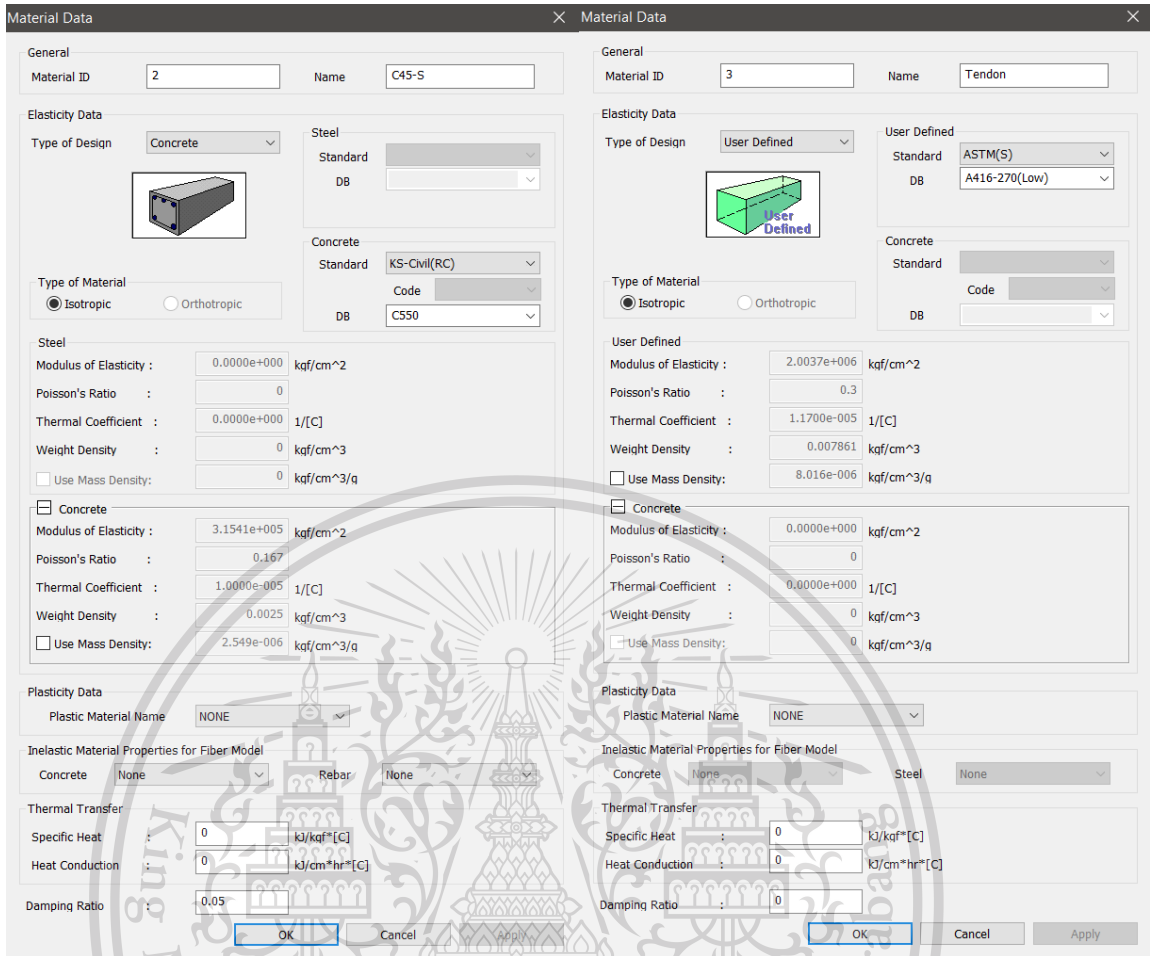
ลวดอัดแรงใช้ในงานสะพานคอนกรีตอัดแรง คือ ลวดเกลียวอัดแรงชนิด ลวด 7 เส้น และมีการคลายแรงดึงต่ำ (low relaxation) มาตรฐาน ASTM A416 เกรด 270 (มีกำลังดึงประลัยอย่างน้อย 270,000 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว หรือ 18,980 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร) และมีค่าโมดูลัสยืดหยุ่นเท่ากับ 1.97×10^6 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตรเนื้อที่หน้าตัดขนาด 15.2 มิลลิเมตร หรือ 0.6 นิ้ว

การกำหนดคุณสมบัติของวัสดุที่ใช้วิเคราะห์นั้นได้แก่ คอนกรีต และลวดอัดแรง ในแบบจำลองสะพานโปรแกรมวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์ โดยเลือกไปที่เมนู Property / Material Properties และเลือกไปที่ Add Properties ดังแสดงในรูปที่ 3.14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, 37d cite the document when use.



รูปที่ 3.14 การกำหนดคุณสมบัติที่ใช้วิเคราะห์

ตารางที่ 3.2 คุณสมบัติของลวดเกลียวอัดแรง ชนิดคลายแรงดึงต่ำตามมาตรฐาน ASTM A416 (ทศพล ปิ่นแก้ว และมนต์เกียรติ์ ชนินทรลีลา, 2558)

เกรด	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (มิลลิเมตร)	พื้นที่หน้าตัด (ตารางมิลลิเมตร)	แรงดึงที่จุด ประลัย (กิโลกรัม)	แรงดึงที่จุดคลาก (กิโลกรัม)
250	15.24	139.35	24,490	22,050
270	15.24	140.00	26,580	23,930

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, 38 and cite the document when use.

สำหรับการจำลองสะพานคอนกรีตอัดแรงในโปรแกรมวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์ เพื่อให้เกิดค่าหน่วยแรงดึงในลวดอัดแรง ใกล้เคียงความเป็นจริงมากที่สุด จึงต้องทำการกำหนดค่าตัวแปรที่ทำให้เกิดการสูญเสียหน่วยแรงดึงในลวดอัดแรง โดยเลือกไปที่คำสั่ง Properties/ Time dependent Material / Creep/Shrinkage และเลือกไปที่คำสั่ง Add Properties ดังรูปที่ 3.15

Add/Modify Time Dependent Material (Creep / Shrinkage)

Name : Code :

CEB-FIP(1990)

Characteristic compressive strength of concrete at the age of 28 days (fck) : kgf/cm²

Relative Humidity of ambient environment (40 - 99) : %

Notional size of member : cm
 $h = 2 * A_c / u$ (A_c : Section Area, u : Perimeter in contact with atmosphere)

Type of cement

Rapid hardening high strength cement (RS)

Normal or rapid hardening cement (N, R)

Slowly hardening cement (SL)

Age of concrete at the beginning of shrinkage : day

Show Result... OK Cancel Apply

รูปที่ 3.15 การกำหนดคุณสมบัติการสูญเสียหน่วยแรงดึงในลวดอัดแรง

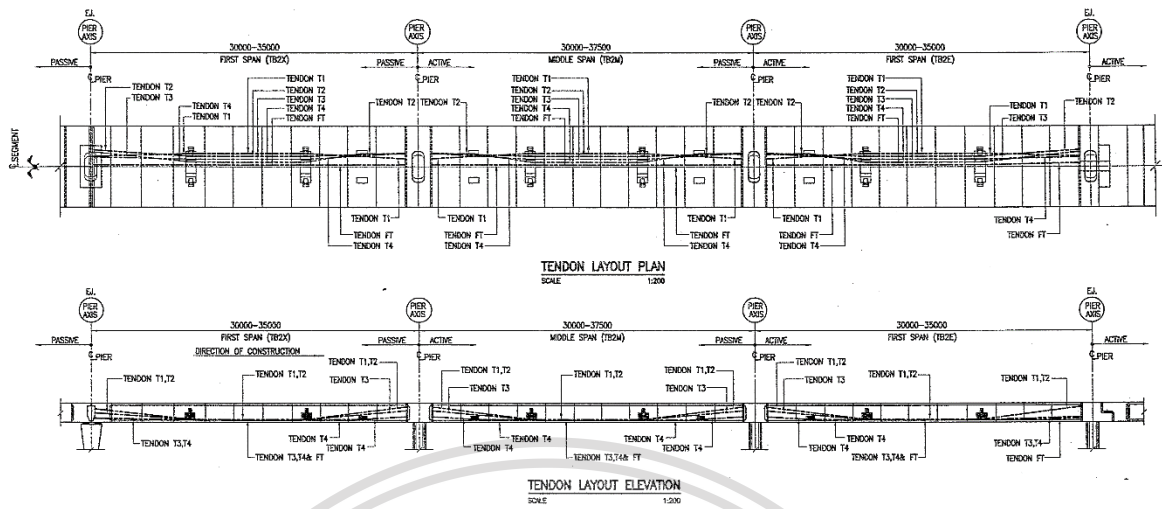
การกำหนดแนวลวดอัดแรงในแบบจำลองสะพาน โดยโปรแกรมวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์ ทำได้โดยการ เลือกไปที่คำสั่ง Load / Temp. / Prestress / Tendon Profile และเลือก Add Properties

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

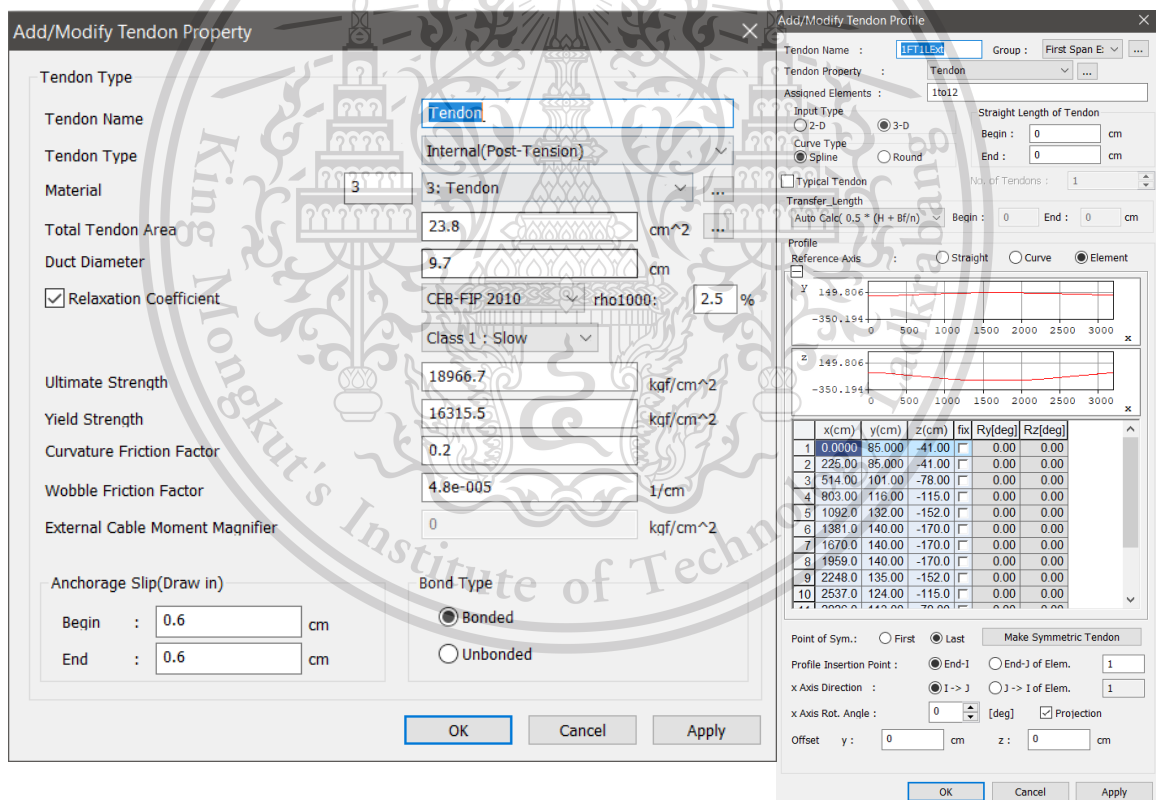
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, 39 and cite the document when use.

จากนั้นป้อนข้อมูลลวดอัดแรง ในแนวแกน x , y , z ดังแสดงในรูปที่ 3.16 ถึง 3.18



รูปที่ 3.16 แบบแปลนลวดอัดแรงที่ใช้วิเคราะห์

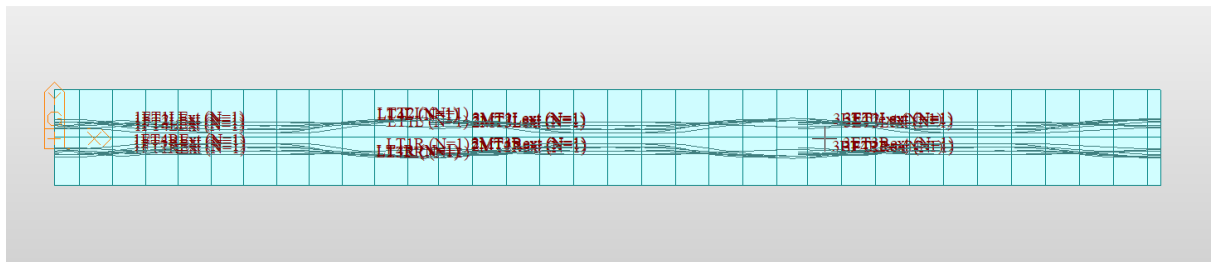


รูปที่ 3.17 การกำหนดแนวลวดอัดแรงที่ใช้วิเคราะห์ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, 40 and cite the document when use.



รูปที่ 3.18 แบบจำลองแนวลดอัดแรงที่ใช้วิเคราะห์ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์

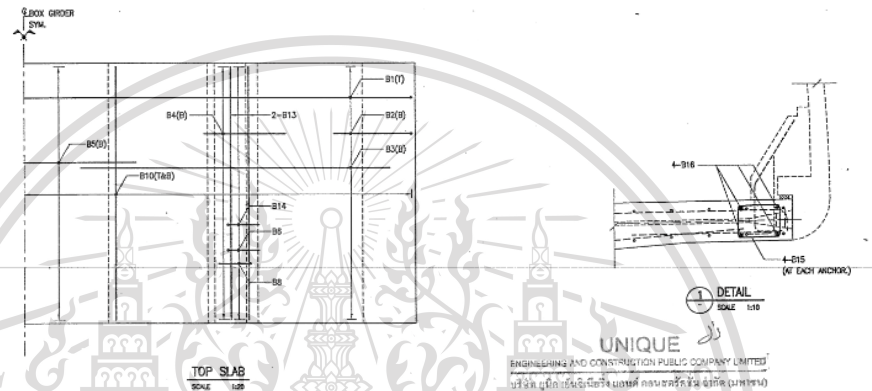
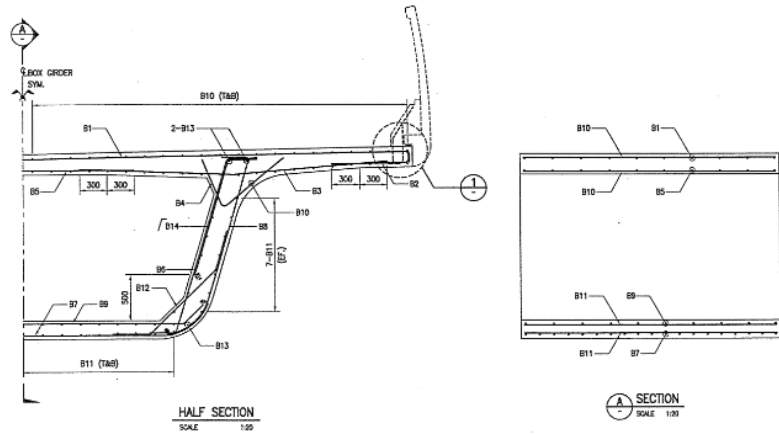
เหล็กเสริมไม่อัดแรงที่ใช้ในงานสะพานคอนกรีตอัดแรง มี 3 ชนิด

1. เหล็กกล้าละมุน (Mild Steel) มีความต้านทานแรงดึงที่จุดครากเท่ากับ 2,400 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร (SR24) และค่าโมดูลัสยืดหยุ่น เท่ากับ 2.04×10^6 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร สำหรับเหล็กเสริมที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 และ 9 มิลลิเมตร
2. เหล็กข้ออ้อย (deformed bar) มีความต้านทานแรงดึงที่จุดครากเท่ากับ 4,000 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร (SD40) และค่าโมดูลัสยืดหยุ่น เท่ากับ 2.04×10^6 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร สำหรับเหล็กเสริมที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 12, 16, 20, 25 และ 28 มิลลิเมตร
3. เหล็กข้ออ้อย (deformed bar) มีความต้านทานแรงดึงที่จุดครากเท่ากับ 5,000 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร (SD50) และค่าโมดูลัสยืดหยุ่น เท่ากับ 2.04×10^6 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร สำหรับเหล็กเสริมที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 28, 32 มิลลิเมตรและขนาดใหญ่กว่า

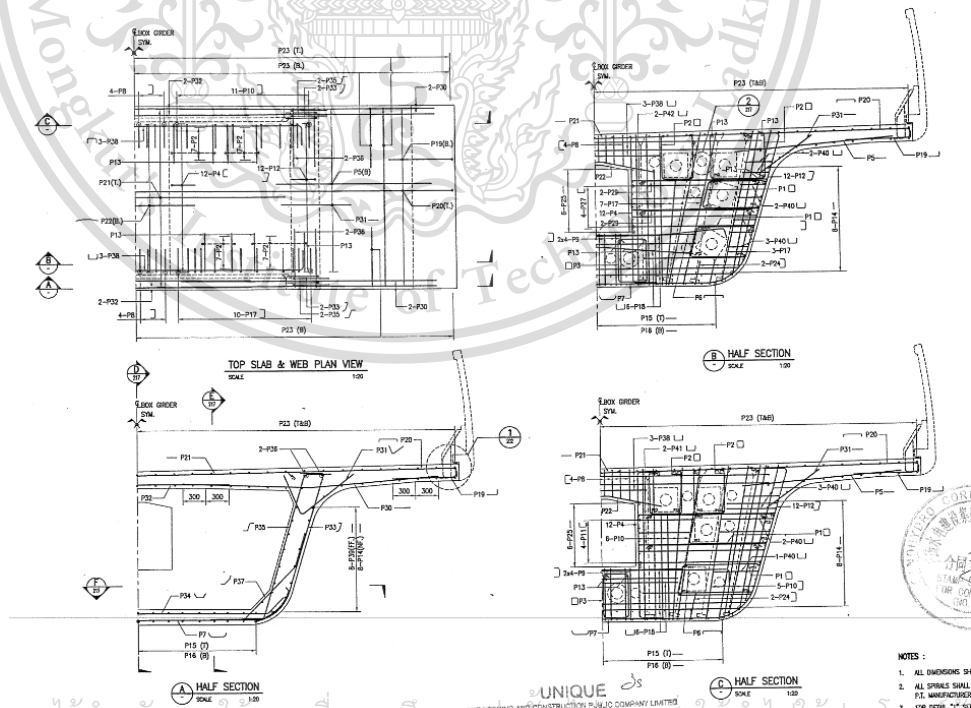
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, 41d cite the document when use.



รูปที่ 3.19 แบบการเสริมเหล็กสะพานหน้าตัดกลาง (Intermediate Segmental)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่ควรนำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า

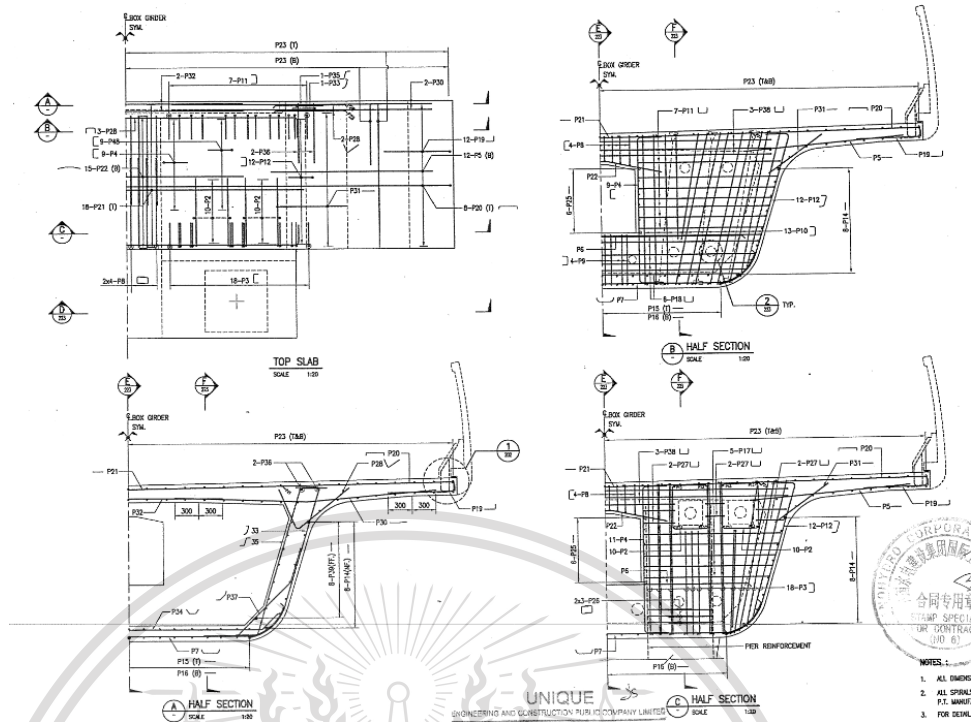
รูปที่ 3.20 แบบการเสริมเหล็กสะพานหน้าตัดบริเวณหัวเสา

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

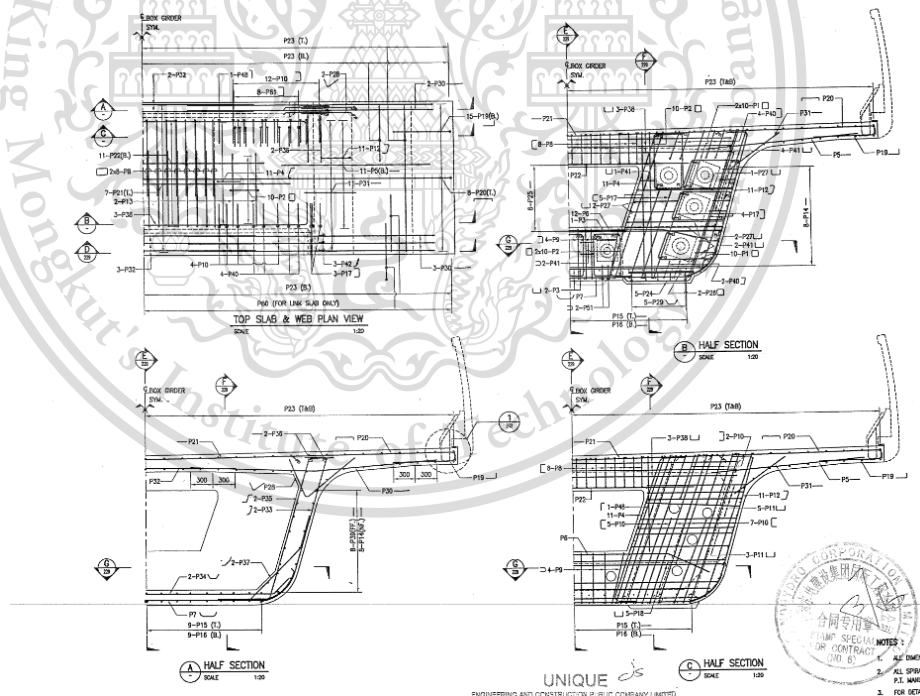
ประเภทที่ 2 (Pier Segmental Type 2)

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, 42d cite the document when use.



รูปที่ 3.21 แบบการเสริมเหล็กสะพานหน้าตัดบริเวณหัวเสา
ประเภทที่ 3 (Pier Segmental Type 3)

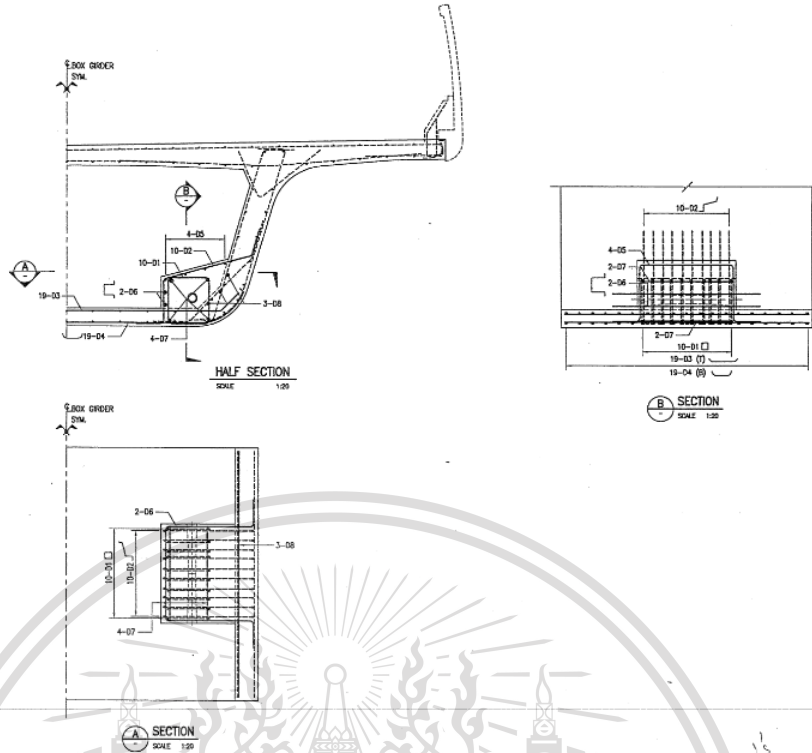


รูปที่ 3.22 แบบการเสริมเหล็กสะพานหน้าตัดบริเวณหัวเสา
ประเภทที่ 4 (Pier Segmental Type 4)

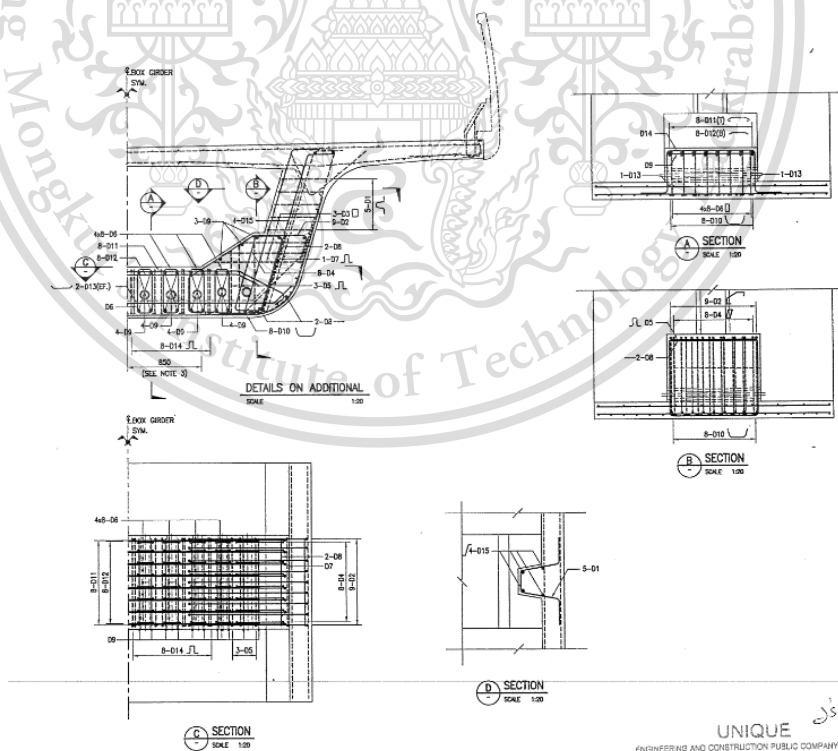
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, 43 and cite the document when use.



รูปที่ 3.23 แบบการเสริมเหล็กสะพานหน้าตัดบริเวณปรับแนวลาดอัดแรง ประเภทที่ 1 (Deviator Segmental Type 1)



รูปที่ 3.24 แบบการเสริมเหล็กสะพานหน้าตัดบริเวณปรับแนวลาดอัดแรง ประเภทที่ 2 (Deviator Segmental Type 2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เฉพาะในวงการศึกษาเท่านั้น ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงที่มาของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

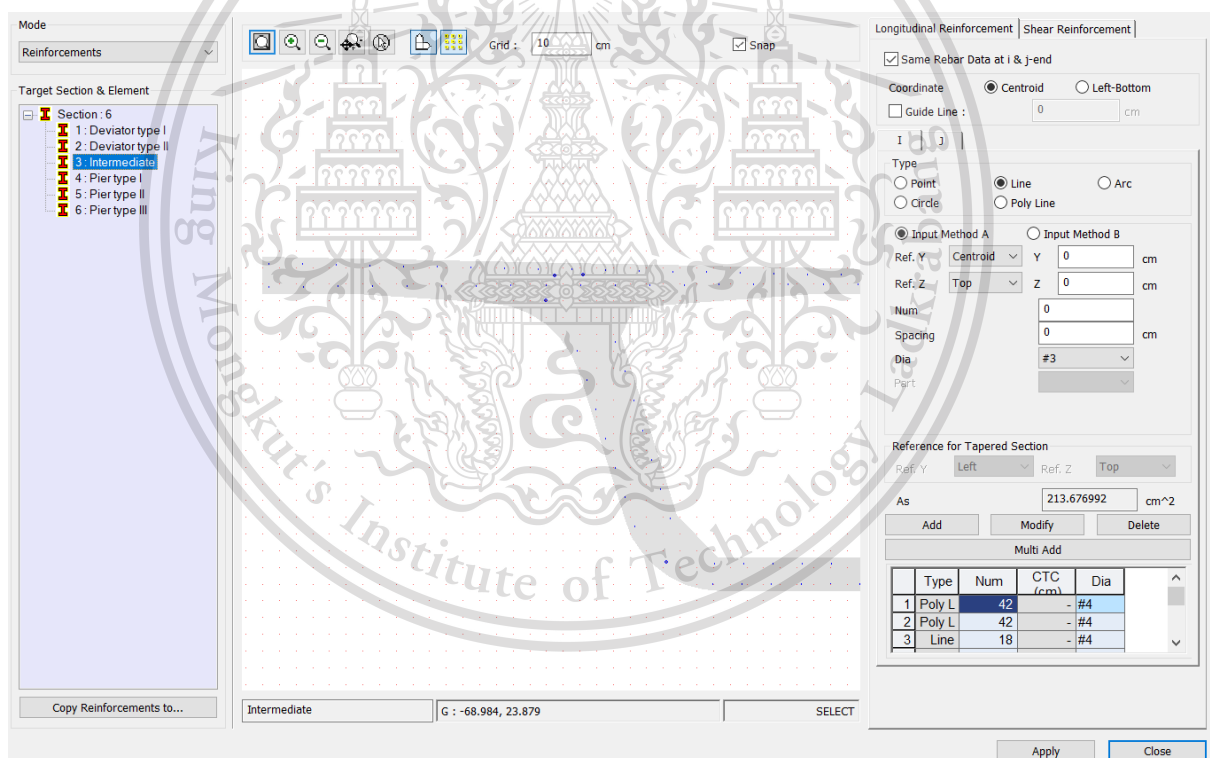
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, 44 cite the document when use.

ตารางที่ 3.3 คุณสมบัติของเหล็กเสริมไม่อัดแรง (ทศพล ปิ่นแก้ว และมนต์เกียรติ์ ชนินทรลีลา, 2558)

ชนิดของเหล็ก	เกรด	กำลังคลาก (กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร)	กำลังประลัย (กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร)
เหล็กกลม	SR24	2,400	3,900
เหล็กข้ออ้อย	SD40	4,000	5,700
เหล็กข้ออ้อย	SD50	5,000	6,300

การกำหนดเหล็กเสริมในแบบจำลองสะพานโปรแกรมวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์ ทำได้โดยเลือกไปที่ คำสั่ง Properties / Section Manager / Reinforcement of Section / Intermediate/Pier P2/ Pier P3/Pier P4/Deviator D1/ Deviator D2 และเลือกไปที่ Add longitudinal reinforcement /Shear reinforcement ดังแสดงในรูป 3.25



รูปที่ 3.25 การกำหนดปริมาณเหล็กเสริมที่ใช้วิเคราะห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, 45 and cite the document when use.

3.3 รูปแบบและน้ำหนักบรรทุกทุก

น้ำหนักบรรทุกคงที่ (Dead Load)

สามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

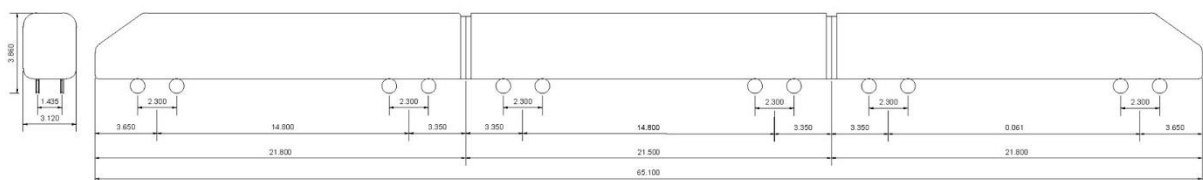
1. น้ำหนักบรรทุกคงที่ (โครงสร้าง)
 - หน่วยน้ำหนักคอนกรีต (รวมเหล็กเสริมคอนกรีตธรรมดาและเหล็กเสริมอัดแรง) = 25 kN/m²
2. น้ำหนักบรรทุกคงที่เพิ่มเติม แสดงในตารางได้ดังนี้

ตารางที่ 3.4 แสดงค่าน้ำหนักบรรทุกคงที่เพิ่มเติม

Main Line:	Single Track Box Girder (kN/m)
Rails W/Fastener	1.46
Plinth (Tangent Section)	13.18
Conductor Rail	0.34
Signaling	0.26
Power Supply	0.98
Telecommunication	0.10
Parapet Load	15.00
Concrete Cable Box	2.7
Parapet Cables	0.07
Drainage	0.50
Total Load	34.59

หมายเหตุ ; Design Load
 - Main Line = 40.00 kN/m

น้ำหนักบรรทุกจร (Live Load)



เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ไปใช้ประโยชน์ทางการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงผู้จัดทำเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
รูปที่ 3.26 แสดงน้ำหนักลงเพลารถไฟฟ้า BTS

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, 46 and cite the document when use.

ตารางที่ 3.5 ขนาดของน้ำหนักรรทุกที่ใช้วิเคราะห์

รูปแบบ น้ำหนักรรทุก	น้ำหนักต่อเพลลา (ตัน)											
	รถไฟฟ้่าตู้ขบวนที่ 1				รถไฟฟ้่าตู้ขบวนที่ 2				รถไฟฟ้่าตู้ขบวนที่ 3			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
กรณีศึกษาที่ 1	14.5	14.5	14.5	14.5	14.5	14.5	14.5	14.5	14.5	14.5	14.5	14.5
กรณีศึกษาที่ 2	14.5	14.5	14.5	14.5	14.5	14.5	14.5	14.5	14.5	14.5	14.5	14.5
กรณีศึกษาที่ 3	14.5	14.5	14.5	14.5	14.5	14.5	14.5	14.5	14.5	14.5	14.5	14.5
กรณีศึกษาที่ 4	14.5	14.5	14.5	14.5	14.5	14.5	14.5	14.5	14.5	14.5	14.5	14.5

ตารางที่ 3.6 ขนาดของน้ำหนักรรทุกที่ใช้วิเคราะห์ (ต่อ)

รูปแบบ น้ำหนักรรทุก	น้ำหนักต่อเพลลา (ตัน)											
	รถไฟฟ้่าตู้ขบวนที่ 4				รถไฟฟ้่าตู้ขบวนที่ 5				รถไฟฟ้่าตู้ขบวนที่ 6			
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
กรณีศึกษาที่ 1 (ต่อ)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
กรณีศึกษาที่ 2 (ต่อ)	14.5	14.5	14.5	14.5	-	-	-	-	-	-	-	-
กรณีศึกษาที่ 3 (ต่อ)	14.5	14.5	14.5	14.5	14.5	14.5	14.5	14.5	-	-	-	-
กรณีศึกษาที่ 4 (ต่อ)	14.5	14.5	14.5	14.5	14.5	14.5	14.5	14.5	14.5	14.5	14.5	14.5

ตารางที่ 3.7 ระยะห่างระหว่างเพลลาที่ใช้วิเคราะห์

รูปแบบน้ำหนักรรทุก	ระยะห่างระหว่างเพลลา (เมตร)							
	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9
กรณีศึกษาที่ 1	2.300	12.500	2.300	4.400	2.300	12.500	2.300	4.400
กรณีศึกษาที่ 2	2.300	12.500	2.300	4.400	2.300	12.500	2.300	4.400
กรณีศึกษาที่ 3	2.300	12.500	2.300	4.400	2.300	12.500	2.300	4.400
กรณีศึกษาที่ 4	2.300	12.500	2.300	4.400	2.300	12.500	2.300	4.400

ตารางที่ 3.8 ระยะห่างระหว่างเพลลาที่ใช้วิเคราะห์ (ต่อ)

รูปแบบน้ำหนักรรทุก	ระยะห่างระหว่างเพลลา (เมตร)						
	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16
กรณีศึกษาที่ 1 (ต่อ)	2.300	12.500	2.300	-	-	-	-
กรณีศึกษาที่ 2 (ต่อ)	2.300	12.500	2.300	4.400	2.300	12.500	2.300
กรณีศึกษาที่ 3 (ต่อ)	2.300	12.500	2.300	4.400	2.300	12.500	2.300
กรณีศึกษาที่ 4 (ต่อ)	2.300	12.500	2.300	4.400	2.300	12.500	2.300

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

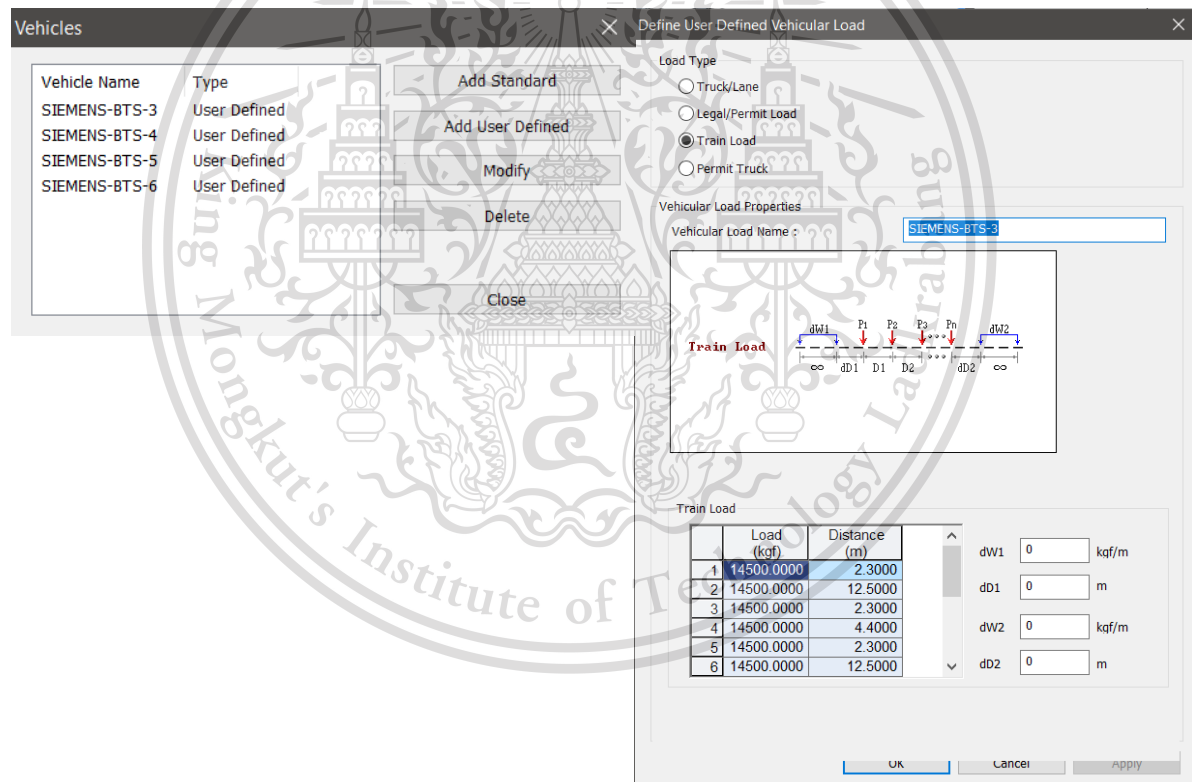
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, 47 and cite the document when use.

ตารางที่ 3.9 ระยะห่างระหว่างเพลลาที่ใช้วิเคราะห์ (ต่อ)

รูปแบบน้ำหนักบรรทุก	ระยะห่างระหว่างเพลลา (เมตร)							
	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22	22-23	23-24
กรณีศึกษาที่ 1 (ต่อ)	-	-	-	-	-	-	-	-
กรณีศึกษาที่ 2 (ต่อ)	-	-	-	-	-	-	-	-
กรณีศึกษาที่ 3 (ต่อ)	4.400	2.300	12.500	2.300	-	-	-	-
กรณีศึกษาที่ 4 (ต่อ)	4.400	2.300	12.500	2.300	4.400	2.300	12.500	2.300

การกำหนดน้ำหนักบรรทุกในรูปแบบจำลองโปรแกรม Midas Civil 2019 เลือกไปที่เมนู Load / Moving Load Analysis Date / Vehicles และเลือกไปที่ Add User Defined จากนั้นป้อนข้อมูลน้ำหนักลงเพลลาและระยะห่างระหว่างเพลลาในกรณีศึกษาต่างๆของรถไฟฟ้าบีทีเอส ทั้งนี้โปรแกรมจะพิจารณาน้ำหนักบรรทุกที่กระทำเป็นจุดศูนย์กลางที่กระทำ



รูปที่ 3.27 การกำหนดระยะห่างระหว่างเพลลาและน้ำหนักที่ใช้วิเคราะห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

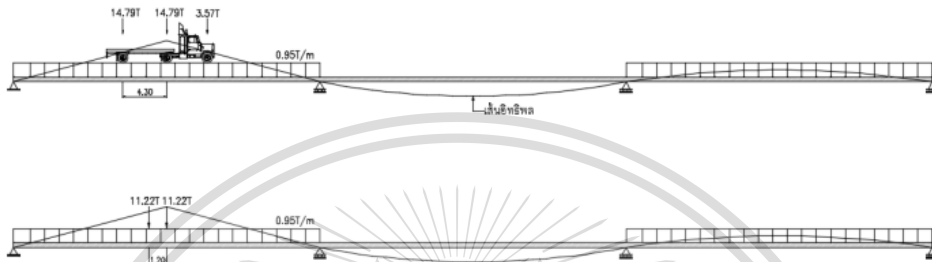
Forbidden to modify the content, 48 cite the document when use.

3.4 การจัดวางน้ำหนักบรรทุก

การจัดวางน้ำหนักบรรทุกของรถไฟฟ้าบีทีเอส ได้อ้างอิงการจัดวางน้ำหนักบรรทุกตามมาตรฐานของสมาคมทางหลวงและการขนส่ง ด้วยวิธีตัวคูณเพิ่มและความต้านทานน้ำหนัก (LRFD) มีรายละเอียดดังนี้ (ทศพล ปิ่นแก้ว และมนต์เกียรติ์ ชนินทรลีลา. 2558)

3.4.1 การหาค่าโมเมนต์บวกสูงสุด

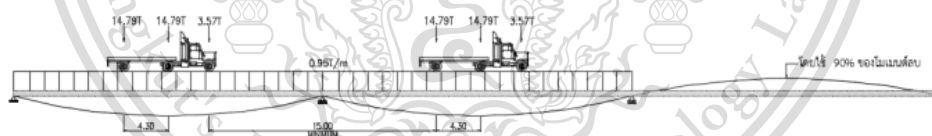
ประกอบด้วยน้ำหนักรถบรรทุก (Truck Load) หรือน้ำหนักยูทโรโปรแกรม (Tandem Load) จำนวน 1 คันต่อหนึ่งช่องจราจรกระทำร่วมกับน้ำหนักช่องจราจร (Lane Load) ดังแสดงในรูปที่ 3.28



รูปที่ 3.28 เส้นอิทธิพลที่ทำให้เกิดค่าโมเมนต์บวกสูงสุด (ทศพล ปิ่นแก้ว และมนต์เกียรติ์ ชนินทรลีลา. 2558)

3.4.2 การหาค่าโมเมนต์ลบสูงสุด

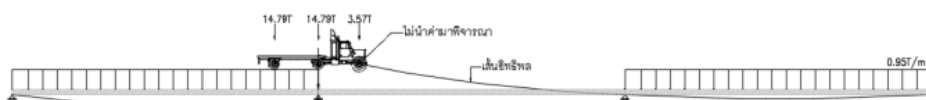
ประกอบด้วยน้ำหนักรถบรรทุก (Truck Load) จำนวน 2 คันต่อหนึ่งช่องจราจรกระทำร่วมกับน้ำหนักช่องจราจร (Lane Load) โดยใช้ 90% ของโมเมนต์ลบในการออกแบบสะพาน ดังแสดงในรูปที่ 3.29



รูปที่ 3.19 เส้นอิทธิพลที่ทำให้เกิดค่าโมเมนต์ลบสูงสุด (ทศพล ปิ่นแก้ว และมนต์เกียรติ์ ชนินทรลีลา. 2558)

3.4.3 การหาค่าแรงเฉือนสูงสุด

ประกอบด้วยน้ำหนักรถบรรทุก (Truck Load) จำนวน 1 คันต่อหนึ่งช่องจราจรกระทำร่วมกับน้ำหนักช่องจราจร (Lane Load) ดังแสดงในรูปที่ 3.30



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

รูปที่ 3.30 เส้นอิทธิพลที่ทำให้เกิดแรงเฉือนสูงสุด (ทศพล ปิ่นแก้ว และมนต์เกียรติ์ ชนินทรลีลา. 2558)

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, 49 and cite the document when use.

3.5 การรวมแรงที่ใช้ในการวิเคราะห์

เนื่องจากแรงที่กระทำต่อโครงสร้างสะพานคอนกรีตอัดแรงมีหลายประเภท ซึ่งประกอบด้วย น้ำหนักบรรทุกคงที่ น้ำหนักบรรทุกจรและตัวแปรอื่น ๆ เนื่องมาจากผลของการสูญเสียหน่วยแรงต่าง ๆ เช่น การหดตัว การคืบ เป็นต้น ดังนั้นตามมาตรฐานของสมาคมทางหลวงและขนส่งสหรัฐอเมริกาจึง กำหนดให้การออกแบบจำเป็นต้องพิจารณาทั้ง 4 สภาวะ ดังแสดงในตารางที่ 3.10 ถึงตารางที่ 3.11



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, 50d cite the document when use.

ตารางที่ 3.10 การรวมแรง (American Association of State Highway and Transportation Officials. 2007)

Load Combination Limit State	DC DD DW EH EV ES EL	LL IM CE BR PL LS	WA	WS	WL	FR	TU CR SH	TG	SE	Use One of These at a Time			
										EQ	IC	CT	CV
STRENGTH I (unless noted)	γ_p	1.75	1.00	-	-	1.00	0.50/1.20	γ_{TG}	γ_{SE}	-	-	-	-
STRENGTH II	γ_p	1.35	1.00	-	-	1.00	0.50/1.20	γ_{TG}	γ_{SE}	-	-	-	-
STRENGTH II	γ_p	-	1.00	1.40	-	1.00	0.50/1.20	γ_{TG}	γ_{SE}	-	-	-	-
STRENGTH IV	γ_p	-	1.00	-	-	1.00	0.50/1.20	-	-	-	-	-	-
STRENGTH V	γ_p	1.35	1.00	0.40	1.00	1.00	0.50/1.20	γ_{TG}	γ_{SE}	-	-	-	-
EXTREME EVENT I	γ_p	γ_{EQ}	1.00	-	-	1.00	-	-	-	1.00	-	-	-
EXTREME EVENT II	γ_p	0.50	1.00	-	-	1.00	-	-	-	-	1.00	1.00	1.00
SERVICE I	1.00	1.00	1.00	0.30	1.00	1.00	1.00/1.20	γ_{TG}	γ_{SE}	-	-	-	-
SERVICE II	1.00	1.30	1.00	-	-	1.00	1.00/1.20	-	-	-	-	-	-
SERVICE III	1.00	0.80	1.00	-	-	1.00	1.00/1.20	γ_{TG}	γ_{SE}	-	-	-	-
SERVICE IV	1.00	-	1.00	0.70	-	1.00	1.00/1.20	-	1.00	-	-	-	-
FATIGUE-LL, IM & CE ONLY	-	0.75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

โดยที่ **Permanent Loads**

- DD* = Downdrag
- DC* = Dead load of structural components and nonstructural attachments
- DW* = Dead load of wearing surfaces and utilities
- EH* = Horizontal earth pressure load
- EL* = Accumulated locked-in force effects resulting from the construction process, including the secondary forces from post-tensioning
- ES* = Earth surcharge load
- EV* = Vertical pressure from dead load of earth fill

Transient Loads

- BR* = Vehicular braking force
- CE* = Vehicular centrifugal force
- CR* = Creep
- CT* = Vehicular collision force
- CV* = Vessel collision force
- EQ* = Earthquake
- FR* = Friction
- IC* = Ice load
- IM* = Vehicular dynamic load allowance
- LL* = Vehicular live load
- LS* = Live load surcharge
- PL* = Pedestrian live load
- SE* = Settlement
- SH* = Shrinkage
- TG* = Temperature gradient
- TU* = Uniform temperature
- WA* = Water load and stream pressure
- WL* = Wind on live load
- WS* = Wind load on struct

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

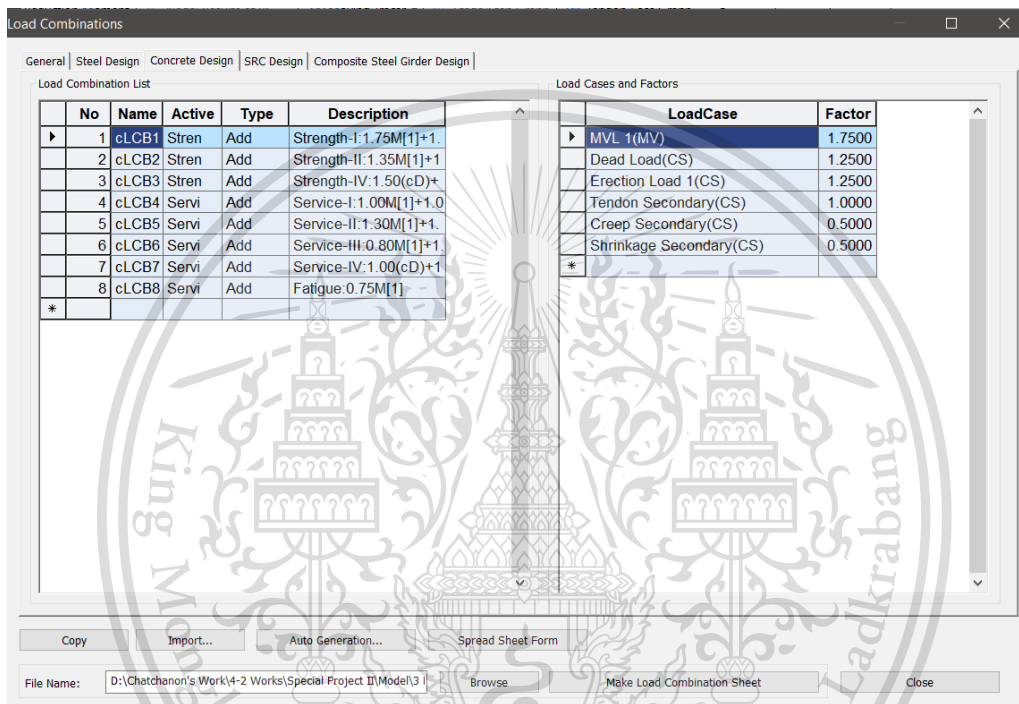
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and **52** cite the document when use.

ตารางที่ 3.11 ค่าสัมประสิทธิ์ตัวคูณน้ำหนักบรรทุกถุดร (American Association of State Highway and Transportation Officials. 2007)

Type of Load, Foundation Type, and Method Used to Calculation Downdrag		Load Factor	
		Maximum	Minimum
<i>DC</i> : Component and Attachments		1.25	0.90
<i>DC</i> : Strength IV only		1.50	0.90
<i>DC</i> :Downdrag	Piles, a Tomlinson Method	1.40	0.25
	Piles, l Method	1.05	0.30
	Drilled shafts, O'Neill and Reese (1999) Method	1.25	0.35
<i>DW</i> : Wearing Surfaces and Utilities		1.50	0.65
<i>EH</i> : Horizontal Earth Pressure			
<ul style="list-style-type: none"> ● Active 		1.50	0.90
<ul style="list-style-type: none"> ● At-Rest 		1.35	0.90
<ul style="list-style-type: none"> ● <i>AEP</i> for anchored walls 		1.35	N/A
<i>EL</i> : Locked-in Erection Stresses		1.00	1.00
<i>EV</i> : Vertical Earth Stresses			
<ul style="list-style-type: none"> ● Overall Stability 		1.00	N/A
<ul style="list-style-type: none"> ● Retaining Walls and Abutments 		1.35	0.90
<ul style="list-style-type: none"> ● Rigid Buried Structure 		1.30	0.90
<ul style="list-style-type: none"> ● Rigid Frames 		1.35	0.90
<ul style="list-style-type: none"> ● Flexible Buried Structures other than Metal Box Culverts 		1.95	0.90
<ul style="list-style-type: none"> ● Flexible Metal Box Culverts 		1.50	0.90
<i>ES</i> : Earth Surcharge		1.50	0.75

การกำหนดแรงรวมที่ใช้วิเคราะห์สะพานในแบบจำลองโปรแกรม Midas Civil 2019 เลือกไปที่เมนู Result / Load Combination และเลือกไปที่ Concrete Design จากนั้นกำหนดมาตรฐานและวิธีออกแบบที่ใช้สำหรับแบบจำลองเพื่อวิเคราะห์ค่าหน่วยแรงที่เกิดขึ้นภายในสะพานคอนกรีตอัดแรง กล่าวคือมาตรฐานของสมาคมทางหลวงและการขนส่งสหรัฐอเมริกา (American Association of State Highway and Transport Officials Standard : AASHTO) ด้วยวิธีตัวคูณเพิ่มและความต้านทานน้ำหนัก (Load and Resistance Factor Design, LRFD) ปี ค.ศ. 2007 ดังแสดงในรูปที่ 3.31



รูปที่ 3.31 การกำหนดแรงรวมกระทำต่อสะพาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content and cite the document when use.

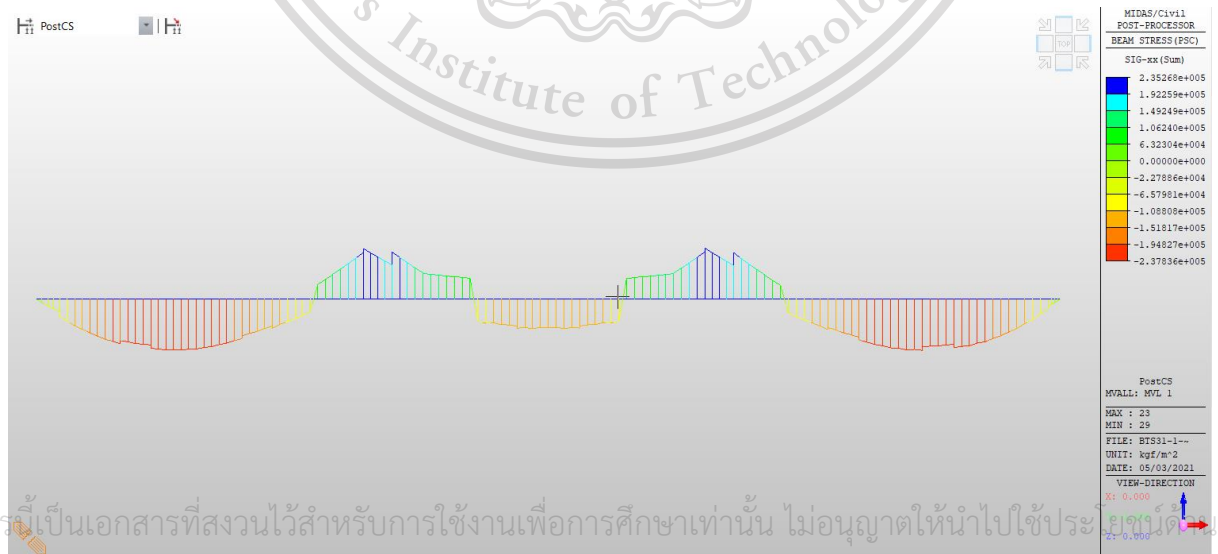
3.6 การแสดงผลการวิเคราะห์และค่าหน่วยแรงที่ยอมรับ

3.6.1 การแสดงผลการวิเคราะห์หน่วยแรงที่เกิดขึ้น

การแสดงผลของแบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ในโปรแกรมสามารถแสดงผลได้ 2 แบบได้แก่ การแสดงผลแบบตาราง โดยทำการเลือกในหัวข้อ PSC/Result Tables และเลือกในหัวข้อที่ต้องการแสดง การแสดงผลในรูปแบบกราฟฟิก โดยทำการเลือกในหัวข้อ Result/หัวข้อที่ต้องการแสดง/ปรับแต่งสีที่ใช้ในการแสดงรูปแบบกราฟฟิก

Elem	Part	Girder/Slab	Comp./Tens	LCom Name	Type	CHK	FT (kgf/m ²)	FB (kgf/m ²)	FTL (kgf/m ²)	FBL (kgf/m ²)	FTR (kgf/m ²)	FBR (kgf/m ²)	FMAX (kgf/m ²)	ALW (kgf/m ²)
1	J[1]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MI	OK	89682.397	378271.64	89682.470	354930.17	89682.325	354930.11	378271.64	2475000.0
1	J[1]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-M	OK	0.0000	-0.0000	0.0000	-0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	-186418.4
1	J[2]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MI	OK	102663.43	353867.16	102693.80	335578.85	102633.06	335552.07	353867.16	2475000.0
1	J[2]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-M	OK	44642.143	-47046.07	44621.461	-47055.18	44662.805	-47036.96	-47055.18	-186418.4
2	J[2]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MI	OK	210193.74	858331.05	210432.58	810556.21	209954.92	810345.62	858331.05	2475000.0
2	J[2]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-M	OK	61975.450	-87762.16	61879.756	-87804.35	62071.136	-87719.97	-87804.35	-186418.4
2	J[3]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MI	OK	91620.603	1070675.6	91901.697	999334.68	91339.532	999086.83	1070675.6	2475000.0
2	J[3]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-M	OK	118097.58	-162884.8	117971.91	-162940.2	118223.24	-162829.4	-162940.2	-373623.4
3	J[3]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MI	OK	91656.318	1070659.9	91917.503	999314.07	91395.156	999083.77	1070659.9	2475000.0
3	J[3]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-M	OK	118111.48	-162870.9	117997.33	-162921.2	118225.61	-162820.6	-162921.2	-373623.4
3	J[4]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MI	OK	14526.331	1292311.9	14834.353	1199756.3	14218.335	1199484.7	1292311.9	2475000.0
3	J[4]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-M	OK	156356.74	-210361.8	156210.97	-210426.1	156502.50	-210297.6	-210426.1	-373623.4
4	J[4]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MI	OK	11515.796	699344.53	11832.378	650364.38	11199.279	650085.26	699344.53	2475000.0
4	J[4]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-M	OK	145376.64	-124157.2	145285.91	-124197.2	145467.36	-124117.2	-124197.2	-373623.4
4	J[5]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MI	OK	160041.94	628539.74	160402.63	597194.74	159681.32	596876.73	628539.74	2475000.0
4	J[5]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-M	OK	159915.79	-135641.1	159793.78	-135694.9	160037.77	-135587.3	-135694.9	-373623.4
5	J[5]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MI	OK	192782.07	1153974.5	193073.44	1086722.8	192490.73	1086465.9	1153974.5	2475000.0
5	J[5]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-M	OK	171619.25	-228246.2	171476.68	-228309.1	171761.82	-228183.4	-228309.1	-373623.4
5	J[6]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MI	OK	239872.81	1070161.8	240217.88	1044192.3	239527.77	1013888.1	1070161.8	2475000.0
5	J[6]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-M	OK	178085.48	-235560.6	177905.09	-235640.1	178265.86	-235481.1	-235640.1	-373623.4
6	J[6]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MI	OK	239876.62	1070118.7	240221.69	1014152.7	239531.58	1013848.5	1070118.7	2475000.0
6	J[6]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-M	OK	178085.48	-235560.6	177905.09	-235640.1	178265.86	-235481.1	-235640.1	-373623.4
6	J[7]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MI	OK	241018.41	1017738.9	241417.42	967242.21	240619.43	966890.40	1017738.9	2475000.0
6	J[7]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-M	OK	165902.15	-219445.2	165684.01	-219541.4	166120.27	-219349.1	-219541.4	-373623.4
7	J[7]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MI	OK	241025.53	1017675.0	241424.53	967183.72	240626.56	966831.91	1017675.0	2475000.0
7	J[7]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-M	OK	165902.15	-219445.2	165684.01	-219541.4	166120.27	-219349.1	-219541.4	-373623.4
7	J[8]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MI	OK	219266.61	961561.05	219718.99	915089.04	218814.27	914690.17	961561.05	2475000.0

รูปที่ 3.32 โปรแกรมแสดงผลในรูปแบบตาราง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์อื่นใด

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.33 โปรแกรมแสดงผลในรูปแบบกราฟฟิก

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content and cite the document when use.

3.6.2 ค่าหน่วยแรงที่ยอมให้

(1) สำหรับคอนกรีตอัดแรงที่สภาวะการใช้งาน หน่วยแรงที่เกิดขึ้นในคอนกรีตจะต้องมีค่าไม่เกินค่าหน่วยแรงที่ยอมให้อ้างอิงตามมาตรฐาน AASHTO (LRFD) ดังแสดงในสมการที่ (1) และสมการที่ (2)

หน่วยแรงอัด :

$$f_c = -0.45f'_c \quad (1)$$

หน่วยแรงดึง :

$$f_t = +1.60\sqrt{f'_c} \quad (2)$$

โดยที่

f_c คือ ค่าหน่วยแรงอัดในคอนกรีต

f_t คือ ค่าหน่วยแรงดึงในคอนกรีต

f'_c คือ กำลังอัดประลัยของคอนกรีตรูปทรงกระบอกที่อายุ 28 วัน

(2) สำหรับลวดอัดแรงที่สภาวะใช้งานภายหลังการสูญเสียแรงดึง หน่วยแรงที่เกิดขึ้นในลวดอัดแรงจะต้องมีค่าไม่เกินค่าหน่วยแรงที่ยอมให้อ้างอิง ตามมาตรฐาน AASHTO (LRFD) ดังแสดงในสมการที่ (3)

$$f_{pe} = +0.80f_{py} \quad (3)$$

โดยที่

f_{pe} คือ ค่าหน่วยแรงดึงในลวดอัดแรงที่สภาวะการใช้งานภายหลังการสูญเสียแรงดึง

f_{py} คือ ความต้านทานแรงดึงที่จุดครากของลวดอัดแรง

(3) สำหรับสะพานคอนกรีตอัดแรง หน่วยแรงเฉือนที่เกิดขึ้นในคอนกรีตและเหล็กเสริมจะต้องมีค่าไม่เกินค่าที่น้อยสุดของค่าหน่วยแรงที่ยอมให้ อ้างอิงตามมาตรฐาน AASHTO (LRFD) ดังแสดงในสมการที่ (4) และ สมการที่ (5)

$$V_n = V_c + V_s \quad (4)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานที่ถูกต้องเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ในการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content and cite the document when use.

โดยที่

$$V_c = 0.166K\sqrt{f'_c b_v d_v}$$

$$V_s = \frac{A_v f_y d_v}{s}$$

$$K = \sqrt{1 + \frac{f_{pc}}{0.166\sqrt{f'_c}}} \leq 2.0$$

โดยที่

b_v คือ ความกว้างประสิทธิภาพของแผ่นตั้ง

d_v คือ ความลึกประสิทธิภาพของหน้าตัด

f_{pc} คือ ความยาวเส้นรอบรูปของหน้าตัด

K คือ ตัวแปรของค่าหน่วยแรงที่เกิดขึ้น

S คือ ระยะห่างเหล็กรับแรงเฉือน

V_c คือ ค่าหน่วยแรงเฉือนที่ยอมให้ในคอนกรีต

V_n คือ ค่าหน่วยแรงเฉือนที่ยอมให้ในหน้าตัด

V_s คือ ค่าหน่วยแรงเฉือนที่ยอมให้ในเหล็กเสริม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content and cite the document when use.

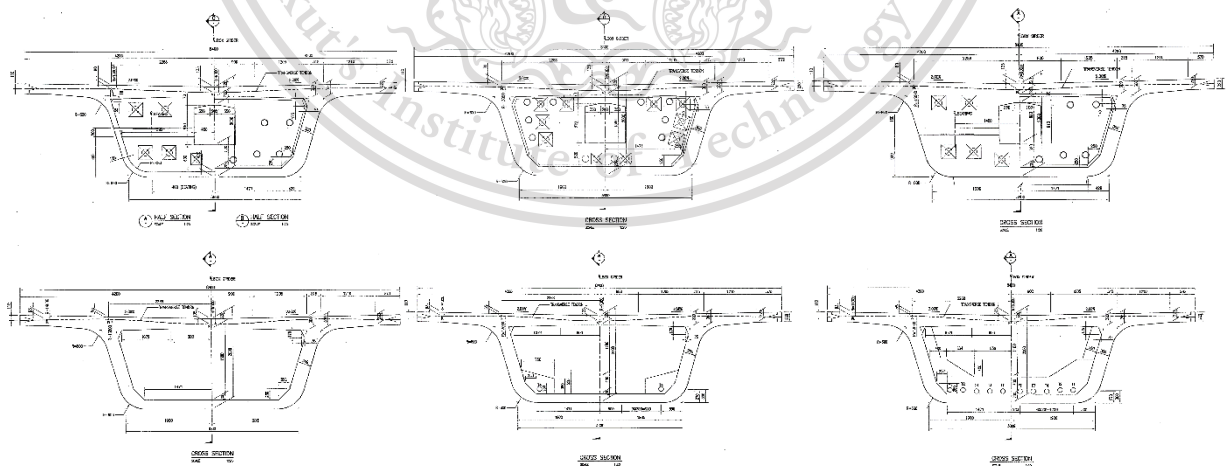
บทที่ 4

ผลการวิจัยและการวิเคราะห์ข้อมูล

จากวัตถุประสงค์ของการวิจัยมุ่งเน้นศึกษาเปรียบเทียบพฤติกรรมของหน่วยแรงที่เกิดขึ้นภายในสะพานคอนกรีตอัดแรงที่มีความยาวช่วงสะพานเท่ากับ 97.50 เมตร โดยการจำลองโครงสร้างสะพานคอนกรีตอัดแรงแบบต่อเนื่องสามช่วงสะพานด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ โดยศึกษาในกรณีที่มีการรับน้ำหนักบรรทุกของขบวนรถไฟฟ้าบีทีเอส เทียบกับค่าหน่วยแรงที่ยอมให้สำหรับคอนกรีต เหล็กเสริม และลวดอัดแรง ตามมาตรฐานของสมาคมทางหลวงและการขนส่งสหรัฐอเมริกา ด้วยวิธีตัวคูณเพิ่มและความต้านทานน้ำหนัก โดยนำผลการวิจัยดังกล่าวมาวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อศึกษาการกำหนดจำนวนตู้โดยสารของรถไฟฟ้า เมื่อมีความต้องการในการใช้บริการรถโดยสารเพิ่มขึ้น โดยไม่ทำให้เกิดหน่วยแรงเกินกว่าค่าที่ยอมให้ตามมาตรฐาน

4.1 เมื่อรับน้ำหนักบรรทุกของขบวนรถไฟฟ้าบีทีเอส

เมื่อสะพานคอนกรีตอัดแรงแบบต่อเนื่องสามช่วงรับน้ำหนักบรรทุกของขบวนรถไฟฟ้าบีทีเอสโดยมีจำนวนตู้ขบวนแบบพื้นฐาน โดยวิธีการจำลองโครงสร้างสะพานคอนกรีตอัดแรงแบบต่อเนื่องที่มีความยาวช่วงสะพานเท่ากับ 32.50+32.50+32.50 เมตร ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 4.1 ถึงรูปที่ 4.3 ซึ่งกำหนดให้รับน้ำหนักบรรทุกของขบวนรถไฟฟ้าบีทีเอส ตามตารางที่ 4.1 เพื่อเปรียบเทียบค่าค่าหน่วยแรงที่เกิดขึ้นในคอนกรีต ลวดอัดแรง และเหล็กเสริมกับค่าหน่วยแรงที่ยอมให้ตามมาตรฐานการออกแบบของสมาคมทางหลวงและการขนส่งสหรัฐอเมริกา ด้วยวิธีตัวคูณเพิ่มและความต้านทานน้ำหนัก (LRF) และนำมาผลที่ได้จากการวิจัยมาวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อศึกษาการกำหนดจำนวนตู้โดยสารของรถไฟฟ้า เมื่อมีความต้องการในการใช้บริการรถโดยสารเพิ่มขึ้น โดยไม่ทำให้เกิดหน่วยแรงเกินกว่าค่าที่ยอมให้ตามมาตรฐาน ซึ่งผลการวิจัยสามารถสรุปได้ดังนี้

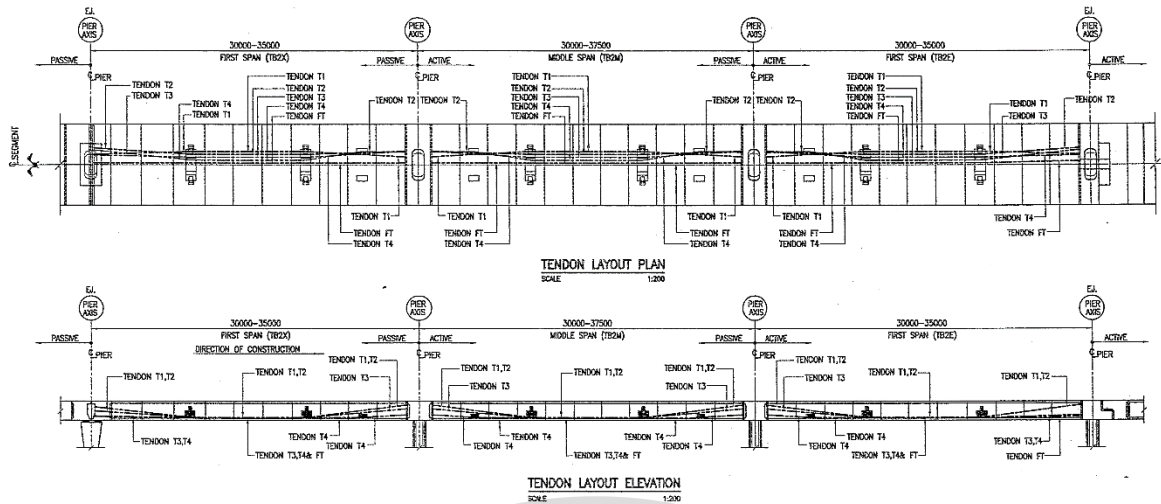


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับรูปที่ 4.1 ชิ้นส่วนสำเร็จรูปที่ใช้วิเคราะห์ อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

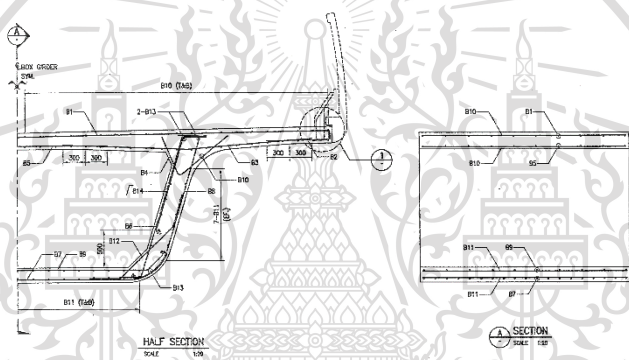
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content and cite the document when use.



รูปที่ 4.2 ลวดอัดแรงที่ใช้วิเคราะห์



รูปที่ 4.3 เหล็กเสริมที่ใช้วิเคราะห์

4.1.1 หน่วยแรงที่เกิดขึ้นในคอนกรีตที่ผิวบน

หน่วยแรงที่เกิดขึ้นในคอนกรีตที่ผิวบน เมื่อรับน้ำหนักบรรทุกรถไฟฟ้ายานที่เอสในแต่ละกรณี จากการวิเคราะห์พบว่า หน่วยแรงดึงที่เกิดขึ้นในคอนกรีตที่ผิวบน ขณะรับน้ำหนักบรรทุกรถไฟฟ้ายานที่เอสในกรณีที่ 1 มีค่าสูงสุดเท่ากับ 17.67 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ขณะรับน้ำหนักบรรทุกรถไฟฟ้ายานที่เอสในกรณีที่ 2 มีค่าสูงสุดเท่ากับ 17.67 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ขณะรับน้ำหนักบรรทุกรถไฟฟ้ายานที่เอสในกรณีที่ 3 มีค่าสูงสุดเท่ากับ 17.67 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และขณะรับน้ำหนักบรรทุกรถไฟฟ้ายานที่เอสในกรณีที่ 4 มีค่าสูงสุดเท่ากับ 17.67 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ดังแสดงไว้ในตารางที่ 4.1 และค่าหน่วยแรงสูงสุดในคอนกรีตที่ผิวบนเปรียบเทียบกับค่าหน่วยแรงดึงสูงสุดที่ยอมให้ ดังแสดงไว้ในรูปที่ 4.4 ถึง 4.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

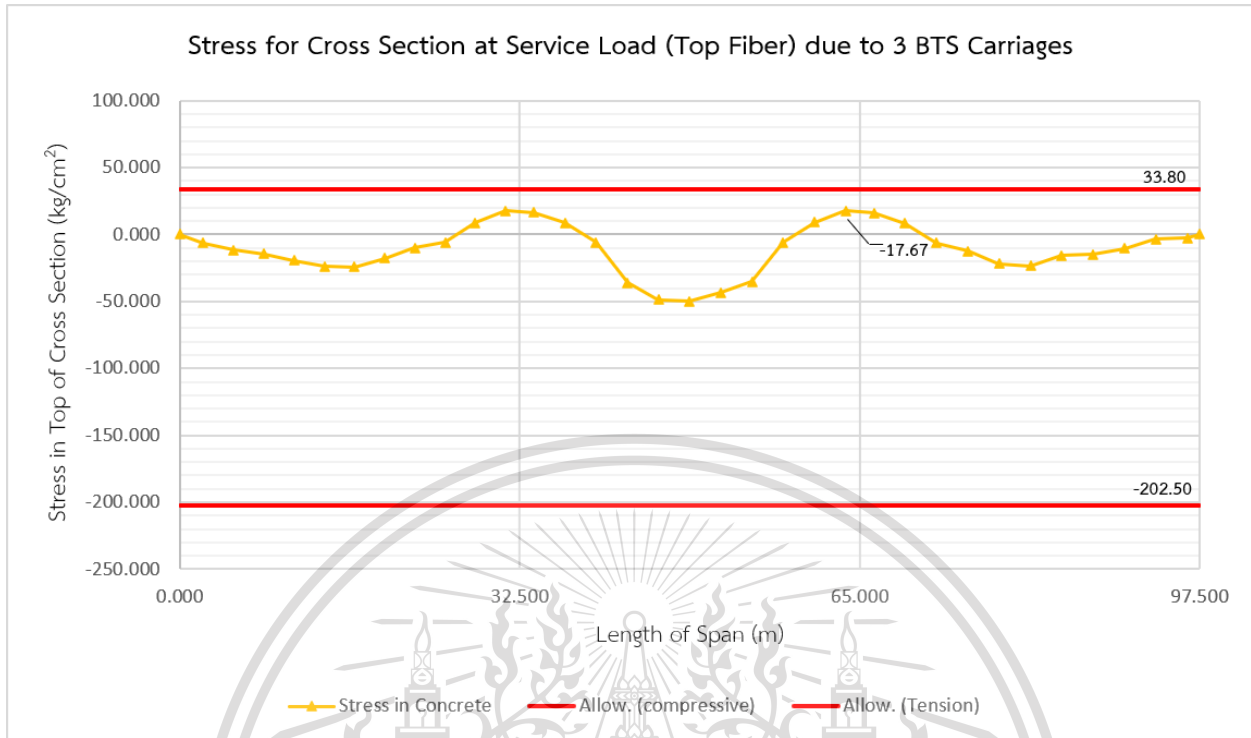
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content and cite the document when use.

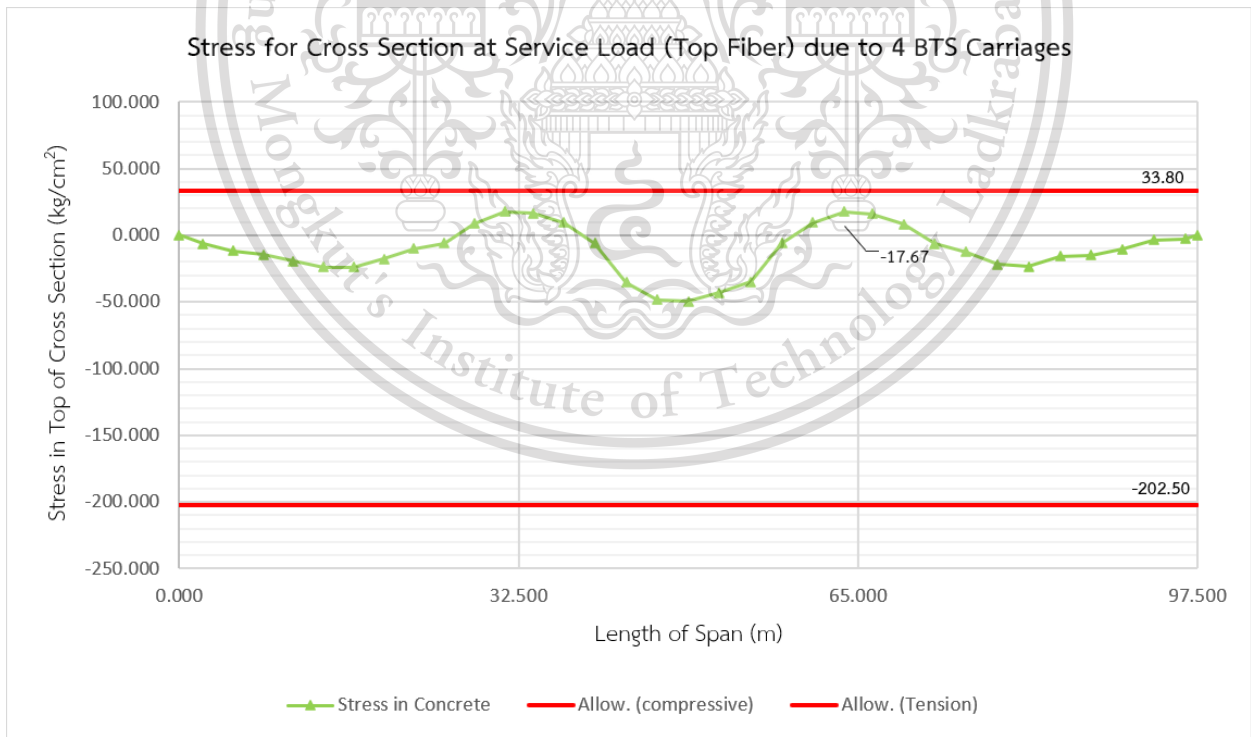
ตารางที่ 4.1 หน่วยแรงที่เกิดขึ้นในผิวคอนกรีตที่ผิวบน เนื่องจากน้ำหนักบรรทุกของรถไฟฟ้า BTS

ความยาว ช่วงสะพาน (ม.)	หน่วยแรงที่เกิดขึ้น เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงจำนวนตู้ขบวนรถไฟฟ้า (กก./ชม ²)				หน่วยแรงดึง ที่ยอมให้ (กก./ชม ²)	หน่วยแรงอัด ที่ยอมให้ (กก./ชม ²)
	กรณีที่ 1	กรณีที่ 2	กรณีที่ 3	กรณีที่ 4		
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	33.796	-202.500
2.250	-6.198	-6.198	-6.198	-6.198	33.796	-202.500
5.140	-11.811	-11.811	-11.811	-11.811	33.796	-202.500
8.030	-14.538	-14.538	-14.538	-14.538	33.796	-202.500
10.920	-19.278	-19.278	-19.278	-19.278	33.796	-202.500
13.810	-23.988	-23.988	-23.988	-23.988	33.796	-202.500
16.700	-24.103	-24.103	-24.103	-24.103	33.796	-202.500
19.590	-17.692	-17.692	-17.692	-17.692	33.796	-202.500
22.480	-10.158	-10.158	-10.158	-10.158	33.796	-202.500
25.370	-5.787	-5.787	-5.787	-5.787	33.796	-202.500
28.260	8.676	8.676	8.676	8.676	33.796	-202.500
31.150	17.508	17.508	17.508	17.508	33.796	-202.500
33.850	16.443	16.443	16.443	16.443	33.796	-202.500
36.830	8.888	9.382	9.382	9.382	33.796	-202.500
39.810	-5.917	-5.917	-5.917	-5.917	33.796	-202.500
42.790	-36.122	-35.473	-35.473	-35.473	33.796	-202.500
45.770	-48.824	-48.187	-48.187	-48.187	33.796	-202.500
48.750	-49.713	-49.521	-49.521	-49.521	33.796	-202.500
51.730	-43.559	-42.967	-42.967	-42.967	33.796	-202.500
54.710	-35.392	-34.744	-34.744	-34.744	33.796	-202.500
57.690	-5.884	-5.884	-5.884	-5.884	33.796	-202.500
60.670	9.018	9.577	9.577	9.577	33.796	-202.500
63.650	17.674	17.674	17.674	17.674	33.796	-202.500
66.350	16.198	16.198	16.198	16.198	33.796	-202.500
69.345	8.207	8.207	8.207	8.207	33.796	-202.500
72.340	-6.249	-6.249	-6.249	-6.249	33.796	-202.500
75.335	-12.449	-12.449	-12.449	-12.449	33.796	-202.500
78.330	-21.994	-21.994	-21.994	-21.994	33.796	-202.500
81.325	-23.574	-23.574	-23.574	-23.574	33.796	-202.500
84.320	-15.826	-15.826	-15.826	-15.826	33.796	-202.500
87.315	-14.868	-14.868	-14.868	-14.868	33.796	-202.500
90.310	-10.281	-10.281	-10.281	-10.281	33.796	-202.500
93.305	-3.497	-3.497	-3.497	-3.497	33.796	-202.500
96.300	-2.526	-2.526	-2.526	-2.526	33.796	-202.500
97.500	0.000	0.000	0.000	0.000	33.796	-202.500

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

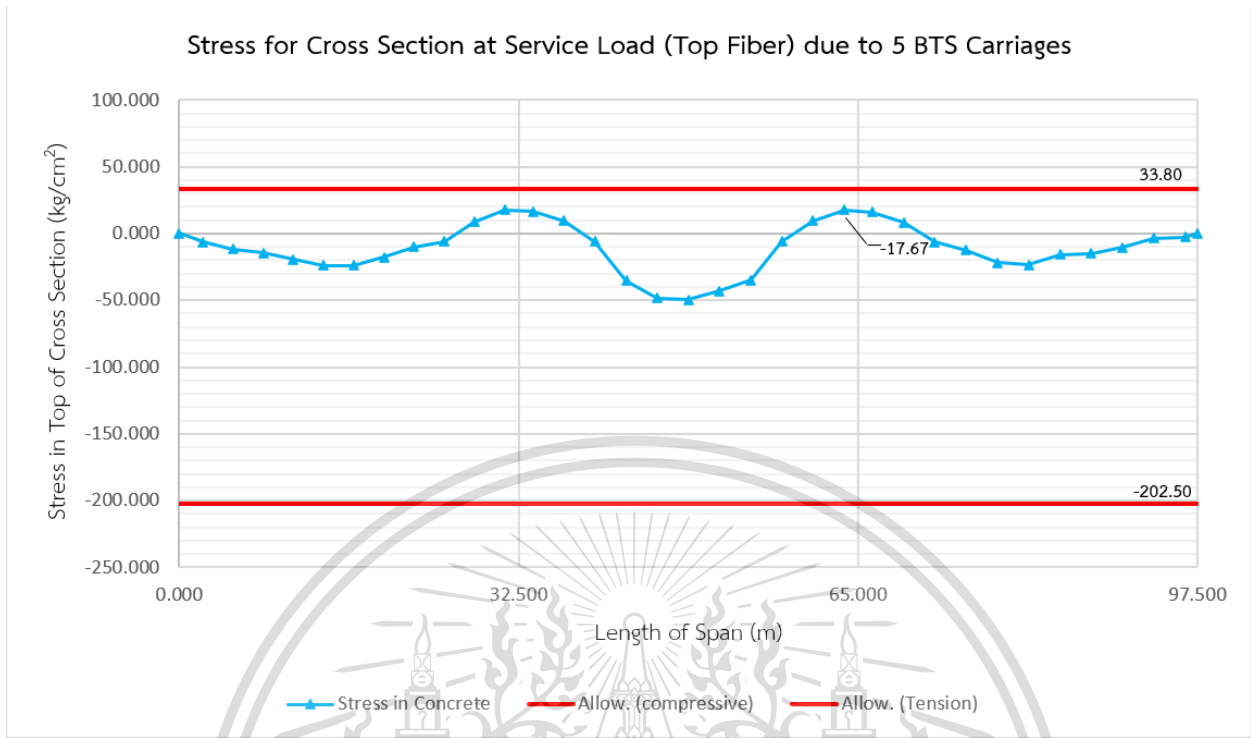


รูปที่ 4.4 หน่วยแรงที่เกิดขึ้นในคอนกรีตที่ผิวบน เนื่องจากน้ำหนักบรรทุกรถไฟฟ้าบีทีเอสจำนวน 3 ตู้

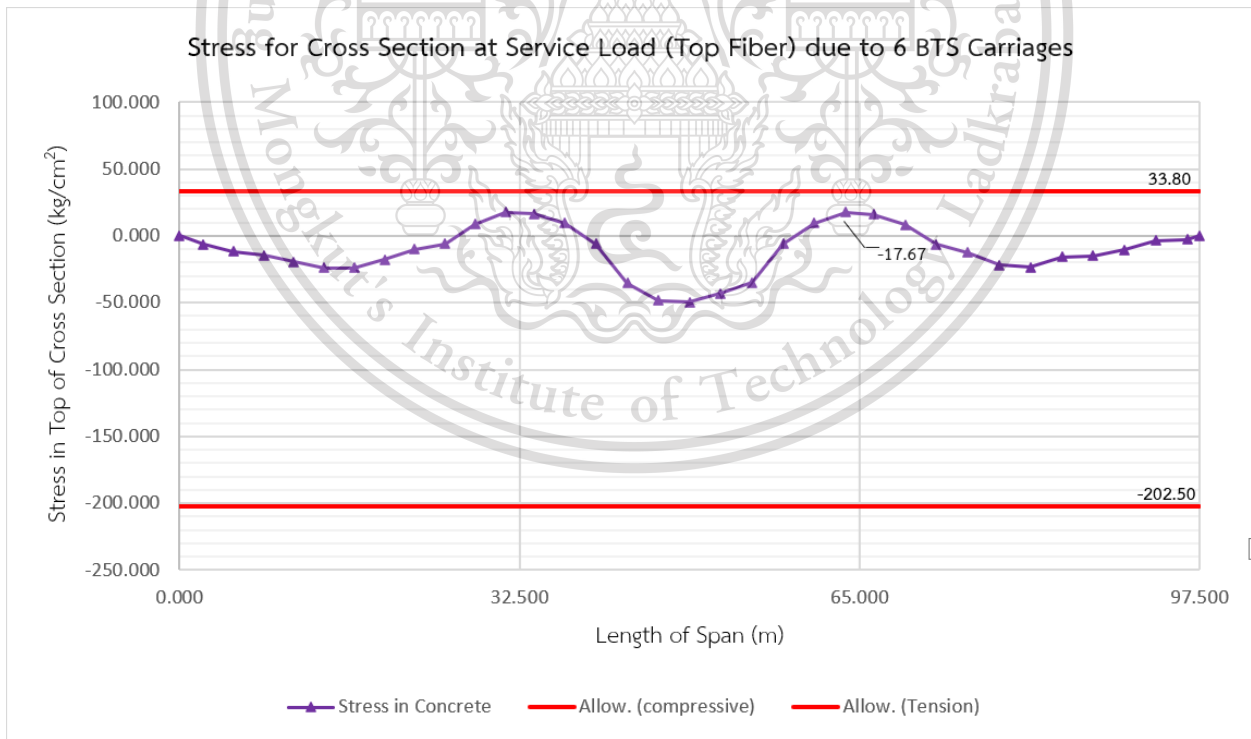


รูปที่ 4.5 หน่วยแรงที่เกิดขึ้นในคอนกรีตที่ผิวบน เนื่องจากน้ำหนักบรรทุกรถไฟฟ้าบีทีเอสจำนวน 4 ตู้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 หน่วยแรงที่เกิดขึ้นในคอนกรีตที่ผิวบน เนื่องจากน้ำหนักบรรทุกรถไฟฟ้าบีทีเอสจำนวน 5 ตู้



รูปที่ 4.7 หน่วยแรงที่เกิดขึ้นในคอนกรีตที่ผิวบน เนื่องจากน้ำหนักบรรทุกรถไฟฟ้าบีทีเอสจำนวน 6 ตู้

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่ไปยังประชาชน
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 หน่วยแรงที่เกิดขึ้นในคอนกรีตที่ผิวล่าง

หน่วยแรงที่เกิดขึ้นในคอนกรีตที่ผิวล่าง เมื่อรับน้ำหนักบรรทุกจรรถไฟฟ้าบีทีเอสในแต่ละกรณี

จากการวิเคราะห์พบว่า หน่วยแรงดึงที่เกิดขึ้นในคอนกรีตที่ผิวล่าง ขณะรับน้ำหนักบรรทุกจรรถไฟฟ้าบีทีเอสในกรณีที่ 1 มีค่าสูงสุดเท่ากับ 23.56 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ขณะรับน้ำหนักบรรทุกจรรถไฟฟ้าบีทีเอสในกรณีที่ 2 มีค่าสูงสุดเท่ากับ 23.56 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ขณะรับน้ำหนักบรรทุกจรรถไฟฟ้าบีทีเอสในกรณีที่ 3 มีค่าสูงสุดเท่ากับ 23.56 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และขณะรับน้ำหนักบรรทุกจรรถไฟฟ้าบีทีเอสในกรณีที่ 4 มีค่าสูงสุดเท่ากับ 23.56 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ดังแสดงไว้ในตารางที่ 4.2 ถึง 4.3 และค่าหน่วยแรงสูงสุดในคอนกรีตที่ผิวล่างเปรียบเทียบกับค่าหน่วยแรงดึงสูงสุดที่ยอมให้ ดังแสดงไว้ในรูปที่ 4.8 ถึง 4.11

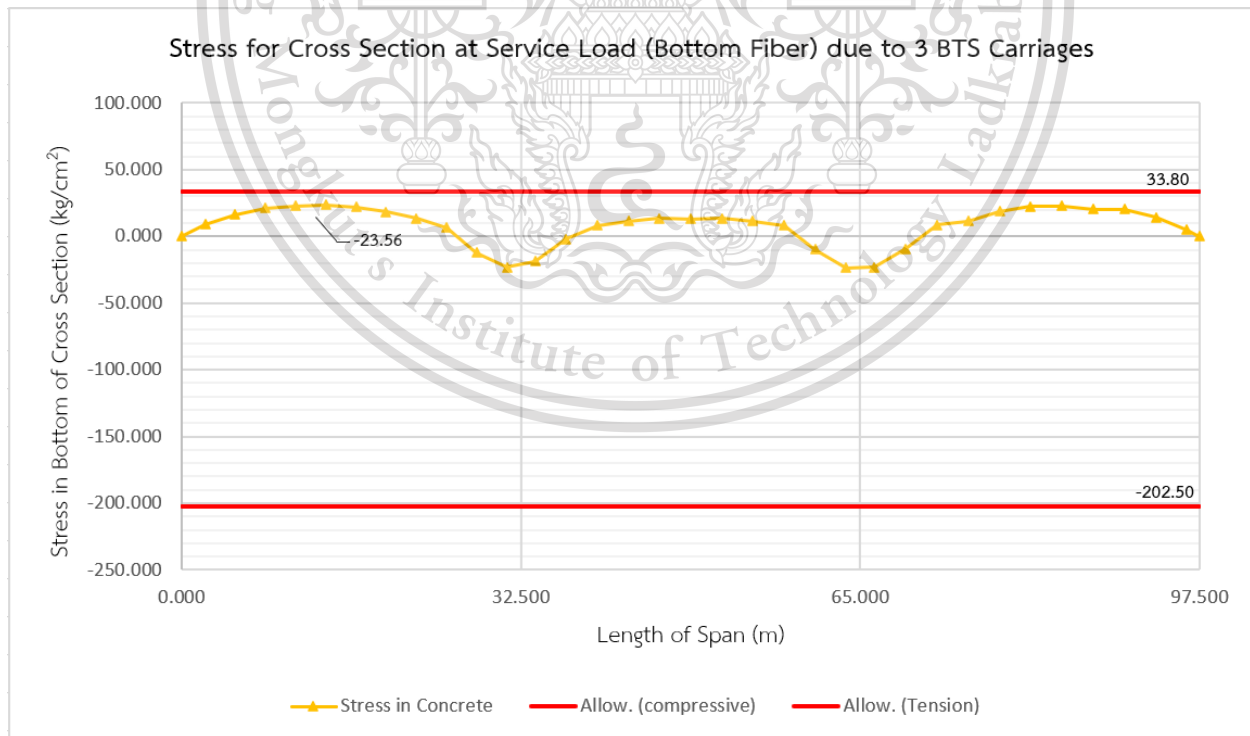
ตารางที่ 4.2 หน่วยแรงที่เกิดขึ้นในผิวคอนกรีตที่ผิวล่าง เนื่องจากรับน้ำหนักบรรทุกของรถไฟฟ้า BTS

ความยาวช่วงสะพาน (ม.)	หน่วยแรงที่เกิดขึ้น เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงจำนวนตู้ขบวนรถไฟฟ้า (กก./ซม ²)				หน่วยแรงดึงที่ยอมให้ (กก./ซม ²)	หน่วยแรงอัดที่ยอมให้ (กก./ซม ²)
	กรณีที่ 1	กรณีที่ 2	กรณีที่ 3	กรณีที่ 4		
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	33.796	-202.500
2.250	8.776	8.776	8.776	8.776	33.796	-202.500
5.140	16.287	16.287	16.287	16.287	33.796	-202.500
8.030	21.036	21.036	21.036	21.036	33.796	-202.500
10.920	22.825	22.825	22.825	22.825	33.796	-202.500
13.810	23.556	23.556	23.556	23.556	33.796	-202.500
16.700	21.945	21.945	21.945	21.945	33.796	-202.500
19.590	18.286	18.286	18.286	18.286	33.796	-202.500
22.480	13.525	13.525	13.525	13.525	33.796	-202.500
25.370	6.378	6.378	6.378	6.378	33.796	-202.500
28.260	-12.117	-12.117	-12.117	-12.117	33.796	-202.500
31.150	-23.291	-23.291	-23.291	-23.291	33.796	-202.500
33.850	-18.550	-18.550	-18.550	-18.550	33.796	-202.500
36.830	-2.026	-2.026	-2.026	-2.026	33.796	-202.500
39.810	8.072	8.072	8.072	8.072	33.796	-202.500
42.790	11.351	10.817	10.817	10.817	33.796	-202.500
45.770	13.424	12.937	12.937	12.937	33.796	-202.500
48.750	13.193	13.046	13.046	13.046	33.796	-202.500
51.730	13.407	12.924	12.924	12.924	33.796	-202.500
54.710	11.330	10.796	10.796	10.796	33.796	-202.500
57.690	8.028	8.028	8.028	8.028	33.796	-202.500

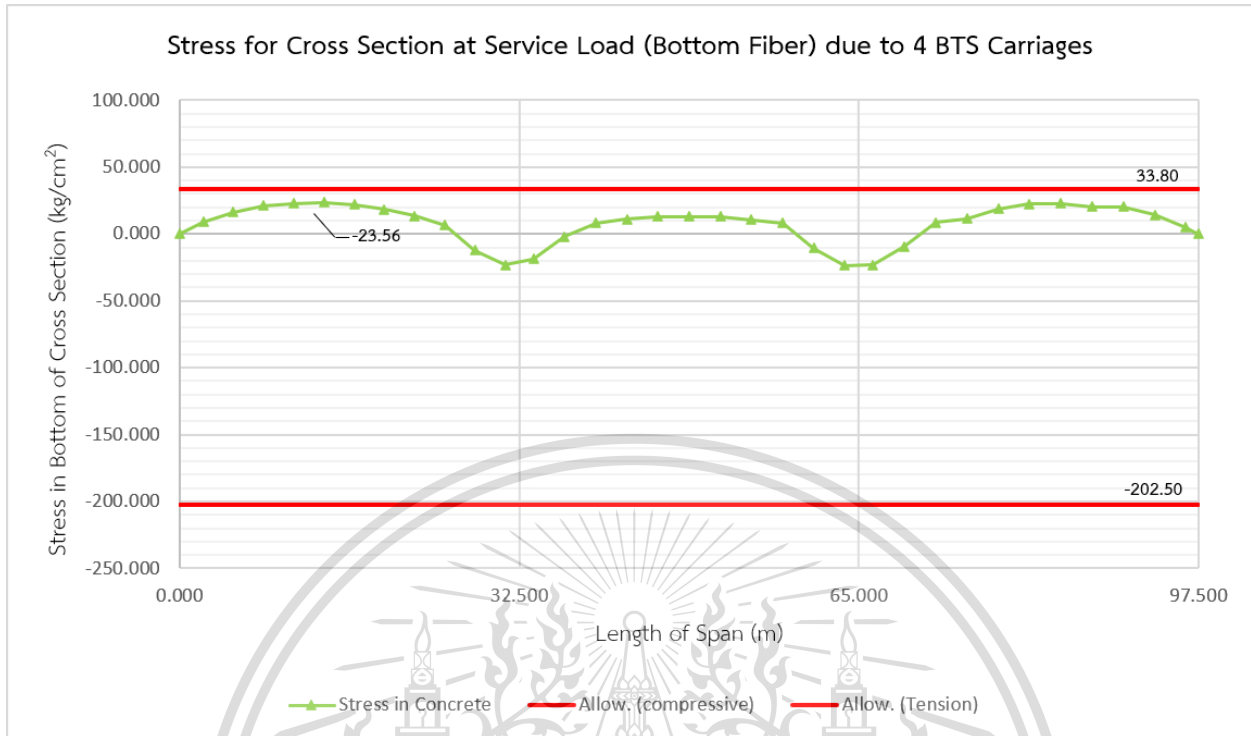
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 หน่วยแรงที่เกิดขึ้นในผิวคอนกรีตที่ผิวล่าง เนื่องจากน้ำหนักบรรทุกทุกของรถไฟฟ้า BTS (ต่อ)

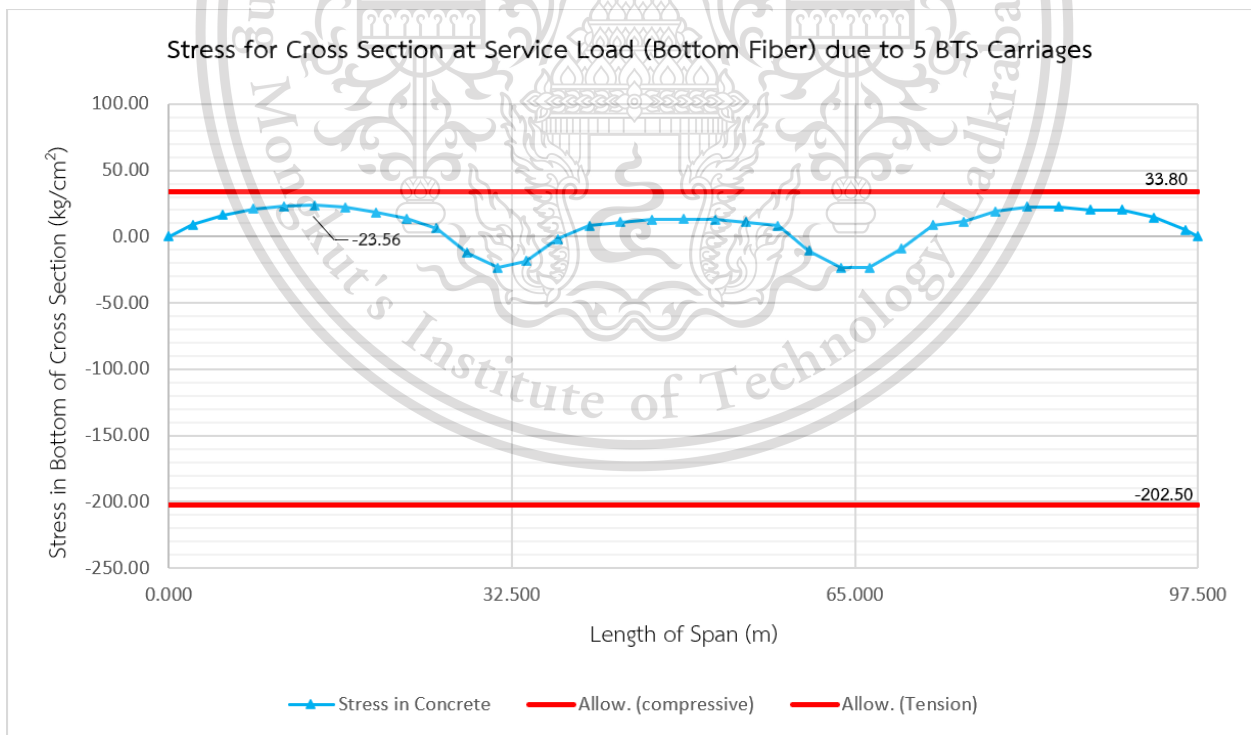
ความยาวช่วงสะพาน (ม.)	หน่วยแรงที่เกิดขึ้น เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงจำนวนตู้ขบวนรถไฟฟ้า (กก./ชม ²)				หน่วยแรงดึงที่ยอมให้ (กก./ชม ²)	หน่วยแรงอัดที่ยอมให้ (กก./ชม ²)
	กรณีที่ 1	กรณีที่ 2	กรณีที่ 3	กรณีที่ 4		
60.670	-9.922	-10.537	-10.537	-10.537	33.796	-202.500
63.650	-23.613	-23.613	-23.613	-23.613	33.796	-202.500
66.350	-23.270	-23.270	-23.270	-23.270	33.796	-202.500
69.345	-9.223	-9.223	-9.223	-9.223	33.796	-202.500
72.340	8.526	8.526	8.526	8.526	33.796	-202.500
75.335	11.278	11.278	11.278	11.278	33.796	-202.500
78.330	18.907	18.907	18.907	18.907	33.796	-202.500
81.325	22.469	22.469	22.469	22.469	33.796	-202.500
84.320	22.590	22.590	22.590	22.590	33.796	-202.500
87.315	20.202	20.202	20.202	20.202	33.796	-202.500
90.310	20.203	20.203	20.203	20.203	33.796	-202.500
93.305	14.288	14.288	14.288	14.288	33.796	-202.500
96.300	4.982	4.982	4.982	4.982	33.796	-202.500
97.500	0.000	0.000	0.000	0.000	33.796	-202.500



รูปที่ 4.8 หน่วยแรงที่เกิดขึ้นในคอนกรีตที่ผิวล่าง เนื่องจากน้ำหนักบรรทุกทุกของรถไฟฟ้าบีทีเอสจำนวน 3 ตู้ ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

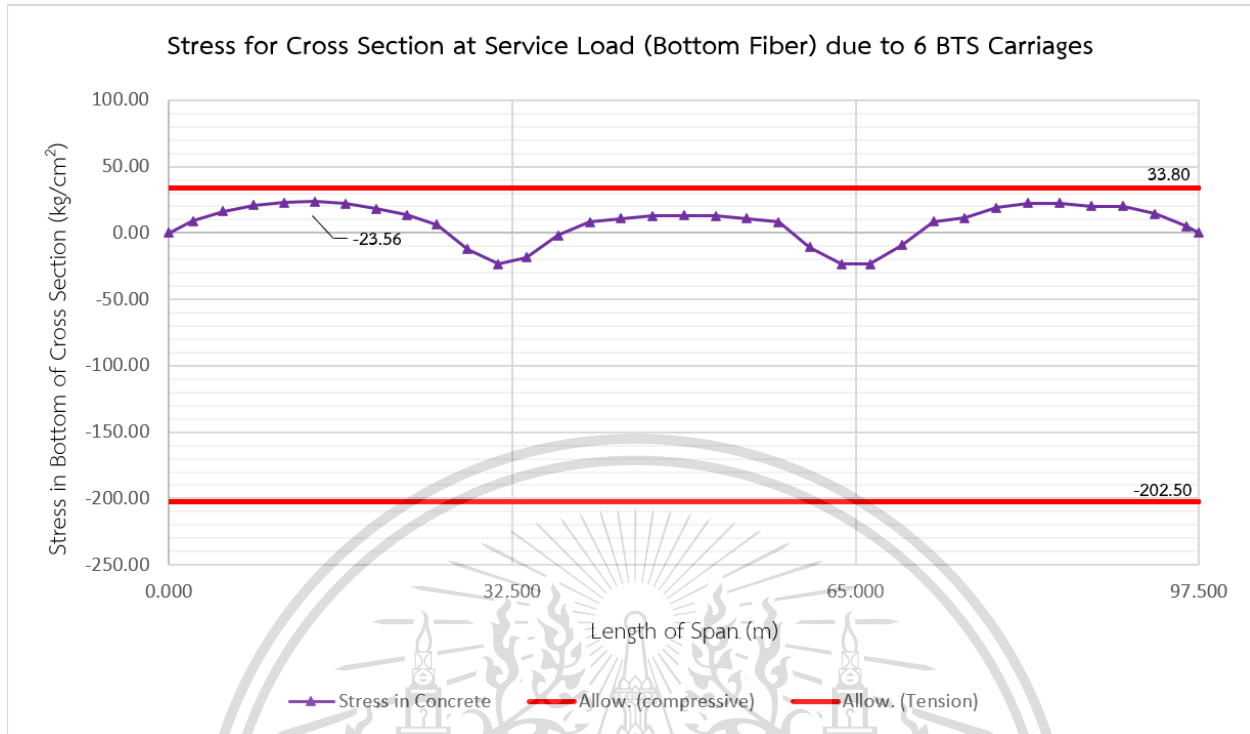


รูปที่ 4.9 หน่วยแรงที่เกิดขึ้นในคอนกรีตที่ผิวล่าง เนื่องจากน้ำหนักบรรทุกรถไฟฟ้าบีทีเอสจำนวน 4 ตู้



รูปที่ 4.10 หน่วยแรงที่เกิดขึ้นในคอนกรีตที่ผิวล่าง เนื่องจากน้ำหนักบรรทุกรถไฟฟ้าบีทีเอสจำนวน 5 ตู้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่หรือใช้เพื่อการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



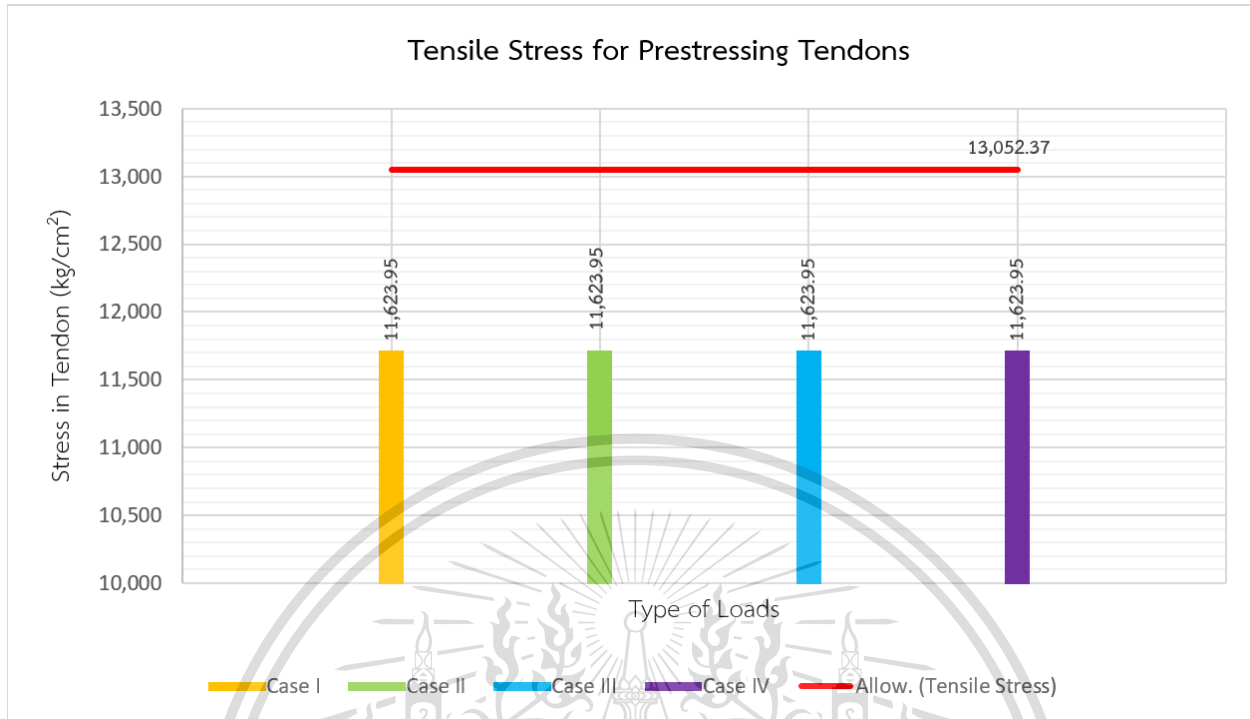
รูปที่ 4.11 หน่วยแรงที่เกิดขึ้นในคอนกรีตที่ผิวล่าง เนื่องจากน้ำหนักบรรทุกรถไฟฟ้าบีทีเอสจำนวน 6 ตู้

4.1.3 หน่วยแรงดึงในลวดอัดแรงภายหลังการสูญเสียแรงดึง

หน่วยแรงดึงในลวดอัดแรงภายหลังการสูญเสียแรงดึง เมื่อรับน้ำหนักบรรทุกของรถไฟฟ้าบีทีเอสในแต่ละกรณี

จากผลการวิเคราะห์ค่าหน่วยแรงดึงในลวดอัดแรงภายหลังการสูญเสียแรงดึง พบว่ามีความใกล้เคียงกันเมื่อรับน้ำหนักบรรทุกของรถไฟฟ้าบีทีเอสในกรณีที่ 1-4 โดยมีค่าสูงสุดเท่ากับ 11,623.95 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ดังแสดงในรูปที่ 4.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.12 หน่วยแรงดึงที่เกิดขึ้นในลวดอัดแรงภายหลังสูญเสียแรงดึง

4.1.4 แรงเฉือนในคอนกรีตและเหล็กเสริม

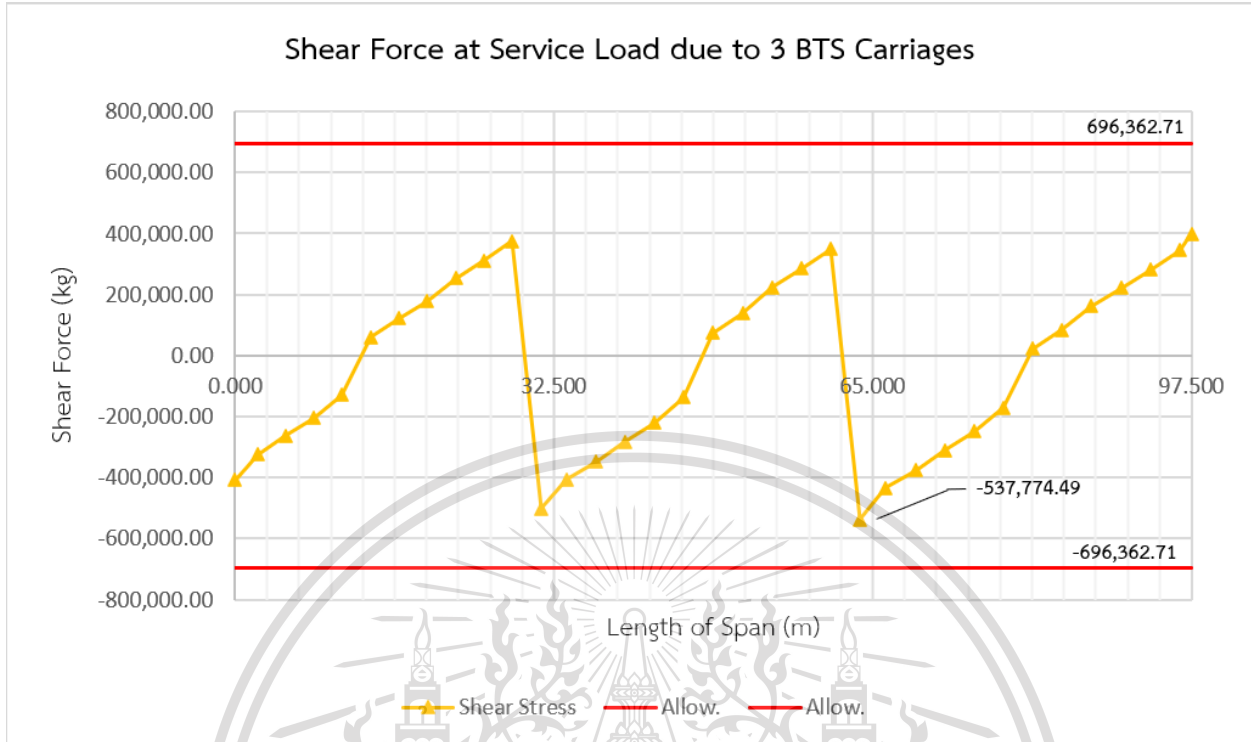
แรงเฉือนในคอนกรีตและเหล็กเสริม เมื่อรับน้ำหนักบรรทุกของรถไฟฟ้าบีทีเอสในแต่ละกรณี จากผลการวิเคราะห์ค่าแรงเฉือนที่เกิดขึ้นในคอนกรีตและเหล็กเสริม ขณะรับน้ำหนักบรรทุกของรถไฟฟ้าบีทีเอสในกรณีศึกษาที่ 1 เกิดค่าแรงเฉือนสูงสุดเท่ากับ 537,774.49 กิโลกรัม ขณะรับน้ำหนักบรรทุกของรถไฟฟ้าบีทีเอสในกรณีศึกษาที่ 2 เกิดค่าแรงเฉือนสูงสุดเท่ากับ 541,979.88 กิโลกรัม ขณะรับน้ำหนักบรรทุกของรถไฟฟ้าบีทีเอสในกรณีศึกษาที่ 3 เกิดค่าแรงเฉือนสูงสุดเท่ากับ 541,979.83 กิโลกรัม ขณะรับน้ำหนักบรรทุกของรถไฟฟ้าบีทีเอสในกรณีศึกษาที่ 4 เกิดค่าแรงเฉือนสูงสุดเท่ากับ 541,979.81 กิโลกรัม ดังแสดงไว้ในตารางที่ 4.4 และค่าแรงเฉือนสูงสุดในคอนกรีตและเหล็กเสริมเปรียบเทียบกับค่าแรงเฉือนที่ยอมให้แสดงไว้ในรูปที่ 4.13 ถึง 4.16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

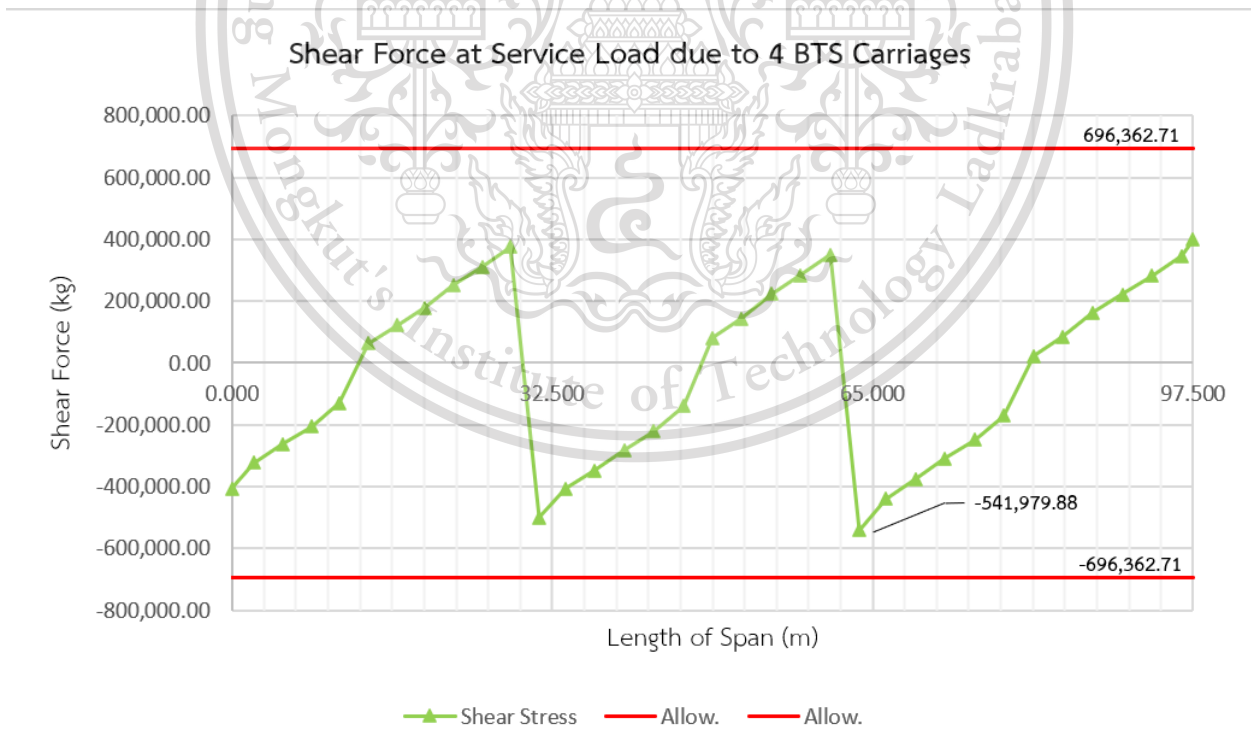
ตารางที่ 4.4 แรงเฉือนที่เกิดขึ้นในผิวคอนกรีตที่ผิวบน เนื่องจากรน้ำหนักบรรทุกของรถไฟฟ้า BTS

ความยาว ช่วงสะพาน (ม.)	แรงเฉือนที่เกิดขึ้น เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงจำนวนตู้ขบวนรถไฟฟ้า (กก.)				แรงเฉือน ที่ยอมให้ (กก.)
	กรณีที่ 1	กรณีที่ 2	กรณีที่ 3	กรณีที่ 4	
0.000	-407,154.38	-407,154.38	-407,154.36	-407,154.36	696,362.71
2.250	-323,404.71	-323,404.71	-323,404.69	-323,404.69	696,362.71
5.140	-263,371.13	-263,371.13	-263,371.10	-263,371.10	696,362.71
8.030	-205,270.21	-205,270.21	-205,270.20	-205,270.20	696,362.71
10.920	-129,354.26	-129,354.26	-129,354.25	-129,354.25	696,362.71
13.810	60,816.00	63,945.31	63,945.31	63,945.30	696,362.71
16.700	121,317.22	122,450.21	122,450.21	122,450.20	696,362.71
19.590	178,140.76	178,140.76	178,140.76	178,140.76	696,362.71
22.480	253,050.69	253,050.68	253,050.66	253,050.66	696,362.71
25.370	311,724.34	311,724.34	311,724.31	311,724.30	696,362.71
28.260	374,659.31	374,777.17	374,777.15	374,777.11	696,362.71
31.150	-501,191.04	-501,191.04	-501,190.99	-501,190.99	696,362.71
33.850	-405,914.86	-405,914.86	-405,914.86	-405,914.86	696,362.71
36.830	-347,367.46	-347,367.44	-347,367.44	-347,367.44	696,362.71
39.810	-282,472.87	-282,472.87	-282,472.85	-282,472.85	696,362.71
42.790	-220,771.39	-221,811.44	-221,811.43	-221,811.42	696,362.71
45.770	-136,549.06	-140,444.09	-140,444.08	-140,444.08	696,362.71
48.750	73,522.77	80,188.71	80,188.70	80,188.70	696,362.71
51.730	138,845.90	142,752.39	142,752.37	142,752.36	696,362.71
54.710	222,859.45	223,908.46	223,908.46	223,908.46	696,362.71
57.690	284,680.92	284,680.91	284,680.89	284,680.90	696,362.71
60.670	349,729.80	349,729.80	349,729.78	349,729.76	696,362.71
63.650	-537,774.49	-541,979.88	-541,979.83	-541,979.81	696,362.71
66.350	-433,156.34	-439,356.15	-439,356.15	-439,356.13	696,362.71
69.345	-375,326.10	-375,326.10	-375,326.07	-375,326.05	696,362.71
72.340	-309,843.52	-309,843.52	-309,843.51	-309,843.48	696,362.71
75.335	-249,383.13	-249,383.13	-249,383.11	-249,383.11	696,362.71
78.330	-171,642.18	-171,642.18	-171,642.18	-171,642.18	696,362.71
81.325	22,228.96	22,228.96	22,228.95	22,228.95	696,362.71
84.320	84,414.78	84,414.77	84,414.77	84,414.77	696,362.71
87.315	162,516.74	162,516.74	162,516.73	162,516.73	696,362.71
90.310	221,121.94	221,121.94	221,121.92	221,121.92	696,362.71
93.305	281,989.45	281,989.42	281,989.40	281,989.40	696,362.71
96.300	345,441.93	345,441.93	345,441.90	345,441.90	696,362.71
97.500	398,348.79	398,348.79	398,348.79	398,348.79	696,362.71

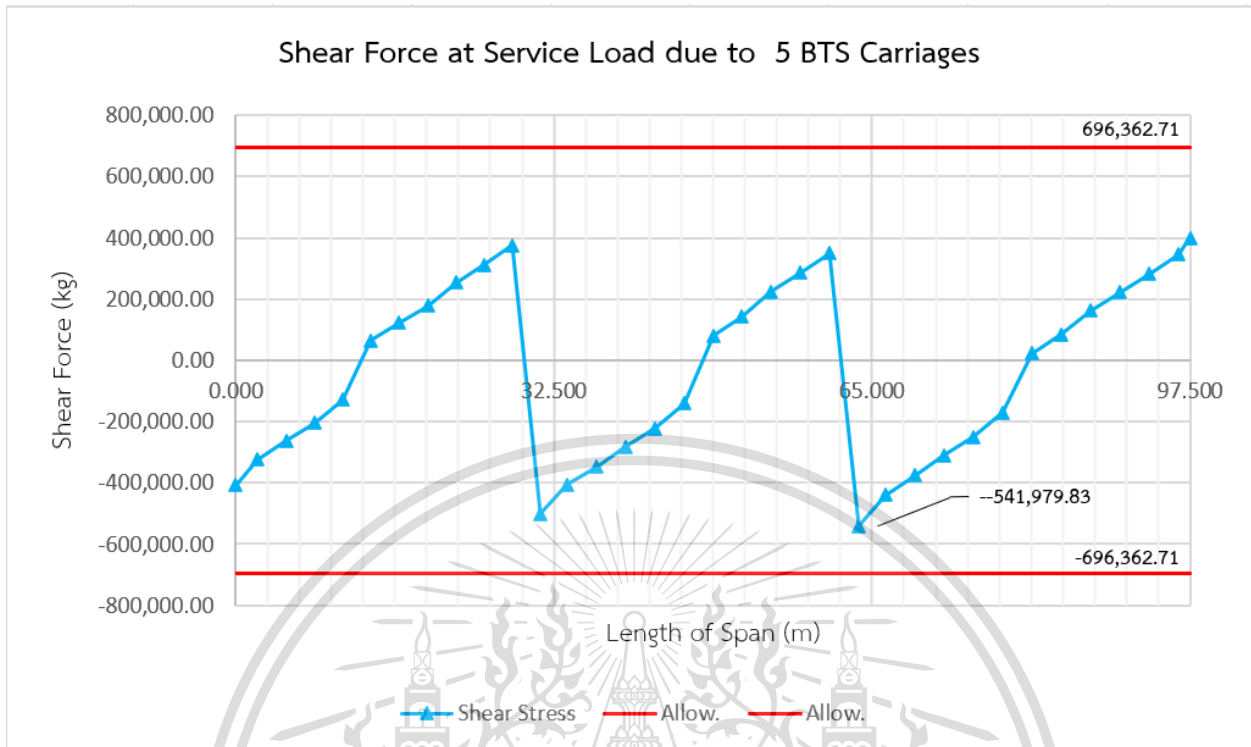
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



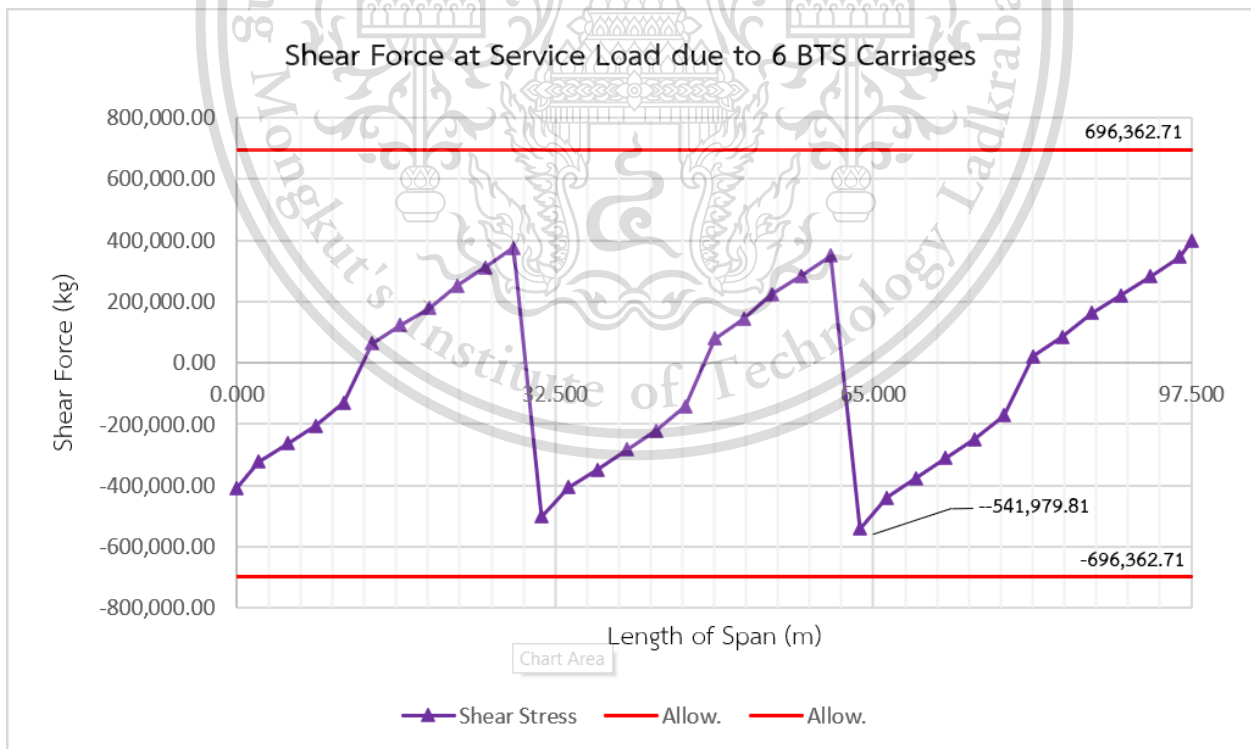
รูปที่ 4.13 แรงเฉือนที่เกิดขึ้นในคอนกรีตและเหล็กเสริม เนื่องจากน้ำหนักบรรทุกรถไฟฟ้าบีทีเอสจำนวน 3 ตู้



เอกสารรูปที่ 4.14 แรงเฉือนที่เกิดขึ้นในคอนกรีตและเหล็กเสริม เนื่องจากน้ำหนักบรรทุกรถไฟฟ้าบีทีเอสจำนวน 4 ตู้ การคำนวณว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.15 แรงเฉือนที่เกิดขึ้นในคอนกรีตและเหล็กเสริม เนื่องจากน้ำหนักบรรทุกรถไฟฟ้ายานที่เอสจำนวน 5 ตู้



เอกสารรูปที่ 4.16 แรงเฉือนที่เกิดขึ้นในคอนกรีตและเหล็กเสริม เนื่องจากน้ำหนักบรรทุกรถไฟฟ้ายานที่เอสจำนวน 6 ตู้ การคำนวณว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.5 ค่าการแอ่นตัว

ค่าการแอ่นตัว เมื่อรับน้ำหนักบรรทุกของรถไฟฟ้ายูบีทีเอสในแต่ละกรณี

จากผลการวิเคราะห์ค่าการแอ่นตัว ขณะรับน้ำหนักบรรทุกรถไฟฟ้ายูบีทีเอสในกรณีที่ 1 มีค่าสูงสุดเท่ากับ 8.62 มิลลิเมตร ขณะรับน้ำหนักบรรทุกรถไฟฟ้ายูบีทีเอสในกรณีที่ 2 มีค่าสูงสุดเท่ากับ 8.62 มิลลิเมตร ขณะรับน้ำหนักบรรทุกรถไฟฟ้ายูบีทีเอสในกรณีที่ 3 มีค่าสูงสุดเท่ากับ 8.62 มิลลิเมตร และขณะรับน้ำหนักบรรทุกรถไฟฟ้ายูบีทีเอสในกรณีที่ 4 มีค่าสูงสุดเท่ากับ 8.62 มิลลิเมตร ดังแสดงไว้ในตารางที่ 4.5 ถึง 4.6 และค่าการแอ่นตัวสูงสุดเปรียบเทียบกับค่าการแอ่นตัวที่ยอมให้ ดังแสดงไว้ในรูปที่ 4.17 ถึง 4.20

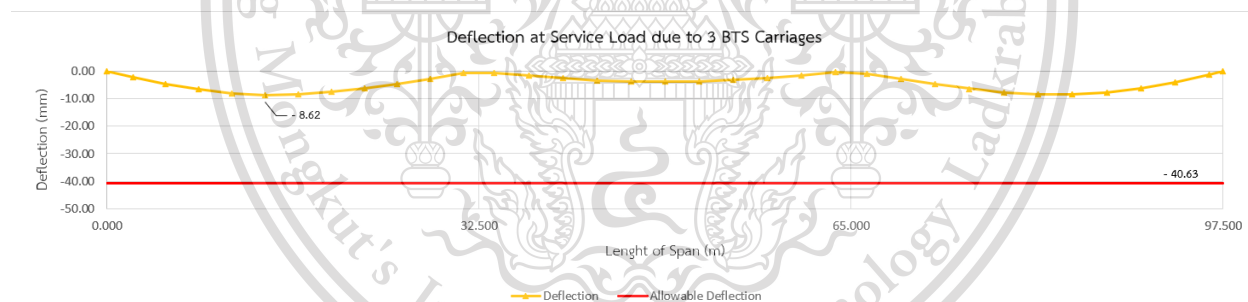
ตารางที่ 4.5 ค่าการแอ่นตัว เนื่องจากน้ำหนักบรรทุกของรถไฟฟ้ายูบีทีเอส

ความยาว ช่วงสะพาน (ม.)	ค่าการแอ่นตัวที่เกิดขึ้น เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงจำนวนตู้ขบวนรถไฟฟ้ายูบีทีเอส (มม.)				ค่าการแอ่นตัว ที่ยอมให้ (มม.)
	กรณีที่ 1	กรณีที่ 2	กรณีที่ 3	กรณีที่ 4	
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-40.630
2.250	-2.034	-2.034	-2.034	-2.034	-40.630
5.140	-4.611	-4.611	-4.611	-4.611	-40.630
8.030	-6.619	-6.619	-6.619	-6.619	-40.630
10.920	-7.946	-7.946	-7.946	-7.946	-40.630
13.810	-8.624	-8.624	-8.624	-8.624	-40.630
16.700	-8.454	-8.454	-8.454	-8.454	-40.630
19.590	-7.516	-7.516	-7.516	-7.516	-40.630
22.480	-6.183	-6.183	-6.183	-6.183	-40.630
25.370	-4.539	-4.539	-4.539	-4.539	-40.630
28.260	-2.703	-2.703	-2.703	-2.703	-40.630
31.150	-0.755	-0.755	-0.755	-0.755	-40.630
33.850	-0.456	-0.456	-0.456	-0.456	-40.630
36.830	-1.541	-1.541	-1.541	-1.541	-40.630
39.810	-2.447	-2.420	-2.420	-2.420	-40.630
42.790	-3.266	-3.081	-3.081	-3.081	-40.630
45.770	-3.694	-3.569	-3.569	-3.569	-40.630
48.750	-3.756	-3.727	-3.727	-3.727	-40.630
51.730	-3.688	-3.551	-3.551	-3.551	-40.630
54.710	-3.245	-3.053	-3.053	-3.053	-40.630
57.690	-2.415	-2.391	-2.391	-2.391	-40.630

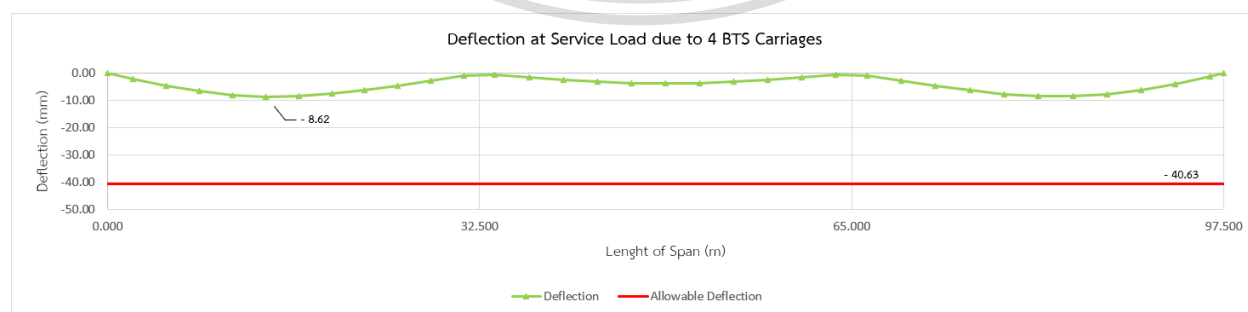
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 ค่าการแอ่นตัว เนื่องจากน้ำหนักบรรทุกของรถไฟฟ้า BTS (ต่อ)

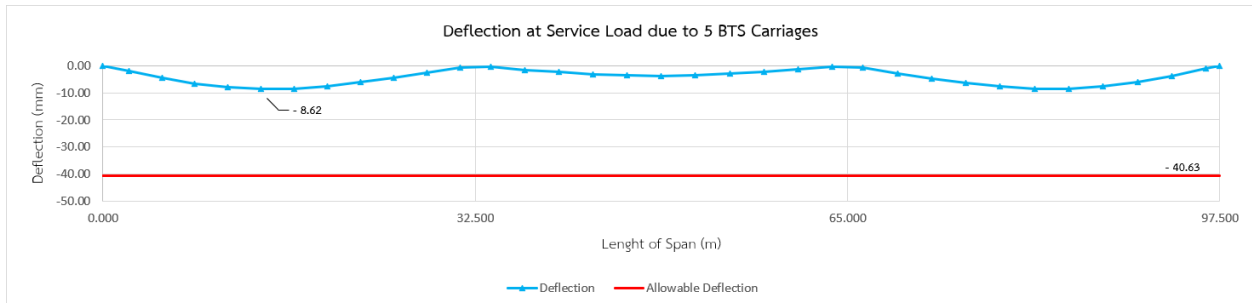
ความยาวช่วงสะพาน (ม.)	ค่าการแอ่นตัวที่เกิดขึ้น เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงจำนวนตู้ขบวนรถไฟฟ้า (มม.)				ค่าการแอ่นตัวที่ยอมให้ (มม.)
	กรณีที่ 1	กรณีที่ 2	กรณีที่ 3	กรณีที่ 4	
60.670	-1.505	-1.505	-1.505	-1.505	-40.630
63.650	-0.410	-0.410	-0.410	-0.410	-40.630
66.350	-0.816	-0.816	-0.816	-0.816	-40.630
69.345	-2.819	-2.819	-2.819	-2.819	-40.630
72.340	-4.696	-4.696	-4.696	-4.696	-40.630
75.335	-6.361	-6.361	-6.361	-6.361	-40.630
78.330	-7.671	-7.671	-7.671	-7.671	-40.630
81.325	-8.515	-8.515	-8.515	-8.515	-40.630
84.320	-8.501	-8.501	-8.501	-8.501	-40.630
87.315	-7.717	-7.717	-7.717	-7.717	-40.630
90.310	-6.186	-6.186	-6.186	-6.186	-40.630
93.305	-3.893	-3.893	-3.893	-3.893	-40.630
96.300	-1.102	-1.102	-1.102	-1.102	-40.630
97.500	0.000	0.000	0.000	0.000	-40.630



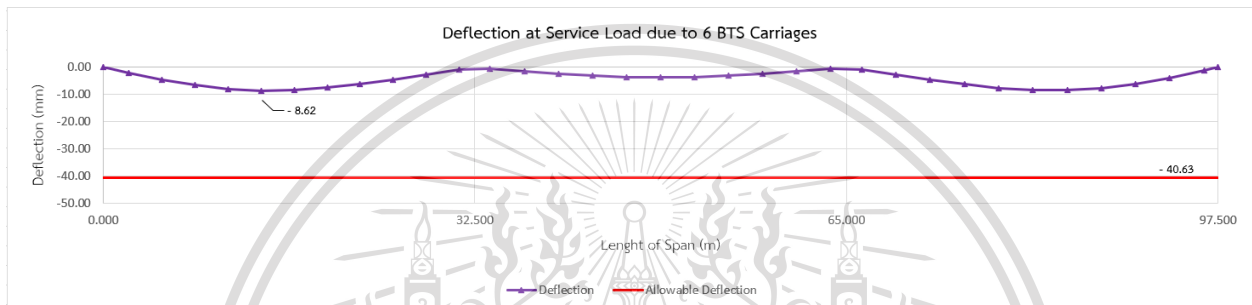
รูปที่ 4.17 ค่าการแอ่นตัวที่เกิดขึ้น เนื่องจากน้ำหนักบรรทุกรถไฟฟ้าบีทีเอสจำนวน 3 ตู้



เอกสารนี้เป็นเอกสารรูปที่ 4.18 ค่าการแอ่นตัวที่เกิดขึ้น เนื่องจากน้ำหนักบรรทุกรถไฟฟ้าบีทีเอสจำนวน 4 ตู้ โยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.19 ค่าการแอ่นตัวที่เกิดขึ้น เนื่องจากน้ำหนักบรรทุกรถไฟฟ้าบีทีเอสจำนวน 5 ตู้



รูปที่ 4.20 ค่าการแอ่นตัวที่เกิดขึ้น เนื่องจากน้ำหนักบรรทุกรถไฟฟ้าบีทีเอสจำนวน 6 ตู้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 5

สรุปผลการวิเคราะห์

5.1 สรุปผลการวิเคราะห์

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาพฤติกรรมของหน่วยแรงที่เกิดขึ้นภายในสะพานคอนกรีตอัดแรง เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงจำนวนตู้โดยสารของรถไฟฟ้า ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่าที่ยอมรับให้ตามมาตรฐานการออกแบบของสมาคมทางหลวงและการขนส่งของสหรัฐอเมริกา ด้วยวิธีตัวคูณเพิ่มและความต้านทานน้ำหนัก(LRFD) โดยผลการวิจัยสามารถสรุปได้ดังนี้

1. หน่วยแรงที่เกิดขึ้นในคอนกรีตที่ผิวบน เมื่อรับน้ำหนักบรรทุกรถไฟฟ้าบีทีเอสในแต่ละกรณี มีค่าสูงสุดเท่ากับ 17.67 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ในทุกกรณี
2. หน่วยแรงที่เกิดขึ้นในคอนกรีตที่ผิวล่าง เมื่อรับน้ำหนักบรรทุกรถไฟฟ้าบีทีเอสในแต่ละกรณี มีค่าสูงสุดเท่ากับ 23.56 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ในทุกกรณี
3. หน่วยแรงดึงในลวดอัดแรงภายหลังการสูญเสียแรงดึง เมื่อรับน้ำหนักบรรทุกของรถไฟฟ้าบีทีเอสในแต่ละกรณี พบว่าค่าหน่วยแรงดึงในลวดอัดแรงภายหลังการสูญเสียแรงดึงมีความใกล้เคียงกัน โดยมีค่าสูงสุดเท่ากับ 11,623.95 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร
4. แรงเฉือนในคอนกรีตและเหล็กเสริม เมื่อรับน้ำหนักบรรทุกของรถไฟฟ้าบีทีเอสในแต่ละกรณี จากผลการวิเคราะห์ค่าแรงเฉือนที่เกิดขึ้นในคอนกรีตและเหล็กเสริม ขณะรับน้ำหนักบรรทุกของรถไฟฟ้าบีทีเอสในกรณีศึกษาที่ 1 เกิดค่าแรงเฉือนสูงสุดเท่ากับ 537,775 กิโลกรัม ขณะรับน้ำหนักบรรทุกของรถไฟฟ้าบีทีเอสในกรณีศึกษาที่ 2, 3 และ 4 เกิดค่าแรงเฉือนสูงสุดเท่ากับ 541,980 กิโลกรัม
5. ค่าการแอ่นตัว เมื่อรับน้ำหนักบรรทุกของรถไฟฟ้าบีทีเอสในแต่ละกรณีมีค่าสูงสุดเท่ากับ 8.62 มิลลิเมตร ในทุกกรณี

จากผลการวิจัย ข้อที่ 1, 2, และ 5. จะเห็นได้ว่าค่าหน่วยแรงที่เกิดขึ้นในคอนกรีตที่ผิวบน หน่วยแรงที่เกิดขึ้นในคอนกรีตที่ผิวล่าง และการแอ่นตัวที่ได้มีค่าใกล้เคียงกัน เป็นผลมาจากระยะเพลลาและการจัดวางน้ำหนักบรรทุกในการพิจารณามีความใกล้เคียงกัน จึงทำให้ผลที่เกิดขึ้นมีค่าเท่ากัน

สำหรับผลการวิจัยในข้อที่ 4. หน่วยแรงเฉือนที่เกิดขึ้นในกรณีศึกษาที่ 1 มีค่าแตกต่างจากกรณีอื่นๆ เนื่องจากการจัดวางน้ำหนักบรรทุกที่มีความแตกต่างตามจำนวนตู้โดยสารของรถไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. กรณีศึกษาการปรับเปลี่ยนความยาวช่วงสะพาน ควรนำมาพิจารณาเพิ่มเติมในงานวิจัยต่อไป
2. จากผลการวิจัยเบื้องต้นพบว่า หน่วยแรงเฉือนที่เกิดขึ้นมากที่สุดเมื่อพิจารณาจากกรณีที่ 2 , 3 และ 4 (จำนวนตู้โดยสาร 4 ตู้, 5 ตู้ และ 6 ตู้ ตามลำดับ)มีค่าเท่ากัน ดังนั้นเมื่อมีการเพิ่มจำนวนตู้โดยสารมากกว่า 4 ตู้ขึ้นไป จะไม่ส่งผลกระทบต่อโครงสร้าง แต่ทั้งนี้ควรพิจารณาถึงจำนวนผู้โดยสารและค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นเป็นหลัก



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บรรณานุกรม

คณะกรรมการวิชาการสาขาวิศวกรรมโยธา. 2549. “มาตรฐานสำหรับอาคารคอนกรีตอัดแรง”.

กรุงเทพฯ : บริษัท โกลบอล กราฟฟิค จำกัด.

ทศพล ปิ่นแก้ว และมนต์เกียรติ์ ชนินทรลีลา. 2558. “การออกแบบสะพาน”. กรุงเทพฯ : จูน พับลิชชิ่ง

นเรศ พันธธาร. 2540. “การออกแบบคอนกรีตอัดแรง”. กรุงเทพฯ : ไลบรารี นาย.

วริยส ถิรตุลกุล. 2563. “กรณีศึกษาพฤติกรรมของหน่วยแรงที่เกิดขึ้นในสะพานคอนกรีตอัดแรงเมื่อมีการ

ปรับเปลี่ยนความยาวช่วงสะพานจากน้ำหนักกระทำของรถบรรทุกตามมาตรฐานกรมทางหลวง ประเทศ

ไทย”. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาวิศวกรรมโยธา. สถาบันเทคโนโลยีพระจอม

เกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

สมบัติ แสนเลิศ. 2555. “การตอบสนองทางพลศาสตร์ของสะพานรถไฟฟ้แบบ Segmental box girder

ชนิดโค้งราบ”. ม.ป.ท. : ม.ป.พ.

สมโพธิ วิวิธเกยูรวงศ์. 2544. “การออกแบบคอนกรีตอัดแรง”. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อมร พิมาณมาศ. ม.ป.ป. “การออกแบบสะพานคอนกรีตอัดแรง”. ม.ป.ท. : ม.ป.พ.

American Association of State Highway and Transportation Officials. 2007. “AASHTO LRFD Bridge

Specifications”. Washington DC.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



ภาคผนวก ก

ตารางแสดงผลการวิเคราะห์จากโปรแกรมวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Check stress for cross section at service loads due to 3 BTS Carriages Case

Elem	Part	Girder/Slab	Comp./Tens.	LCom Name	Type	CHK	FT kgf/cm ²	FB kgf/cm ²	FTL kgf/cm ²	FBL kgf/cm ²	FTR kgf/cm ²	FBR kgf/cm ²	FMAX kgf/cm ²	ALW kgf/cm ²
1	I[1]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	6.9682	37.8272	6.9682	35.493	6.9682	35.493	37.8272	247.5
1	I[1]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	0	0	0	0	0	0	0	-18.6418
1	J[2]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	10.2663	35.3867	10.2694	33.5579	10.2633	33.5552	35.3867	247.5
1	J[2]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	4.4642	-4.7046	4.4621	-4.7055	4.4663	-4.7037	-4.7055	-18.6418
2	I[2]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	21.0194	85.8331	21.0433	81.0556	20.9955	81.0346	85.8331	247.5
2	I[2]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	6.1975	-8.7762	6.188	-8.7804	6.2071	-8.772	-8.7804	-18.6418
2	J[3]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	9.1621	107.0676	9.1902	99.9335	9.134	99.9087	107.0676	247.5
2	J[3]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	11.8098	-16.2885	11.7972	-16.294	11.8223	-16.2829	-16.294	-37.3623
3	I[3]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	9.1656	107.066	9.1918	99.9314	9.1395	99.9084	107.066	247.5
3	I[3]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	11.8111	-16.2871	11.7997	-16.2921	11.8226	-16.2821	-16.2921	-37.3623
3	J[4]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	1.4526	129.2312	1.4834	119.9756	1.4218	119.9485	129.2312	247.5
3	J[4]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	15.6357	-21.0362	15.6211	-21.0426	15.6503	-21.0298	-21.0426	-37.3623
4	I[4]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	1.1516	69.9345	1.1832	65.0364	1.1199	65.0085	69.9345	247.5
4	I[4]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	14.5377	-12.4157	14.5286	-12.4197	14.5467	-12.4117	-12.4197	-37.3623
4	J[5]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	16.0042	62.854	16.0403	59.7195	15.9681	59.6877	62.854	247.5
4	J[5]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	15.9916	-13.5641	15.9794	-13.5695	16.0038	-13.5587	-13.5695	-37.3623
5	I[5]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	19.2782	115.3975	19.3073	108.6723	19.2491	108.6466	115.3975	247.5
5	I[5]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	17.1619	-22.8246	17.1477	-22.8309	17.1762	-22.8183	-22.8309	-37.3623
5	J[6]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	23.9873	107.0162	24.0218	101.4192	23.9528	101.3888	107.0162	247.5
5	J[6]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	17.8085	-23.5561	17.7905	-23.564	17.8266	-23.5481	-23.564	-37.3623
6	I[6]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	23.9877	107.0119	24.0222	101.4153	23.9532	101.3849	107.0119	247.5
6	I[6]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	17.8085	-23.5561	17.7905	-23.564	17.8266	-23.5481	-23.564	-37.3623
6	J[7]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	24.1018	101.7739	24.1417	96.7242	24.0619	96.689	101.7739	247.5
6	J[7]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	16.5902	-21.9445	16.5684	-21.9541	16.612	-21.9349	-21.9541	-37.3623
7	I[7]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	24.1026	101.7675	24.1425	96.7184	24.0627	96.6832	101.7675	247.5
7	I[7]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	16.5902	-21.9445	16.5684	-21.9541	16.612	-21.9349	-21.9541	-37.3623

Elem	Part	Girder/Slab	Comp./Tens.	LCom Name	Type	CHK	FT kgf/cm ²	FB kgf/cm ²	FTL kgf/cm ²	FBL kgf/cm ²	FTR kgf/cm ²	FBR kgf/cm ²	FMAX kgf/cm ²	ALW kgf/cm ²
7	J[8]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	21.9267	96.1561	21.9719	91.5089	21.8814	91.469	96.1561	247.5
7	J[8]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	13.8239	-18.2855	13.7984	-18.2968	13.8495	-18.2742	-18.2968	-37.3623
8	I[8]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	17.6917	52.8897	17.7396	50.951	17.6438	50.9088	52.8897	247.5
8	I[8]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	12.9047	-10.9078	12.8836	-10.9171	12.9258	-10.8985	-10.9171	-37.3623
8	J[9]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	12.4311	49.5762	12.4827	47.5989	12.3794	47.5534	49.5762	247.5
8	J[9]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	9.4718	-8.0333	9.4476	-8.044	9.496	-8.0226	-8.044	-37.3623
9	I[9]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	15.0956	90.7786	15.1508	86.1738	15.0405	86.1252	90.7786	247.5
9	I[9]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	10.1582	-13.5248	10.1261	-13.5389	10.1904	-13.5106	-13.5389	-37.3623
9	J[10]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	24.3058	63.4814	24.3661	61.814	24.2455	61.7609	63.4814	247.5
9	J[10]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	5.8981	-8.0488	5.8624	-8.0645	5.9338	-8.033	-8.0645	-37.3623
10	I[10]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	25.3107	48.6865	25.3577	48.0461	25.2637	48.0046	48.6865	247.5
10	I[10]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	5.7866	-6.3779	5.7509	-6.3936	5.8223	-6.3621	-6.3936	-37.3623
10	J[11]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MAX	OK	51.1638	14.4831	51.0806	16.6129	51.2471	16.6863	51.2471	247.5
10	J[11]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MIN	OK	-8.4932	9.5443	-8.454	9.5616	-8.5323	9.5271	-8.5323	-37.3623
11	I[11]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MAX	OK	50.6208	20.9249	50.5399	22.4343	50.7016	22.5056	50.7016	247.5
11	I[11]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MIN	OK	-8.6763	12.1174	-8.6312	12.1373	-8.7214	12.0975	-8.7214	-37.3623
11	J[12]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MAX	OK	70.2785	-12.5042	70.1902	-7.0574	70.3667	-6.9796	70.3667	247.5
11	J[12]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MIN	OK	-16.2122	23.2905	-16.1635	23.312	-16.2609	23.2691	-16.2609	-18.6418
12	I[12]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MAX	OK	45.2695	-11.5477	45.2146	-7.8756	45.3243	-7.8272	45.3243	247.5
12	I[12]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MIN	OK	-17.5083	18.5498	-17.4777	18.5633	-17.539	18.5363	-17.539	-18.6418
12	J[13]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MAX	OK	44.9557	-14.755	44.9065	-10.6476	45.0049	-10.6043	45.0049	247.5
12	J[13]	Girder(PSC)	Tension	cLCB5	FX-MAX	OK	44.9557	-14.755	44.9065	-10.6476	45.0049	-10.6043	-14.755	-18.6418
13	I[13]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MAX	OK	68.4157	-15.5675	68.3426	-9.8818	68.4888	-9.8173	68.4888	247.5
13	I[13]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MIN	OK	-16.4431	23.6246	-16.399	23.644	-16.4872	23.6051	-16.4872	-18.6418
13	J[14]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MAX	OK	52.8201	4.8418	52.7528	7.5206	52.8873	7.5799	52.8873	247.5
13	J[14]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MIN	OK	-9.0794	12.6825	-9.039	12.7003	-9.1197	12.6647	-9.1197	-37.3623
14	I[14]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MAX	OK	53.072	2.0263	53.0007	5.0575	53.1434	5.1204	53.1434	247.5
14	I[14]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MIN	OK	-8.888	9.9893	-8.852	10.0052	-8.9239	9.9735	-8.9239	-37.3623

Elem	Part	Girder/Slab	Comp./Tens.	LCom Name	Type	CHK	FT kgf/cm ²	FB kgf/cm ²	FTL kgf/cm ²	FBL kgf/cm ²	FTR kgf/cm ²	FBR kgf/cm ²	FMAX kgf/cm ²	ALW kgf/cm ²
14	J[15]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MAX	OK	45.3061	9.0586	45.2392	10.1712	45.3729	10.2301	45.3729	247.5
14	J[15]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MIN	OK	-7.7014	8.4734	-7.6682	8.488	-7.7346	8.4588	-7.7346	-37.3623
15	I[15]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	21.1594	45.6265	21.2202	46.234	21.0987	46.1804	46.234	247.5
15	I[15]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	5.9166	-8.0723	5.8826	-8.0872	5.9506	-8.0573	-8.0872	-37.3623
15	J[16]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	13.8281	54.8151	13.8849	53.7353	13.7713	53.6852	54.8151	247.5
15	J[16]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	8.5254	-11.3514	8.4932	-11.3656	8.5576	-11.3372	-11.3656	-37.3623
16	I[16]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MAX	OK	36.1219	8.3989	36.0898	8.5555	36.154	8.5838	36.154	247.5
16	I[16]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	7.9495	-6.7422	7.926	-6.7526	7.973	-6.7318	-6.7526	-37.3623
16	J[17]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MAX	OK	43.9839	1.9227	43.9508	2.7977	44.017	2.8269	44.017	247.5
16	J[17]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	9.4735	-8.0075	9.4499	-8.0179	9.4971	-7.9971	-8.0179	-37.3623
17	I[17]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MAX	OK	48.8244	9.3585	48.7751	9.2315	48.8736	9.275	48.8736	247.5
17	I[17]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	10.1483	-13.4235	10.1197	-13.4361	10.1769	-13.4109	-13.4361	-37.3623
17	J[18]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MAX	OK	49.7135	9.3474	49.6635	9.3413	49.7634	9.3853	49.7634	247.5
17	J[18]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	9.974	-13.193	9.9453	-13.2056	10.0027	-13.1804	-13.2056	-37.3623
18	I[18]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MAX	OK	49.7125	9.3556	49.6626	9.3487	49.7625	9.3928	49.7625	247.5
18	I[18]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	9.974	-13.193	9.9453	-13.2056	10.0027	-13.1804	-13.2056	-37.3623
18	J[19]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MAX	OK	48.4154	11.1762	48.3638	10.8835	48.467	10.929	48.467	247.5
18	J[19]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	10.136	-13.4073	10.1066	-13.4203	10.1654	-13.3943	-13.4203	-37.3623
19	I[19]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MAX	OK	43.5586	3.0681	43.5237	3.8263	43.5935	3.8571	43.5935	247.5
19	I[19]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	9.462	-7.9978	9.4377	-8.0085	9.4863	-7.9871	-8.0085	-37.3623
19	J[20]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MAX	OK	35.3922	9.7158	35.3545	9.7189	35.4298	9.7521	35.4298	247.5
19	J[20]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	7.9342	-6.7292	7.9083	-6.7406	7.96	-6.7178	-6.7406	-37.3623
20	I[20]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	13.1916	56.5548	13.2509	55.2824	13.1323	55.2302	56.5548	247.5
20	I[20]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	8.5089	-11.3295	8.4742	-11.3448	8.5436	-11.3142	-11.3448	-37.3623
20	J[21]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	20.5609	47.5384	20.6236	47.9398	20.4982	47.8845	47.9398	247.5
20	J[21]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	5.8844	-8.0283	5.8476	-8.0445	5.9211	-8.0121	-8.0445	-37.3623
21	I[21]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MAX	OK	44.5839	10.8766	44.5085	11.802	44.6593	11.8685	44.6593	247.5
21	I[21]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MIN	OK	-7.6473	8.4139	-7.6107	8.43	-7.6839	8.3978	-7.6839	-37.3623

Elem	Part	Girder/Slab	Comp./Tens.	LCom Name	Type	CHK	FT kgf/cm ²	FB kgf/cm ²	FTL kgf/cm ²	FBL kgf/cm ²	FTR kgf/cm ²	FBR kgf/cm ²	FMAX kgf/cm ²	ALW kgf/cm ²
21	J[22]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MAX	OK	52.6336	3.9139	52.5542	6.7748	52.7131	6.8449	52.7131	247.5
21	J[22]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MIN	OK	-8.8276	9.9215	-8.789	9.9385	-8.8662	9.9045	-8.8662	-37.3623
22	I[22]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MAX	OK	52.3407	7.0763	52.2646	9.5566	52.4167	9.6237	52.4167	247.5
22	I[22]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MIN	OK	-9.0177	12.5964	-8.9745	12.6155	-9.061	12.5774	-9.061	-37.3623
22	J[23]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MAX	OK	68.3554	-13.5356	68.2755	-8.0166	68.4352	-7.9462	68.4352	247.5
22	J[23]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MIN	OK	-16.4349	23.6129	-16.3896	23.6328	-16.4802	23.5929	-16.4802	-18.6418
23	I[23]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MAX	OK	43.9603	-11.4004	43.905	-7.7566	44.0156	-7.7078	44.0156	247.5
23	I[23]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MIN	OK	-17.6737	18.725	-17.6451	18.7376	-17.7022	18.7124	-17.7022	-18.6418
23	J[24]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MAX	OK	46.1304	-12.9837	46.0793	-9.0127	46.1815	-8.9676	46.1815	247.5
23	J[24]	Girder(PSC)	Tension	cLCB5	FX-MAX	OK	46.1304	-12.9837	46.0793	-9.0127	46.1815	-8.9676	-12.9837	-18.6418
24	I[24]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MAX	OK	70.6031	-10.4684	70.525	-5.1531	70.6812	-5.0842	70.6812	247.5
24	I[24]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MIN	OK	-16.1981	23.2703	-16.1535	23.2899	-16.2427	23.2506	-16.2427	-18.6418
24	J[25]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	32.1887	49.4813	32.2602	50.8391	32.1172	50.7761	50.8391	247.5
24	J[25]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MIN	OK	-8.384	11.7092	-8.3429	11.7273	-8.4251	11.691	-8.4251	-37.3623
25	I[25]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MAX	OK	51.1834	16.5198	51.1073	18.4972	51.2595	18.5643	51.2595	247.5
25	I[25]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MIN	OK	-8.207	9.2228	-8.1708	9.2387	-8.2432	9.2068	-8.2432	-37.3623
25	J[26]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	25.3105	51.2347	25.3547	50.399	25.2663	50.36	51.2347	247.5
25	J[26]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	6.1306	-6.7557	6.0977	-6.7703	6.1636	-6.7412	-6.7703	-37.3623
26	I[26]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	24.2527	66.9083	24.3105	64.9752	24.1948	64.9242	66.9083	247.5
26	I[26]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	6.2489	-8.5258	6.2161	-8.5402	6.2817	-8.5113	-8.5402	-37.3623
26	J[27]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	15.1503	94.7457	15.2031	89.8363	15.0976	89.7898	94.7457	247.5
26	J[27]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	10.665	-14.198	10.6357	-14.2109	10.6944	-14.1851	-14.2109	-37.3623
27	I[27]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	12.4488	51.6054	12.4989	49.4697	12.3987	49.4255	51.6054	247.5
27	I[27]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	9.9437	-8.4335	9.9217	-8.4433	9.9658	-8.4238	-8.4433	-37.3623
27	J[28]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	17.686	54.9393	17.7324	52.8344	17.6396	52.7935	54.9393	247.5
27	J[28]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	13.343	-11.2782	13.324	-11.2867	13.3621	-11.2698	-11.2867	-37.3623
28	I[28]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	21.9936	99.8704	22.0367	94.9327	21.9505	94.8947	99.8704	247.5
28	I[28]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	14.2935	-18.9065	14.2704	-18.9167	14.3166	-18.8964	-18.9167	-37.3623

Elem	Part	Girder/Slab	Comp./Tens.	LCom Name	Type	CHK	FT kgf/cm ²	FB kgf/cm ²	FTL kgf/cm ²	FBL kgf/cm ²	FTR kgf/cm ²	FBR kgf/cm ²	FMAX kgf/cm ²	ALW kgf/cm ²
28	J[29]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	24.0302	105.245	24.068	99.9067	23.9924	99.8734	105.245	247.5
28	J[29]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	16.9866	-22.4688	16.9671	-22.4774	17.0061	-22.4602	-22.4774	-37.3623
29	I[29]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	24.0291	105.2545	24.0669	99.9153	23.9914	99.882	105.2545	247.5
29	I[29]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	16.9866	-22.4688	16.9671	-22.4774	17.0061	-22.4602	-22.4774	-37.3623
29	J[30]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	23.5742	110.5244	23.6066	104.604	23.5418	104.5754	110.5244	247.5
29	J[30]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	17.8536	-23.6156	17.8377	-23.6226	17.8695	-23.6086	-23.6226	-37.3623
30	I[30]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	18.8306	61.2503	18.8686	58.5345	18.7926	58.501	61.2503	247.5
30	I[30]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	16.6664	-14.0874	16.6533	-14.0931	16.6795	-14.0816	-14.0931	-37.3623
30	J[31]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	14.2474	65.3953	14.2811	61.9109	14.2137	61.8811	65.3953	247.5
30	J[31]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	15.8257	-13.4222	15.8156	-13.4267	15.8358	-13.4177	-13.4267	-37.3623
31	I[31]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	17.4327	119.2407	17.4659	112.0548	17.3996	112.0256	119.2407	247.5
31	I[31]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	16.9799	-22.5903	16.9641	-22.5972	16.9956	-22.5833	-22.5972	-37.3623
31	J[32]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	17.2233	103.7848	17.2511	97.6111	17.1954	97.5865	103.7848	247.5
31	J[32]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	14.8678	-20.202	14.8554	-20.2075	14.8802	-20.1965	-20.2075	-37.3623
32	I[32]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	17.2183	103.7935	17.2465	97.6189	17.1901	97.594	103.7935	247.5
32	I[32]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	14.8667	-20.2031	14.8541	-20.2087	14.8793	-20.1976	-20.2087	-37.3623
32	J[33]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	21.0311	90.1036	21.0543	85.1029	21.0079	85.0825	90.1036	247.5
32	J[33]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	10.2807	-14.2865	10.2714	-14.2906	10.29	-14.2823	-14.2906	-37.3623
33	I[33]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	21.0272	90.1045	21.0535	85.1048	21.0008	85.0816	90.1045	247.5
33	I[33]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	10.2795	-14.2877	10.2683	-14.2926	10.2906	-14.2828	-14.2926	-37.3623
33	J[34]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	27.9697	75.452	27.9914	71.9314	27.948	71.9123	75.452	247.5
33	J[34]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	3.4968	-4.9822	3.4887	-4.9858	3.5049	-4.9786	-4.9858	-18.6418
34	I[34]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	15.2044	30.1097	15.206	29.0204	15.2028	29.0191	30.1097	247.5
34	I[34]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	2.5263	-2.6679	2.5253	-2.6684	2.5274	-2.6675	-2.6684	-18.6418
34	J[35]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	13.1761	31.0389	13.1761	29.6878	13.1761	29.6878	31.0389	247.5
34	J[35]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	0	0	0	0	0	0	0	-18.6418

Check stress for cross section at service loads due to 4 BTS Carriages Case

Elem	Part	Girder/Slab	Comp./Tens.	LCom Name	Type	CHK	FT kgf/cm ²	FB kgf/cm ²	FTL kgf/cm ²	FBL kgf/cm ²	FTR kgf/cm ²	FBR kgf/cm ²	FMAX kgf/cm ²	ALW kgf/cm ²
1	I[1]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	6.9682	37.8272	6.9682	35.493	6.9682	35.493	37.8272	247.5
1	I[1]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	0	0	0	0	0	0	0	-18.6418
1	J[2]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	10.2663	35.3867	10.2694	33.5579	10.2633	33.5552	35.3867	247.5
1	J[2]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	4.4642	-4.7046	4.4621	-4.7055	4.4663	-4.7037	-4.7055	-18.6418
2	I[2]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	21.0194	85.8331	21.0433	81.0556	20.9955	81.0346	85.8331	247.5
2	I[2]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	6.1975	-8.7762	6.188	-8.7804	6.2071	-8.772	-8.7804	-18.6418
2	J[3]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	9.1621	107.0676	9.1902	99.9335	9.134	99.9087	107.0676	247.5
2	J[3]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	11.8098	-16.2885	11.7972	-16.294	11.8223	-16.2829	-16.294	-37.3623
3	I[3]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	9.1656	107.066	9.1918	99.9314	9.1395	99.9084	107.066	247.5
3	I[3]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	11.8111	-16.2871	11.7997	-16.2921	11.8226	-16.2821	-16.2921	-37.3623
3	J[4]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	1.4526	129.2312	1.4834	119.9756	1.4218	119.9485	129.2312	247.5
3	J[4]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	15.6357	-21.0362	15.6211	-21.0426	15.6502	-21.0298	-21.0426	-37.3623
4	I[4]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	1.1516	69.9345	1.1832	65.0364	1.1199	65.0085	69.9345	247.5
4	I[4]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	14.5377	-12.4157	14.5286	-12.4197	14.5467	-12.4117	-12.4197	-37.3623
4	J[5]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	16.0042	62.854	16.0403	59.7195	15.9681	59.6877	62.854	247.5
4	J[5]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	15.9916	-13.5641	15.9794	-13.5695	16.0038	-13.5587	-13.5695	-37.3623
5	I[5]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	19.2782	115.3975	19.3073	108.6723	19.2491	108.6466	115.3975	247.5
5	I[5]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	17.1619	-22.8246	17.1477	-22.8309	17.1762	-22.8183	-22.8309	-37.3623
5	J[6]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	23.9873	107.0162	24.0218	101.4192	23.9528	101.3888	107.0162	247.5
5	J[6]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	17.8085	-23.5561	17.7905	-23.564	17.8266	-23.5481	-23.564	-37.3623
6	I[6]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	23.9877	107.0119	24.0222	101.4153	23.9532	101.3849	107.0119	247.5
6	I[6]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	17.8085	-23.5561	17.7905	-23.564	17.8266	-23.5481	-23.564	-37.3623
6	J[7]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	24.1018	101.7739	24.1417	96.7242	24.0619	96.689	101.7739	247.5
6	J[7]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	16.5902	-21.9445	16.5684	-21.9541	16.612	-21.9349	-21.9541	-37.3623
7	I[7]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	24.1026	101.7675	24.1425	96.7184	24.0627	96.6832	101.7675	247.5
7	I[7]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	16.5902	-21.9445	16.5684	-21.9541	16.612	-21.9349	-21.9541	-37.3623

Elem	Part	Girder/Slab	Comp./Tens.	LCom Name	Type	CHK	FT kgf/cm ²	FB kgf/cm ²	FTL kgf/cm ²	FBL kgf/cm ²	FTR kgf/cm ²	FBR kgf/cm ²	FMAX kgf/cm ²	ALW kgf/cm ²
7	J[8]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	21.9267	96.1561	21.9719	91.5089	21.8814	91.469	96.1561	247.5
7	J[8]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	13.8239	-18.2855	13.7984	-18.2968	13.8495	-18.2742	-18.2968	-37.3623
8	I[8]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	17.6917	52.8897	17.7396	50.951	17.6438	50.9088	52.8897	247.5
8	I[8]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	12.9047	-10.9078	12.8836	-10.9171	12.9258	-10.8985	-10.9171	-37.3623
8	J[9]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	12.4311	49.5762	12.4827	47.5989	12.3794	47.5534	49.5762	247.5
8	J[9]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	9.4718	-8.0333	9.4476	-8.044	9.496	-8.0226	-8.044	-37.3623
9	I[9]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	15.0956	90.7786	15.1508	86.1738	15.0405	86.1252	90.7786	247.5
9	I[9]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	10.1582	-13.5248	10.1261	-13.5389	10.1903	-13.5106	-13.5389	-37.3623
9	J[10]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	24.3058	63.4814	24.3661	61.814	24.2455	61.7609	63.4814	247.5
9	J[10]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	5.8981	-8.0488	5.8624	-8.0645	5.9338	-8.033	-8.0645	-37.3623
10	I[10]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	25.3107	48.6865	25.3577	48.0461	25.2637	48.0046	48.6865	247.5
10	I[10]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	5.7866	-6.3779	5.7509	-6.3936	5.8223	-6.3621	-6.3936	-37.3623
10	J[11]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MAX	OK	51.1638	14.4831	51.0806	16.6129	51.2471	16.6863	51.2471	247.5
10	J[11]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MIN	OK	-8.4932	9.5443	-8.454	9.5616	-8.5323	9.5271	-8.5323	-37.3623
11	I[11]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MAX	OK	50.6208	20.9248	50.5399	22.4343	50.7016	22.5056	50.7016	247.5
11	I[11]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MIN	OK	-8.6763	12.1174	-8.6312	12.1373	-8.7214	12.0975	-8.7214	-37.3623
11	J[12]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MAX	OK	70.2785	-12.5042	70.1902	-7.0574	70.3667	-6.9796	70.3667	247.5
11	J[12]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MIN	OK	-16.2122	23.2905	-16.1635	23.312	-16.2609	23.2691	-16.2609	-18.6418
12	I[12]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MAX	OK	45.2695	-11.5477	45.2146	-7.8756	45.3243	-7.8272	45.3243	247.5
12	I[12]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MIN	OK	-17.5083	18.5498	-17.4777	18.5633	-17.539	18.5363	-17.539	-18.6418
12	J[13]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MAX	OK	44.9557	-14.755	44.9065	-10.6476	45.0049	-10.6043	45.0049	247.5
12	J[13]	Girder(PSC)	Tension	cLCB5	FX-MAX	OK	44.9557	-14.755	44.9065	-10.6476	45.0049	-10.6043	-14.755	-18.6418
13	I[13]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MAX	OK	68.4157	-15.5675	68.3426	-9.8818	68.4888	-9.8173	68.4888	247.5
13	I[13]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MIN	OK	-16.4431	23.6246	-16.399	23.644	-16.4872	23.6051	-16.4872	-18.6418
13	J[14]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MAX	OK	52.8201	4.8418	52.7528	7.5206	52.8873	7.5799	52.8873	247.5
13	J[14]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MIN	OK	-9.5835	13.3866	-9.5432	13.4043	-9.6238	13.3688	-9.6238	-37.3623
14	I[14]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MAX	OK	53.072	2.0263	53.0007	5.0575	53.1434	5.1204	53.1434	247.5
14	I[14]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MIN	OK	-9.3815	10.5439	-9.3455	10.5598	-9.4174	10.5281	-9.4174	-37.3623

Elem	Part	Girder/Slab	Comp./Tens.	LCom Name	Type	CHK	FT kgf/cm ²	FB kgf/cm ²	FTL kgf/cm ²	FBL kgf/cm ²	FTR kgf/cm ²	FBR kgf/cm ²	FMAX kgf/cm ²	ALW kgf/cm ²
14	J[15]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MAX	OK	45.3061	9.0586	45.2392	10.1712	45.3729	10.2301	45.3729	247.5
14	J[15]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MIN	OK	-7.7014	8.4734	-7.6682	8.488	-7.7346	8.4588	-7.7346	-37.3623
15	I[15]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	21.1594	45.6265	21.2202	46.234	21.0987	46.1804	46.234	247.5
15	I[15]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	5.9166	-8.0723	5.8826	-8.0873	5.9506	-8.0573	-8.0873	-37.3623
15	J[16]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	13.8281	54.8151	13.8852	53.7354	13.771	53.685	54.8151	247.5
15	J[16]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	8.1233	-10.8167	8.0909	-10.831	8.1556	-10.8025	-10.831	-37.3623
16	I[16]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MAX	OK	35.4725	8.9497	35.4401	9.1061	35.5049	9.1347	35.5049	247.5
16	I[16]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	7.5749	-6.4244	7.5512	-6.4349	7.5985	-6.414	-6.4349	-37.3623
16	J[17]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MAX	OK	43.389	2.4256	43.3553	3.3003	43.4227	3.33	43.4227	247.5
16	J[17]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	9.1303	-7.7174	9.1063	-7.728	9.1542	-7.7069	-7.728	-37.3623
17	I[17]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MAX	OK	48.1871	10.2014	48.1372	10.0741	48.2371	10.1182	48.2371	247.5
17	I[17]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	9.7806	-12.9372	9.7517	-12.95	9.8096	-12.9245	-12.95	-37.3623
17	J[18]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MAX	OK	49.5214	9.6015	49.4696	9.5945	49.5731	9.6401	49.5731	247.5
17	J[18]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	9.8632	-13.0464	9.8335	-13.0595	9.8929	-13.0333	-13.0595	-37.3623
18	I[18]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MAX	OK	49.5205	9.6096	49.4687	9.602	49.5722	9.6476	49.5722	247.5
18	I[18]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	9.8632	-13.0464	9.8335	-13.0595	9.8929	-13.0333	-13.0595	-37.3623
18	J[19]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MAX	OK	47.7819	12.0141	47.7283	11.7205	47.8356	11.7678	47.8356	247.5
18	J[19]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	9.7705	-12.9239	9.7399	-12.9374	9.8011	-12.9104	-12.9374	-37.3623
19	I[19]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MAX	OK	42.9672	3.568	42.9306	4.3254	43.0038	4.3577	43.0038	247.5
19	I[19]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	9.1208	-7.7094	9.0956	-7.7206	9.1461	-7.6983	-7.7206	-37.3623
19	J[20]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MAX	OK	34.7437	10.2658	34.7046	10.2683	34.7827	10.3027	34.7827	247.5
19	J[20]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	7.5601	-6.4119	7.5334	-6.4236	7.5867	-6.4001	-6.4236	-37.3623
20	I[20]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	13.1916	56.5548	13.253	55.2834	13.1301	55.2292	56.5548	247.5
20	I[20]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	8.1074	-10.7956	8.0714	-10.8114	8.1433	-10.7797	-10.8114	-37.3623
20	J[21]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	20.5609	47.5384	20.6261	47.9409	20.4957	47.8834	47.9409	247.5
20	J[21]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	5.8843	-8.0284	5.8461	-8.0452	5.9225	-8.0115	-8.0452	-37.3623
21	I[21]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MAX	OK	44.5839	10.8766	44.5085	11.802	44.6593	11.8685	44.6593	247.5
21	I[21]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MIN	OK	-7.6473	8.4139	-7.6107	8.43	-7.6839	8.3978	-7.6839	-37.3623

Elem	Part	Girder/Slab	Comp./Tens.	LCom Name	Type	CHK	FT kgf/cm ²	FB kgf/cm ²	FTL kgf/cm ²	FBL kgf/cm ²	FTR kgf/cm ²	FBR kgf/cm ²	FMAX kgf/cm ²	ALW kgf/cm ²
21	J[22]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MAX	OK	52.6336	3.9139	52.5542	6.7748	52.7131	6.8449	52.7131	247.5
21	J[22]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MIN	OK	-9.3755	10.5372	-9.3369	10.5542	-9.4141	10.5202	-9.4141	-37.3623
22	I[22]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MAX	OK	52.3407	7.0763	52.2646	9.5566	52.4167	9.6237	52.4167	247.5
22	I[22]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MIN	OK	-9.5774	13.3781	-9.5342	13.3972	-9.6207	13.359	-9.6207	-37.3623
22	J[23]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MAX	OK	68.3554	-13.5356	68.2755	-8.0166	68.4352	-7.9462	68.4352	247.5
22	J[23]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MIN	OK	-16.4349	23.6129	-16.3896	23.6328	-16.4802	23.5929	-16.4802	-18.6418
23	I[23]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MAX	OK	43.9603	-11.4004	43.9039	-7.7571	44.0168	-7.7073	44.0168	247.5
23	I[23]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MIN	OK	-17.6737	18.725	-17.6445	18.7379	-17.7028	18.7121	-17.7028	-18.6418
23	J[24]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MAX	OK	46.1304	-12.9837	46.0782	-9.0132	46.1826	-8.9671	46.1826	247.5
23	J[24]	Girder(PSC)	Tension	cLCB5	FX-MAX	OK	46.1304	-12.9837	46.0782	-9.0132	46.1826	-8.9671	-12.9837	-18.6418
24	I[24]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MAX	OK	70.6031	-10.4684	70.5249	-5.1531	70.6812	-5.0842	70.6812	247.5
24	I[24]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MIN	OK	-16.1981	23.2703	-16.1535	23.2899	-16.2427	23.2506	-16.2427	-18.6418
24	J[25]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	32.1887	49.4813	32.2602	50.8391	32.1172	50.7761	50.8391	247.5
24	J[25]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MIN	OK	-8.384	11.7091	-8.3429	11.7273	-8.4251	11.691	-8.4251	-37.3623
25	I[25]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MAX	OK	51.1834	16.5198	51.1073	18.4972	51.2595	18.5643	51.2595	247.5
25	I[25]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MIN	OK	-8.207	9.2228	-8.1708	9.2387	-8.2432	9.2068	-8.2432	-37.3623
25	J[26]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	25.3105	51.2347	25.3547	50.399	25.2663	50.36	51.2347	247.5
25	J[26]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	6.1306	-6.7557	6.0977	-6.7703	6.1636	-6.7412	-6.7703	-37.3623
26	I[26]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	24.2527	66.9083	24.3127	64.9762	24.1927	64.9232	66.9083	247.5
26	I[26]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	6.2489	-8.5258	6.2148	-8.5408	6.2829	-8.5108	-8.5408	-37.3623
26	J[27]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	15.1503	94.7457	15.2052	89.8372	15.0955	89.7888	94.7457	247.5
26	J[27]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	10.665	-14.198	10.6345	-14.2115	10.6956	-14.1845	-14.2115	-37.3623
27	I[27]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	12.4488	51.6054	12.4998	49.4701	12.3978	49.4251	51.6054	247.5
27	I[27]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	9.9437	-8.4335	9.9212	-8.4435	9.9663	-8.4236	-8.4435	-37.3623
27	J[28]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	17.686	54.9393	17.7332	52.8347	17.6389	52.7931	54.9393	247.5
27	J[28]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	13.343	-11.2782	13.3235	-11.2868	13.3625	-11.2697	-11.2868	-37.3623
28	I[28]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	21.9936	99.8704	22.0376	94.9331	21.9496	94.8943	99.8704	247.5
28	I[28]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	14.2935	-18.9065	14.2698	-18.917	14.3171	-18.8961	-18.917	-37.3623

Elem	Part	Girder/Slab	Comp./Tens.	LCom Name	Type	CHK	FT kgf/cm ²	FB kgf/cm ²	FTL kgf/cm ²	FBL kgf/cm ²	FTR kgf/cm ²	FBR kgf/cm ²	FMAX kgf/cm ²	ALW kgf/cm ²
28	J[29]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	24.0302	105.245	24.0687	99.907	23.9916	99.873	105.245	247.5
28	J[29]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	16.9866	-22.4688	16.9667	-22.4776	17.0065	-22.46	-22.4776	-37.3623
29	I[29]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	24.0291	105.2545	24.0677	99.9156	23.9906	99.8817	105.2545	247.5
29	I[29]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	16.9866	-22.4688	16.9667	-22.4776	17.0065	-22.46	-22.4776	-37.3623
29	J[30]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	23.5742	110.5244	23.6072	104.6043	23.5412	104.5752	110.5244	247.5
29	J[30]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	17.8536	-23.6156	17.8373	-23.6228	17.8698	-23.6085	-23.6228	-37.3623
30	I[30]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	18.8306	61.2503	18.8691	58.5347	18.7921	58.5008	61.2503	247.5
30	I[30]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	16.6664	-14.0874	16.653	-14.0933	16.6798	-14.0814	-14.0933	-37.3623
30	J[31]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	14.2474	65.3953	14.2815	61.911	14.2133	61.8809	65.3953	247.5
30	J[31]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	15.8257	-13.4222	15.8154	-13.4268	15.8361	-13.4176	-13.4268	-37.3623
31	I[31]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	17.4327	119.2407	17.4674	112.0554	17.3981	112.0249	119.2407	247.5
31	I[31]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	16.9799	-22.5903	16.9632	-22.5976	16.9965	-22.583	-22.5976	-37.3623
31	J[32]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	17.2233	103.7848	17.2522	97.6116	17.1944	97.5861	103.7848	247.5
31	J[32]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	14.8678	-20.202	14.8548	-20.2077	14.8808	-20.1963	-20.2077	-37.3623
32	I[32]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	17.2183	103.7935	17.2478	97.6194	17.1888	97.5934	103.7935	247.5
32	I[32]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	14.8667	-20.2031	14.8533	-20.209	14.88	-20.1973	-20.209	-37.3623
32	J[33]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	21.0311	90.1036	21.0551	85.1033	21.0071	85.0821	90.1036	247.5
32	J[33]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	10.2807	-14.2865	10.271	-14.2908	10.2905	-14.2822	-14.2908	-37.3623
33	I[33]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	21.0272	90.1045	21.0547	85.1054	20.9996	85.0811	90.1045	247.5
33	I[33]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	10.2795	-14.2877	10.2676	-14.2929	10.2913	-14.2825	-14.2929	-37.3623
33	J[34]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	27.9697	75.452	27.9918	71.9316	27.9477	71.9121	75.452	247.5
33	J[34]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	3.4968	-4.9822	3.4885	-4.9859	3.5051	-4.9785	-4.9859	-18.6418
34	I[34]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	15.2044	30.1097	15.206	29.0204	15.2028	29.019	30.1097	247.5
34	I[34]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	2.5263	-2.6679	2.5253	-2.6684	2.5274	-2.6675	-2.6684	-18.6418
34	J[35]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	13.1761	31.0389	13.1761	29.6878	13.1761	29.6878	31.0389	247.5
34	J[35]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	0	0	0	0	0	0	0	-18.6418

Check stress for cross section at service loads due to 5 BTS Carriages Case

Elem	Part	Girder/Slab	Comp./Tens.	LCom Name	Type	CHK	FT kgf/cm ²	FB kgf/cm ²	FTL kgf/cm ²	FBL kgf/cm ²	FTR kgf/cm ²	FBR kgf/cm ²	FMAX kgf/cm ²	ALW kgf/cm ²
1	I[1]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	6.9682	37.8272	6.9682	35.493	6.9682	35.493	37.8272	247.5
1	I[1]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	0	0	0	0	0	0	0	-18.6418
1	J[2]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	10.2663	35.3867	10.2694	33.5579	10.2633	33.5552	35.3867	247.5
1	J[2]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	4.4642	-4.7046	4.4621	-4.7055	4.4663	-4.7037	-4.7055	-18.6418
2	I[2]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	21.0194	85.8331	21.0433	81.0556	20.9955	81.0346	85.8331	247.5
2	I[2]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	6.1975	-8.7762	6.188	-8.7804	6.2071	-8.772	-8.7804	-18.6418
2	J[3]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	9.1621	107.0676	9.1902	99.9335	9.134	99.9087	107.0676	247.5
2	J[3]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	11.8098	-16.2885	11.7972	-16.294	11.8223	-16.2829	-16.294	-37.3623
3	I[3]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	9.1656	107.066	9.1918	99.9314	9.1395	99.9084	107.066	247.5
3	I[3]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	11.8111	-16.2871	11.7997	-16.2921	11.8226	-16.2821	-16.2921	-37.3623
3	J[4]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	1.4526	129.2312	1.4834	119.9756	1.4218	119.9485	129.2312	247.5
3	J[4]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	15.6357	-21.0362	15.6211	-21.0426	15.6502	-21.0298	-21.0426	-37.3623
4	I[4]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	1.1516	69.9345	1.1832	65.0364	1.1199	65.0085	69.9345	247.5
4	I[4]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	14.5377	-12.4157	14.5286	-12.4197	14.5467	-12.4117	-12.4197	-37.3623
4	J[5]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	16.0042	62.854	16.0403	59.7195	15.9681	59.6877	62.854	247.5
4	J[5]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	15.9916	-13.5641	15.9794	-13.5695	16.0038	-13.5587	-13.5695	-37.3623
5	I[5]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	19.2782	115.3975	19.3073	108.6723	19.2491	108.6466	115.3975	247.5
5	I[5]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	17.1619	-22.8246	17.1477	-22.8309	17.1762	-22.8183	-22.8309	-37.3623
5	J[6]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	23.9873	107.0162	24.0218	101.4192	23.9528	101.3888	107.0162	247.5
5	J[6]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	17.8085	-23.5561	17.7905	-23.564	17.8266	-23.5481	-23.564	-37.3623
6	I[6]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	23.9877	107.0119	24.0222	101.4153	23.9532	101.3849	107.0119	247.5
6	I[6]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	17.8085	-23.5561	17.7905	-23.564	17.8266	-23.5481	-23.564	-37.3623
6	J[7]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	24.1018	101.7739	24.1417	96.7242	24.0619	96.689	101.7739	247.5
6	J[7]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	16.5902	-21.9445	16.5684	-21.9541	16.612	-21.9349	-21.9541	-37.3623
7	I[7]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	24.1026	101.7675	24.1425	96.7184	24.0627	96.6832	101.7675	247.5
7	I[7]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	16.5902	-21.9445	16.5684	-21.9541	16.612	-21.9349	-21.9541	-37.3623

Elem	Part	Girder/Slab	Comp./Tens.	LCom Name	Type	CHK	FT kgf/cm ²	FB kgf/cm ²	FTL kgf/cm ²	FBL kgf/cm ²	FTR kgf/cm ²	FBR kgf/cm ²	FMAX kgf/cm ²	ALW kgf/cm ²
7	J[8]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	21.9267	96.1561	21.9719	91.5089	21.8814	91.469	96.1561	247.5
7	J[8]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	13.8239	-18.2855	13.7984	-18.2968	13.8495	-18.2742	-18.2968	-37.3623
8	I[8]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	17.6917	52.8897	17.7396	50.951	17.6438	50.9088	52.8897	247.5
8	I[8]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	12.9047	-10.9078	12.8836	-10.9171	12.9258	-10.8985	-10.9171	-37.3623
8	J[9]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	12.4311	49.5762	12.4827	47.5989	12.3794	47.5534	49.5762	247.5
8	J[9]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	9.4718	-8.0333	9.4476	-8.044	9.496	-8.0226	-8.044	-37.3623
9	I[9]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	15.0956	90.7786	15.1508	86.1738	15.0405	86.1252	90.7786	247.5
9	I[9]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	10.1582	-13.5248	10.1261	-13.5389	10.1903	-13.5106	-13.5389	-37.3623
9	J[10]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	24.3058	63.4814	24.3661	61.814	24.2455	61.7609	63.4814	247.5
9	J[10]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	5.8981	-8.0488	5.8624	-8.0645	5.9338	-8.033	-8.0645	-37.3623
10	I[10]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	25.3107	48.6865	25.3577	48.0461	25.2637	48.0046	48.6865	247.5
10	I[10]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	5.7866	-6.3779	5.7509	-6.3936	5.8223	-6.3621	-6.3936	-37.3623
10	J[11]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MAX	OK	51.1638	14.4831	51.0806	16.6129	51.2471	16.6863	51.2471	247.5
10	J[11]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MIN	OK	-8.4932	9.5443	-8.454	9.5616	-8.5323	9.5271	-8.5323	-37.3623
11	I[11]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MAX	OK	50.6208	20.9248	50.5399	22.4343	50.7016	22.5056	50.7016	247.5
11	I[11]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MIN	OK	-8.6763	12.1174	-8.6312	12.1373	-8.7214	12.0975	-8.7214	-37.3623
11	J[12]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MAX	OK	70.2785	-12.5042	70.1902	-7.0574	70.3667	-6.9796	70.3667	247.5
11	J[12]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MIN	OK	-16.2122	23.2905	-16.1635	23.312	-16.2609	23.2691	-16.2609	-18.6418
12	I[12]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MAX	OK	45.2695	-11.5477	45.2146	-7.8756	45.3243	-7.8272	45.3243	247.5
12	I[12]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MIN	OK	-17.5083	18.5498	-17.4777	18.5633	-17.539	18.5363	-17.539	-18.6418
12	J[13]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MAX	OK	44.9557	-14.755	44.9065	-10.6476	45.0049	-10.6043	45.0049	247.5
12	J[13]	Girder(PSC)	Tension	cLCB5	FX-MAX	OK	44.9557	-14.755	44.9065	-10.6476	45.0049	-10.6043	-14.755	-18.6418
13	I[13]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MAX	OK	68.4157	-15.5675	68.3426	-9.8818	68.4888	-9.8173	68.4888	247.5
13	I[13]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MIN	OK	-16.4431	23.6246	-16.399	23.644	-16.4872	23.6051	-16.4872	-18.6418
13	J[14]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MAX	OK	52.8201	4.8418	52.7528	7.5206	52.8873	7.5799	52.8873	247.5
13	J[14]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MIN	OK	-9.5835	13.3866	-9.5432	13.4043	-9.6238	13.3688	-9.6238	-37.3623
14	I[14]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MAX	OK	53.072	2.0263	53.0007	5.0575	53.1434	5.1204	53.1434	247.5
14	I[14]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MIN	OK	-9.3815	10.5439	-9.3455	10.5598	-9.4174	10.5281	-9.4174	-37.3623

Elem	Part	Girder/Slab	Comp./Tens.	LCom Name	Type	CHK	FT kgf/cm ²	FB kgf/cm ²	FTL kgf/cm ²	FBL kgf/cm ²	FTR kgf/cm ²	FBR kgf/cm ²	FMAX kgf/cm ²	ALW kgf/cm ²
14	J[15]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MAX	OK	45.3061	9.0586	45.2392	10.1712	45.3729	10.2301	45.3729	247.5
14	J[15]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MIN	OK	-7.7014	8.4734	-7.6682	8.488	-7.7346	8.4588	-7.7346	-37.3623
15	I[15]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	21.1594	45.6265	21.2202	46.234	21.0987	46.1804	46.234	247.5
15	I[15]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	5.9166	-8.0723	5.8826	-8.0873	5.9506	-8.0573	-8.0873	-37.3623
15	J[16]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	13.8281	54.8151	13.8852	53.7354	13.7709	53.685	54.8151	247.5
15	J[16]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	8.1233	-10.8167	8.0909	-10.831	8.1557	-10.8024	-10.831	-37.3623
16	I[16]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MAX	OK	35.4725	8.9497	35.4401	9.1061	35.5049	9.1347	35.5049	247.5
16	I[16]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	7.5749	-6.4244	7.5512	-6.4349	7.5985	-6.414	-6.4349	-37.3623
16	J[17]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MAX	OK	43.389	2.4256	43.3552	3.3002	43.4228	3.33	43.4228	247.5
16	J[17]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	9.1303	-7.7174	9.1063	-7.728	9.1543	-7.7068	-7.728	-37.3623
17	I[17]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MAX	OK	48.1871	10.2014	48.137	10.0741	48.2372	10.1183	48.2372	247.5
17	I[17]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	9.7806	-12.9372	9.7516	-12.9501	9.8097	-12.9244	-12.9501	-37.3623
17	J[18]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MAX	OK	49.5214	9.6015	49.4695	9.5945	49.5732	9.6402	49.5732	247.5
17	J[18]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	9.8632	-13.0464	9.8334	-13.0596	9.893	-13.0333	-13.0596	-37.3623
18	I[18]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MAX	OK	49.5205	9.6096	49.4686	9.602	49.5723	9.6477	49.5723	247.5
18	I[18]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	9.8632	-13.0464	9.8334	-13.0596	9.893	-13.0333	-13.0596	-37.3623
18	J[19]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MAX	OK	47.7819	12.0141	47.7282	11.7205	47.8356	11.7678	47.8356	247.5
18	J[19]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	9.7705	-12.9239	9.7399	-12.9374	9.8012	-12.9104	-12.9374	-37.3623
19	I[19]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MAX	OK	42.9672	3.568	42.9306	4.3254	43.0039	4.3577	43.0039	247.5
19	I[19]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	9.1208	-7.7094	9.0955	-7.7206	9.1461	-7.6983	-7.7206	-37.3623
19	J[20]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MAX	OK	34.7437	10.2658	34.7046	10.2683	34.7828	10.3027	34.7828	247.5
19	J[20]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	7.5601	-6.4119	7.5334	-6.4236	7.5867	-6.4001	-6.4236	-37.3623
20	I[20]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	13.1916	56.5548	13.2531	55.2834	13.1301	55.2292	56.5548	247.5
20	I[20]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	8.1074	-10.7956	8.0714	-10.8114	8.1434	-10.7797	-10.8114	-37.3623
20	J[21]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	20.5609	47.5384	20.6262	47.9409	20.4957	47.8833	47.9409	247.5
20	J[21]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	5.8843	-8.0284	5.8461	-8.0452	5.9225	-8.0115	-8.0452	-37.3623
21	I[21]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MAX	OK	44.5839	10.8766	44.5085	11.802	44.6593	11.8685	44.6593	247.5
21	I[21]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MIN	OK	-7.6473	8.4139	-7.6107	8.43	-7.6839	8.3978	-7.6839	-37.3623

Elem	Part	Girder/Slab	Comp./Tens.	LCom Name	Type	CHK	FT kgf/cm ²	FB kgf/cm ²	FTL kgf/cm ²	FBL kgf/cm ²	FTR kgf/cm ²	FBR kgf/cm ²	FMAX kgf/cm ²	ALW kgf/cm ²
21	J[22]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MAX	OK	52.6336	3.9139	52.5542	6.7748	52.7131	6.8449	52.7131	247.5
21	J[22]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MIN	OK	-9.3755	10.5372	-9.3369	10.5542	-9.4141	10.5202	-9.4141	-37.3623
22	I[22]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MAX	OK	52.3407	7.0763	52.2646	9.5566	52.4167	9.6237	52.4167	247.5
22	I[22]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MIN	OK	-9.5774	13.3781	-9.5342	13.3972	-9.6207	13.359	-9.6207	-37.3623
22	J[23]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MAX	OK	68.3554	-13.5356	68.2755	-8.0166	68.4352	-7.9462	68.4352	247.5
22	J[23]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MIN	OK	-16.4349	23.6129	-16.3896	23.6328	-16.4802	23.5929	-16.4802	-18.6418
23	I[23]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MAX	OK	43.9603	-11.4004	43.9039	-7.7571	44.0168	-7.7073	44.0168	247.5
23	I[23]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MIN	OK	-17.6737	18.725	-17.6445	18.7379	-17.7028	18.7121	-17.7028	-18.6418
23	J[24]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MAX	OK	46.1304	-12.9837	46.0782	-9.0132	46.1826	-8.9671	46.1826	247.5
23	J[24]	Girder(PSC)	Tension	cLCB5	FX-MAX	OK	46.1304	-12.9837	46.0782	-9.0132	46.1826	-8.9671	-12.9837	-18.6418
24	I[24]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MAX	OK	70.6031	-10.4684	70.5249	-5.1531	70.6812	-5.0842	70.6812	247.5
24	I[24]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MIN	OK	-16.1981	23.2703	-16.1535	23.2899	-16.2427	23.2506	-16.2427	-18.6418
24	J[25]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	32.1887	49.4813	32.2602	50.8391	32.1172	50.7761	50.8391	247.5
24	J[25]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MIN	OK	-8.384	11.7091	-8.3429	11.7273	-8.4251	11.691	-8.4251	-37.3623
25	I[25]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MAX	OK	51.1834	16.5198	51.1073	18.4972	51.2595	18.5643	51.2595	247.5
25	I[25]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MIN	OK	-8.207	9.2228	-8.1708	9.2387	-8.2432	9.2068	-8.2432	-37.3623
25	J[26]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	25.3105	51.2347	25.3547	50.399	25.2663	50.36	51.2347	247.5
25	J[26]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	6.1306	-6.7557	6.0977	-6.7703	6.1636	-6.7412	-6.7703	-37.3623
26	I[26]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	24.2527	66.9083	24.3127	64.9762	24.1927	64.9232	66.9083	247.5
26	I[26]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	6.2489	-8.5258	6.2148	-8.5408	6.2829	-8.5108	-8.5408	-37.3623
26	J[27]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	15.1503	94.7457	15.2052	89.8372	15.0955	89.7888	94.7457	247.5
26	J[27]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	10.665	-14.198	10.6345	-14.2115	10.6956	-14.1845	-14.2115	-37.3623
27	I[27]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	12.4488	51.6054	12.4998	49.4701	12.3978	49.4251	51.6054	247.5
27	I[27]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	9.9437	-8.4335	9.9212	-8.4435	9.9663	-8.4236	-8.4435	-37.3623
27	J[28]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	17.686	54.9393	17.7332	52.8347	17.6389	52.7931	54.9393	247.5
27	J[28]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	13.343	-11.2782	13.3235	-11.2868	13.3625	-11.2697	-11.2868	-37.3623
28	I[28]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	21.9936	99.8704	22.0376	94.9331	21.9496	94.8943	99.8704	247.5
28	I[28]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	14.2935	-18.9065	14.2698	-18.917	14.3171	-18.8961	-18.917	-37.3623

Elem	Part	Girder/Slab	Comp./Tens.	LCom Name	Type	CHK	FT kgf/cm ²	FB kgf/cm ²	FTL kgf/cm ²	FBL kgf/cm ²	FTR kgf/cm ²	FBR kgf/cm ²	FMAX kgf/cm ²	ALW kgf/cm ²
28	J[29]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	24.0302	105.245	24.0687	99.907	23.9916	99.873	105.245	247.5
28	J[29]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	16.9866	-22.4688	16.9666	-22.4776	17.0065	-22.46	-22.4776	-37.3623
29	I[29]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	24.0291	105.2545	24.0677	99.9156	23.9906	99.8817	105.2545	247.5
29	I[29]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	16.9866	-22.4688	16.9666	-22.4776	17.0065	-22.46	-22.4776	-37.3623
29	J[30]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	23.5742	110.5244	23.6072	104.6043	23.5412	104.5752	110.5244	247.5
29	J[30]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	17.8536	-23.6156	17.8373	-23.6228	17.8698	-23.6085	-23.6228	-37.3623
30	I[30]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	18.8306	61.2503	18.8691	58.5347	18.7921	58.5008	61.2503	247.5
30	I[30]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	16.6664	-14.0874	16.653	-14.0933	16.6798	-14.0814	-14.0933	-37.3623
30	J[31]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	14.2474	65.3953	14.2815	61.911	14.2133	61.8809	65.3953	247.5
30	J[31]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	15.8257	-13.4222	15.8154	-13.4268	15.8361	-13.4176	-13.4268	-37.3623
31	I[31]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	17.4327	119.2407	17.4674	112.0554	17.3981	112.0249	119.2407	247.5
31	I[31]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	16.9799	-22.5903	16.9632	-22.5976	16.9965	-22.583	-22.5976	-37.3623
31	J[32]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	17.2233	103.7848	17.2522	97.6116	17.1944	97.5861	103.7848	247.5
31	J[32]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	14.8678	-20.202	14.8548	-20.2077	14.8808	-20.1963	-20.2077	-37.3623
32	I[32]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	17.2183	103.7935	17.2478	97.6194	17.1888	97.5934	103.7935	247.5
32	I[32]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	14.8667	-20.2031	14.8533	-20.209	14.88	-20.1973	-20.209	-37.3623
32	J[33]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	21.0311	90.1036	21.0551	85.1033	21.0071	85.0821	90.1036	247.5
32	J[33]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	10.2807	-14.2864	10.271	-14.2907	10.2905	-14.2821	-14.2907	-37.3623
33	I[33]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	21.0272	90.1045	21.0547	85.1054	20.9996	85.0811	90.1045	247.5
33	I[33]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	10.2795	-14.2877	10.2676	-14.2929	10.2913	-14.2825	-14.2929	-37.3623
33	J[34]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	27.9697	75.452	27.9918	71.9316	27.9477	71.9121	75.452	247.5
33	J[34]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	3.4968	-4.9822	3.4885	-4.9859	3.5051	-4.9785	-4.9859	-18.6418
34	I[34]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	15.2044	30.1097	15.206	29.0204	15.2028	29.019	30.1097	247.5
34	I[34]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	2.5263	-2.6679	2.5253	-2.6684	2.5274	-2.6675	-2.6684	-18.6418
34	J[35]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	13.1761	31.0389	13.1761	29.6878	13.1761	29.6878	31.0389	247.5
34	J[35]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	0	0	0	0	0	0	0	-18.6418

Check stress for cross section at service loads due to 6 BTS Carriages Case

Elem	Part	Girder/Slab	Comp./Tens.	LCom Name	Type	CHK	FT kgf/cm ²	FB kgf/cm ²	FTL kgf/cm ²	FBL kgf/cm ²	FTR kgf/cm ²	FBR kgf/cm ²	FMAX kgf/cm ²	ALW kgf/cm ²
1	I[1]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	6.9682	37.8272	6.9682	35.493	6.9682	35.493	37.8272	247.5
1	I[1]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	0	0	0	0	0	0	0	-18.6418
1	J[2]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	10.2663	35.3867	10.2694	33.5579	10.2633	33.5552	35.3867	247.5
1	J[2]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	4.4642	-4.7046	4.4621	-4.7055	4.4663	-4.7037	-4.7055	-18.6418
2	I[2]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	21.0194	85.8331	21.0433	81.0556	20.9955	81.0346	85.8331	247.5
2	I[2]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	6.1975	-8.7762	6.188	-8.7804	6.2071	-8.772	-8.7804	-18.6418
2	J[3]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	9.1621	107.0676	9.1902	99.9335	9.134	99.9087	107.0676	247.5
2	J[3]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	11.8098	-16.2885	11.7972	-16.294	11.8223	-16.2829	-16.294	-37.3623
3	I[3]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	9.1656	107.066	9.1918	99.9314	9.1395	99.9084	107.066	247.5
3	I[3]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	11.8111	-16.2871	11.7997	-16.2921	11.8226	-16.2821	-16.2921	-37.3623
3	J[4]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	1.4526	129.2312	1.4834	119.9756	1.4218	119.9485	129.2312	247.5
3	J[4]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	15.6357	-21.0362	15.6211	-21.0426	15.6502	-21.0298	-21.0426	-37.3623
4	I[4]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	1.1516	69.9345	1.1832	65.0364	1.1199	65.0085	69.9345	247.5
4	I[4]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	14.5377	-12.4157	14.5286	-12.4197	14.5467	-12.4117	-12.4197	-37.3623
4	J[5]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	16.0042	62.854	16.0403	59.7195	15.9681	59.6877	62.854	247.5
4	J[5]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	15.9916	-13.5641	15.9794	-13.5695	16.0038	-13.5587	-13.5695	-37.3623
5	I[5]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	19.2782	115.3975	19.3073	108.6723	19.2491	108.6466	115.3975	247.5
5	I[5]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	17.1619	-22.8246	17.1477	-22.8309	17.1762	-22.8183	-22.8309	-37.3623
5	J[6]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	23.9873	107.0162	24.0218	101.4192	23.9528	101.3888	107.0162	247.5
5	J[6]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	17.8085	-23.5561	17.7905	-23.564	17.8266	-23.5481	-23.564	-37.3623
6	I[6]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	23.9877	107.0119	24.0222	101.4153	23.9532	101.3849	107.0119	247.5
6	I[6]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	17.8085	-23.5561	17.7905	-23.564	17.8266	-23.5481	-23.564	-37.3623
6	J[7]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	24.1018	101.7739	24.1417	96.7242	24.0619	96.689	101.7739	247.5
6	J[7]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	16.5902	-21.9445	16.5684	-21.9541	16.612	-21.9349	-21.9541	-37.3623
7	I[7]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	24.1026	101.7675	24.1425	96.7184	24.0627	96.6832	101.7675	247.5
7	I[7]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	16.5902	-21.9445	16.5684	-21.9541	16.612	-21.9349	-21.9541	-37.3623

Elem	Part	Girder/Slab	Comp./Tens.	LCom Name	Type	CHK	FT kgf/cm ²	FB kgf/cm ²	FTL kgf/cm ²	FBL kgf/cm ²	FTR kgf/cm ²	FBR kgf/cm ²	FMAX kgf/cm ²	ALW kgf/cm ²
7	J[8]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	21.9267	96.1561	21.9719	91.5089	21.8814	91.469	96.1561	247.5
7	J[8]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	13.8239	-18.2855	13.7984	-18.2968	13.8495	-18.2742	-18.2968	-37.3623
8	I[8]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	17.6917	52.8897	17.7396	50.951	17.6438	50.9088	52.8897	247.5
8	I[8]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	12.9047	-10.9078	12.8836	-10.9171	12.9258	-10.8985	-10.9171	-37.3623
8	J[9]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	12.4311	49.5762	12.4827	47.5989	12.3794	47.5534	49.5762	247.5
8	J[9]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	9.4718	-8.0333	9.4476	-8.044	9.496	-8.0226	-8.044	-37.3623
9	I[9]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	15.0956	90.7786	15.1508	86.1738	15.0405	86.1252	90.7786	247.5
9	I[9]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	10.1582	-13.5248	10.1261	-13.5389	10.1903	-13.5106	-13.5389	-37.3623
9	J[10]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	24.3058	63.4814	24.3661	61.814	24.2455	61.7609	63.4814	247.5
9	J[10]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	5.8981	-8.0488	5.8624	-8.0645	5.9338	-8.033	-8.0645	-37.3623
10	I[10]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	25.3107	48.6865	25.3577	48.0461	25.2637	48.0046	48.6865	247.5
10	I[10]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	5.7866	-6.3779	5.7509	-6.3936	5.8223	-6.3621	-6.3936	-37.3623
10	J[11]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MAX	OK	51.1638	14.4831	51.0806	16.6129	51.2471	16.6863	51.2471	247.5
10	J[11]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MIN	OK	-8.4932	9.5443	-8.454	9.5616	-8.5323	9.5271	-8.5323	-37.3623
11	I[11]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MAX	OK	50.6208	20.9248	50.5399	22.4343	50.7016	22.5056	50.7016	247.5
11	I[11]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MIN	OK	-8.6763	12.1174	-8.6312	12.1373	-8.7214	12.0975	-8.7214	-37.3623
11	J[12]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MAX	OK	70.2785	-12.5042	70.1902	-7.0574	70.3667	-6.9796	70.3667	247.5
11	J[12]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MIN	OK	-16.2122	23.2905	-16.1635	23.312	-16.2609	23.2691	-16.2609	-18.6418
12	I[12]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MAX	OK	45.2695	-11.5477	45.2146	-7.8756	45.3243	-7.8272	45.3243	247.5
12	I[12]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MIN	OK	-17.5083	18.5498	-17.4777	18.5633	-17.539	18.5363	-17.539	-18.6418
12	J[13]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MAX	OK	44.9557	-14.755	44.9065	-10.6476	45.0049	-10.6043	45.0049	247.5
12	J[13]	Girder(PSC)	Tension	cLCB5	FX-MAX	OK	44.9557	-14.755	44.9065	-10.6476	45.0049	-10.6043	-14.755	-18.6418
13	I[13]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MAX	OK	68.4157	-15.5675	68.3426	-9.8818	68.4888	-9.8173	68.4888	247.5
13	I[13]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MIN	OK	-16.4431	23.6246	-16.399	23.644	-16.4872	23.6051	-16.4872	-18.6418
13	J[14]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MAX	OK	52.8201	4.8418	52.7528	7.5206	52.8873	7.5799	52.8873	247.5
13	J[14]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MIN	OK	-9.5835	13.3866	-9.5432	13.4043	-9.6238	13.3688	-9.6238	-37.3623
14	I[14]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MAX	OK	53.072	2.0263	53.0007	5.0575	53.1434	5.1204	53.1434	247.5
14	I[14]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MIN	OK	-9.3815	10.5439	-9.3455	10.5598	-9.4174	10.5281	-9.4174	-37.3623

Elem	Part	Girder/Slab	Comp./Tens.	LCom Name	Type	CHK	FT kgf/cm ²	FB kgf/cm ²	FTL kgf/cm ²	FBL kgf/cm ²	FTR kgf/cm ²	FBR kgf/cm ²	FMAX kgf/cm ²	ALW kgf/cm ²
14	J[15]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MAX	OK	45.3061	9.0586	45.2392	10.1712	45.3729	10.2301	45.3729	247.5
14	J[15]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MIN	OK	-7.7014	8.4734	-7.6682	8.488	-7.7346	8.4588	-7.7346	-37.3623
15	I[15]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	21.1594	45.6265	21.2202	46.234	21.0987	46.1804	46.234	247.5
15	I[15]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	5.9166	-8.0723	5.8826	-8.0873	5.9506	-8.0573	-8.0873	-37.3623
15	J[16]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	13.8281	54.8151	13.8852	53.7354	13.7709	53.685	54.8151	247.5
15	J[16]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	8.1233	-10.8167	8.0909	-10.831	8.1557	-10.8024	-10.831	-37.3623
16	I[16]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MAX	OK	35.4725	8.9497	35.4401	9.1061	35.5049	9.1347	35.5049	247.5
16	I[16]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	7.5749	-6.4244	7.5512	-6.4349	7.5986	-6.414	-6.4349	-37.3623
16	J[17]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MAX	OK	43.389	2.4256	43.3552	3.3002	43.4228	3.33	43.4228	247.5
16	J[17]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	9.1303	-7.7174	9.1063	-7.728	9.1543	-7.7068	-7.728	-37.3623
17	I[17]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MAX	OK	48.1871	10.2014	48.137	10.0741	48.2372	10.1182	48.2372	247.5
17	I[17]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	9.7807	-12.9372	9.7516	-12.9501	9.8097	-12.9244	-12.9501	-37.3623
17	J[18]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MAX	OK	49.5214	9.6015	49.4695	9.5945	49.5732	9.6402	49.5732	247.5
17	J[18]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	9.8632	-13.0464	9.8334	-13.0596	9.893	-13.0333	-13.0596	-37.3623
18	I[18]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MAX	OK	49.5205	9.6096	49.4686	9.602	49.5723	9.6477	49.5723	247.5
18	I[18]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	9.8632	-13.0464	9.8334	-13.0596	9.893	-13.0333	-13.0596	-37.3623
18	J[19]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MAX	OK	47.7819	12.0141	47.7282	11.7205	47.8357	11.7678	47.8357	247.5
18	J[19]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	9.7705	-12.9239	9.7399	-12.9374	9.8012	-12.9104	-12.9374	-37.3623
19	I[19]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MAX	OK	42.9672	3.568	42.9306	4.3254	43.0039	4.3577	43.0039	247.5
19	I[19]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	9.1208	-7.7094	9.0955	-7.7206	9.1461	-7.6983	-7.7206	-37.3623
19	J[20]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MAX	OK	34.7437	10.2658	34.7046	10.2683	34.7828	10.3027	34.7828	247.5
19	J[20]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	7.5601	-6.4119	7.5334	-6.4236	7.5867	-6.4001	-6.4236	-37.3623
20	I[20]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	13.1916	56.5548	13.2531	55.2834	13.1301	55.2292	56.5548	247.5
20	I[20]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	8.1074	-10.7956	8.0714	-10.8114	8.1434	-10.7797	-10.8114	-37.3623
20	J[21]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	20.5609	47.5384	20.6262	47.9409	20.4957	47.8833	47.9409	247.5
20	J[21]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	5.8843	-8.0284	5.8461	-8.0452	5.9225	-8.0115	-8.0452	-37.3623
21	I[21]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MAX	OK	44.5839	10.8766	44.5085	11.802	44.6593	11.8685	44.6593	247.5
21	I[21]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MIN	OK	-7.6473	8.4139	-7.6107	8.43	-7.6839	8.3978	-7.6839	-37.3623

Elem	Part	Girder/Slab	Comp./Tens.	LCom Name	Type	CHK	FT kgf/cm ²	FB kgf/cm ²	FTL kgf/cm ²	FBL kgf/cm ²	FTR kgf/cm ²	FBR kgf/cm ²	FMAX kgf/cm ²	ALW kgf/cm ²
21	J[22]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MAX	OK	52.6336	3.9139	52.5542	6.7748	52.7131	6.8449	52.7131	247.5
21	J[22]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MIN	OK	-9.3755	10.5372	-9.3369	10.5542	-9.4141	10.5202	-9.4141	-37.3623
22	I[22]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MAX	OK	52.3407	7.0763	52.2646	9.5566	52.4167	9.6237	52.4167	247.5
22	I[22]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MIN	OK	-9.5774	13.3781	-9.5342	13.3972	-9.6207	13.359	-9.6207	-37.3623
22	J[23]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MAX	OK	68.3554	-13.5356	68.2755	-8.0166	68.4352	-7.9462	68.4352	247.5
22	J[23]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MIN	OK	-16.4349	23.6129	-16.3896	23.6328	-16.4802	23.5929	-16.4802	-18.6418
23	I[23]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MAX	OK	43.9603	-11.4004	43.9039	-7.7571	44.0168	-7.7073	44.0168	247.5
23	I[23]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MIN	OK	-17.6737	18.725	-17.6445	18.7379	-17.7028	18.7121	-17.7028	-18.6418
23	J[24]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MAX	OK	46.1304	-12.9837	46.0782	-9.0132	46.1826	-8.9671	46.1826	247.5
23	J[24]	Girder(PSC)	Tension	cLCB5	FX-MAX	OK	46.1304	-12.9837	46.0782	-9.0132	46.1826	-8.9671	-12.9837	-18.6418
24	I[24]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MAX	OK	70.6031	-10.4684	70.5249	-5.1531	70.6812	-5.0842	70.6812	247.5
24	I[24]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MIN	OK	-16.1981	23.2703	-16.1535	23.2899	-16.2427	23.2506	-16.2427	-18.6418
24	J[25]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	32.1887	49.4813	32.2602	50.8391	32.1172	50.7761	50.8391	247.5
24	J[25]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MIN	OK	-8.384	11.7091	-8.3429	11.7273	-8.4251	11.691	-8.4251	-37.3623
25	I[25]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MAX	OK	51.1834	16.5198	51.1073	18.4972	51.2595	18.5643	51.2595	247.5
25	I[25]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MIN	OK	-8.207	9.2228	-8.1708	9.2387	-8.2432	9.2068	-8.2432	-37.3623
25	J[26]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	25.3105	51.2347	25.3547	50.399	25.2663	50.36	51.2347	247.5
25	J[26]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	6.1306	-6.7557	6.0977	-6.7703	6.1636	-6.7412	-6.7703	-37.3623
26	I[26]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	24.2527	66.9083	24.3127	64.9762	24.1927	64.9232	66.9083	247.5
26	I[26]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	6.2489	-8.5258	6.2148	-8.5408	6.2829	-8.5108	-8.5408	-37.3623
26	J[27]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	15.1503	94.7457	15.2052	89.8372	15.0955	89.7888	94.7457	247.5
26	J[27]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	10.665	-14.198	10.6345	-14.2115	10.6956	-14.1845	-14.2115	-37.3623
27	I[27]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	12.4488	51.6054	12.4998	49.4701	12.3978	49.4251	51.6054	247.5
27	I[27]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	9.9437	-8.4335	9.9212	-8.4435	9.9663	-8.4236	-8.4435	-37.3623
27	J[28]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	17.686	54.9393	17.7332	52.8347	17.6389	52.7931	54.9393	247.5
27	J[28]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	13.343	-11.2782	13.3235	-11.2868	13.3625	-11.2697	-11.2868	-37.3623
28	I[28]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	21.9936	99.8704	22.0376	94.9331	21.9496	94.8943	99.8704	247.5
28	I[28]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	14.2935	-18.9065	14.2698	-18.917	14.3171	-18.8961	-18.917	-37.3623

Elem	Part	Girder/Slab	Comp./Tens.	LCom Name	Type	CHK	FT kgf/cm ²	FB kgf/cm ²	FTL kgf/cm ²	FBL kgf/cm ²	FTR kgf/cm ²	FBR kgf/cm ²	FMAX kgf/cm ²	ALW kgf/cm ²
28	J[29]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	24.0302	105.245	24.0687	99.907	23.9916	99.873	105.245	247.5
28	J[29]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	16.9866	-22.4688	16.9666	-22.4776	17.0065	-22.46	-22.4776	-37.3623
29	I[29]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	24.0291	105.2545	24.0677	99.9156	23.9906	99.8817	105.2545	247.5
29	I[29]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	16.9866	-22.4688	16.9666	-22.4776	17.0065	-22.46	-22.4776	-37.3623
29	J[30]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	23.5742	110.5244	23.6072	104.6043	23.5412	104.5752	110.5244	247.5
29	J[30]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	17.8536	-23.6156	17.8373	-23.6228	17.8698	-23.6085	-23.6228	-37.3623
30	I[30]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	18.8306	61.2503	18.8691	58.5347	18.7921	58.5008	61.2503	247.5
30	I[30]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	16.6664	-14.0874	16.653	-14.0933	16.6798	-14.0814	-14.0933	-37.3623
30	J[31]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	14.2474	65.3953	14.2815	61.911	14.2133	61.8809	65.3953	247.5
30	J[31]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	15.8257	-13.4222	15.8154	-13.4268	15.8361	-13.4176	-13.4268	-37.3623
31	I[31]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	17.4327	119.2407	17.4674	112.0554	17.3981	112.0249	119.2407	247.5
31	I[31]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	16.9799	-22.5903	16.9632	-22.5976	16.9965	-22.583	-22.5976	-37.3623
31	J[32]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	17.2233	103.7848	17.2522	97.6116	17.1944	97.5861	103.7848	247.5
31	J[32]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	14.8678	-20.202	14.8548	-20.2077	14.8808	-20.1963	-20.2077	-37.3623
32	I[32]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	17.2183	103.7935	17.2478	97.6194	17.1888	97.5934	103.7935	247.5
32	I[32]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	14.8667	-20.2031	14.8533	-20.209	14.88	-20.1973	-20.209	-37.3623
32	J[33]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	21.0311	90.1036	21.0551	85.1033	21.0071	85.0821	90.1036	247.5
32	J[33]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	10.2807	-14.2864	10.271	-14.2907	10.2905	-14.2821	-14.2907	-37.3623
33	I[33]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	21.0272	90.1045	21.0547	85.1054	20.9996	85.0811	90.1045	247.5
33	I[33]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	10.2795	-14.2877	10.2676	-14.2929	10.2913	-14.2825	-14.2929	-37.3623
33	J[34]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	27.9697	75.452	27.9918	71.9316	27.9477	71.9121	75.452	247.5
33	J[34]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	3.4968	-4.9822	3.4885	-4.9859	3.5051	-4.9785	-4.9859	-18.6418
34	I[34]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	15.2044	30.1097	15.206	29.0204	15.2028	29.019	30.1097	247.5
34	I[34]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	2.5263	-2.6679	2.5253	-2.6684	2.5274	-2.6675	-2.6684	-18.6418
34	J[35]	Girder(PSC)	Compression	cLCB5	FX-MIN	OK	13.1761	31.0389	13.1761	29.6878	13.1761	29.6878	31.0389	247.5
34	J[35]	Girder(PSC)	Tension	cLCB8	FX-MAX	OK	0	0	0	0	0	0	0	-18.6418

Check tensile stress for Prestressing tendons due to 3 BTS Carriages Case

Tendon	FDL1 kgf/cm ²	FDL2 kgf/cm ²	FLL1 kgf/cm ²	AFDL1 kgf/cm ²	AFDL2 kgf/cm ²	AFL1 kgf/cm ²
1FT1LExt	10921.68	12290.25	11066.73	13276.71	14035.37	13052.37
1FT1RExt	10921.69	12290.21	11066.64	13276.71	14035.37	13052.37
1FT2LExt	10836.68	12231.47	11016.97	13276.71	14035.37	13052.37
1FT2RExt	10836.69	12231.43	11016.9	13276.71	14035.37	13052.37
1FT3LExt	11056.94	12340.12	11110.34	13276.71	14035.37	13052.37
1FT3RExt	11056.95	12340.09	11110.29	13276.71	14035.37	13052.37
1FT4LExt	10844.78	12022.97	10797.22	13276.71	14035.37	13052.37
1FT4RExt	10844.79	12022.97	10797.17	13276.71	14035.37	13052.37
2MT1LExt	10963.1	12412.24	11292.27	13276.71	14035.37	13052.37
2MT1RExt	10963.12	12412.22	11292.22	13276.71	14035.37	13052.37
2MT2LExt	10880.47	12374.5	11249.62	13276.71	14035.37	13052.37
2MT2RExt	10880.49	12374.48	11249.58	13276.71	14035.37	13052.37
2MT3LExt	11095.31	12465.55	11343.59	13276.71	14035.37	13052.37
2MT3RExt	11095.34	12465.54	11343.55	13276.71	14035.37	13052.37
2MT4LExt	10900.95	12201.3	11018.39	13276.71	14035.37	13052.37
2MT4RExt	10900.98	12201.3	11018.4	13276.71	14035.37	13052.37
3ET1LExt	11152.58	12317.97	11055.71	13276.71	14035.37	13052.37
3ET1RExt	11152.58	12317.9	11055.59	13276.71	14035.37	13052.37
3ET2LExt	11077.00	12263.81	11003.84	13276.71	14035.37	13052.37
3ET2RExt	11077.00	12263.76	11003.73	13276.71	14035.37	13052.37
3ET3LExt	11183.59	12357.28	11085.23	13276.71	14035.37	13052.37
3ET3RExt	11183.59	12357.23	11085.15	13276.71	14035.37	13052.37
3ET4LExt	10638.18	11840.26	10579.08	13276.71	14035.37	13052.37
3ET4RExt	10638.18	11840.22	10579	13276.71	14035.37	13052.37
LT1L	11552.52	12983.14	11293.78	13276.71	14035.37	13052.37
LT1R	11552.52	12983.14	11293.71	13276.71	14035.37	13052.37
LT2L	11493.19	12965.91	11246.74	13276.71	14035.37	13052.37
LT2R	11493.19	12965.91	11246.69	13276.71	14035.37	13052.37
LT3L	12080.57	13295.05	11623.95	13276.71	14035.37	13052.37
LT3R	12080.57	13295.05	11623.93	13276.71	14035.37	13052.37
LT4L	11766.7	13134.04	11446.66	13276.71	14035.37	13052.37
LT4R	11766.7	13134.04	11446.63	13276.71	14035.37	13052.37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content and cite the document when use.

Check tensile stress for Prestressing tendons due to 4 BTS Carriages Case

Tendon	FDL1 kgf/cm ²	FDL2 kgf/cm ²	FLL1 kgf/cm ²	AFDL1 kgf/cm ²	AFDL2 kgf/cm ²	AFL1 kgf/cm ²
1FT1LExt	10921.68	12290.25	11066.73	13276.71	14035.37	13052.37
1FT1RExt	10921.69	12290.21	11066.64	13276.71	14035.37	13052.37
1FT2LExt	10836.68	12231.47	11016.97	13276.71	14035.37	13052.37
1FT2RExt	10836.69	12231.43	11016.9	13276.71	14035.37	13052.37
1FT3LExt	11056.94	12340.12	11110.34	13276.71	14035.37	13052.37
1FT3RExt	11056.95	12340.09	11110.29	13276.71	14035.37	13052.37
1FT4LExt	10844.78	12022.97	10797.22	13276.71	14035.37	13052.37
1FT4RExt	10844.79	12022.97	10797.17	13276.71	14035.37	13052.37
2MT1LExt	10963.1	12412.24	11292.27	13276.71	14035.37	13052.37
2MT1RExt	10963.12	12412.22	11292.22	13276.71	14035.37	13052.37
2MT2LExt	10880.47	12374.5	11249.62	13276.71	14035.37	13052.37
2MT2RExt	10880.49	12374.48	11249.58	13276.71	14035.37	13052.37
2MT3LExt	11095.31	12465.55	11343.59	13276.71	14035.37	13052.37
2MT3RExt	11095.34	12465.54	11343.55	13276.71	14035.37	13052.37
2MT4LExt	10900.95	12201.3	11018.39	13276.71	14035.37	13052.37
2MT4RExt	10900.98	12201.3	11018.4	13276.71	14035.37	13052.37
3ET1LExt	11152.58	12317.97	11055.71	13276.71	14035.37	13052.37
3ET1RExt	11152.58	12317.9	11055.59	13276.71	14035.37	13052.37
3ET2LExt	11077.00	12263.81	11003.84	13276.71	14035.37	13052.37
3ET2RExt	11077.00	12263.76	11003.73	13276.71	14035.37	13052.37
3ET3LExt	11183.59	12357.28	11085.23	13276.71	14035.37	13052.37
3ET3RExt	11183.59	12357.23	11085.15	13276.71	14035.37	13052.37
3ET4LExt	10638.18	11840.26	10579.08	13276.71	14035.37	13052.37
3ET4RExt	10638.18	11840.22	10579	13276.71	14035.37	13052.37
LT1L	11552.52	12983.14	11293.78	13276.71	14035.37	13052.37
LT1R	11552.52	12983.14	11293.71	13276.71	14035.37	13052.37
LT2L	11493.19	12965.91	11246.74	13276.71	14035.37	13052.37
LT2R	11493.19	12965.91	11246.69	13276.71	14035.37	13052.37
LT3L	12080.57	13295.05	11623.95	13276.71	14035.37	13052.37
LT3R	12080.57	13295.05	11623.93	13276.71	14035.37	13052.37
LT4L	11766.7	13134.04	11446.66	13276.71	14035.37	13052.37
LT4R	11766.7	13134.04	11446.63	13276.71	14035.37	13052.37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content and cite the document when use.

Check tensile stress for Prestressing tendons due to 5 BTS Carriages Case

Tendon	FDL1 kgf/cm ²	FDL2 kgf/cm ²	FLL1 kgf/cm ²	AFDL1 kgf/cm ²	AFDL2 kgf/cm ²	AFL1 kgf/cm ²
1FT1LExt	10921.68	12290.25	11066.73	13276.71	14035.37	13052.37
1FT1RExt	10921.69	12290.21	11066.64	13276.71	14035.37	13052.37
1FT2LExt	10836.68	12231.47	11016.97	13276.71	14035.37	13052.37
1FT2RExt	10836.69	12231.43	11016.9	13276.71	14035.37	13052.37
1FT3LExt	11056.94	12340.12	11110.34	13276.71	14035.37	13052.37
1FT3RExt	11056.95	12340.09	11110.29	13276.71	14035.37	13052.37
1FT4LExt	10844.78	12022.97	10797.22	13276.71	14035.37	13052.37
1FT4RExt	10844.79	12022.97	10797.17	13276.71	14035.37	13052.37
2MT1LExt	10963.1	12412.24	11292.27	13276.71	14035.37	13052.37
2MT1RExt	10963.12	12412.22	11292.22	13276.71	14035.37	13052.37
2MT2LExt	10880.47	12374.5	11249.62	13276.71	14035.37	13052.37
2MT2RExt	10880.49	12374.48	11249.58	13276.71	14035.37	13052.37
2MT3LExt	11095.31	12465.55	11343.59	13276.71	14035.37	13052.37
2MT3RExt	11095.34	12465.54	11343.55	13276.71	14035.37	13052.37
2MT4LExt	10900.95	12201.3	11018.39	13276.71	14035.37	13052.37
2MT4RExt	10900.98	12201.3	11018.4	13276.71	14035.37	13052.37
3ET1LExt	11152.58	12317.97	11055.71	13276.71	14035.37	13052.37
3ET1RExt	11152.58	12317.9	11055.59	13276.71	14035.37	13052.37
3ET2LExt	11077.00	12263.81	11003.84	13276.71	14035.37	13052.37
3ET2RExt	11077.00	12263.76	11003.73	13276.71	14035.37	13052.37
3ET3LExt	11183.59	12357.28	11085.23	13276.71	14035.37	13052.37
3ET3RExt	11183.59	12357.23	11085.15	13276.71	14035.37	13052.37
3ET4LExt	10638.18	11840.26	10579.08	13276.71	14035.37	13052.37
3ET4RExt	10638.18	11840.22	10579	13276.71	14035.37	13052.37
LT1L	11552.52	12983.14	11293.78	13276.71	14035.37	13052.37
LT1R	11552.52	12983.14	11293.71	13276.71	14035.37	13052.37
LT2L	11493.19	12965.91	11246.74	13276.71	14035.37	13052.37
LT2R	11493.19	12965.91	11246.69	13276.71	14035.37	13052.37
LT3L	12080.57	13295.05	11623.95	13276.71	14035.37	13052.37
LT3R	12080.57	13295.05	11623.93	13276.71	14035.37	13052.37
LT4L	11766.7	13134.04	11446.66	13276.71	14035.37	13052.37
LT4R	11766.7	13134.04	11446.63	13276.71	14035.37	13052.37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content and cite the document when use.

Check tensile stress for Prestressing tendons due to 6 BTS Carriages Case

Tendon	FDL1 kgf/cm ²	FDL2 kgf/cm ²	FLL1 kgf/cm ²	AFDL1 kgf/cm ²	AFDL2 kgf/cm ²	AFL1 kgf/cm ²
1FT1LExt	10921.68	12290.25	11066.73	13276.71	14035.37	13052.37
1FT1RExt	10921.69	12290.21	11066.64	13276.71	14035.37	13052.37
1FT2LExt	10836.68	12231.47	11016.97	13276.71	14035.37	13052.37
1FT2RExt	10836.69	12231.43	11016.9	13276.71	14035.37	13052.37
1FT3LExt	11056.94	12340.12	11110.34	13276.71	14035.37	13052.37
1FT3RExt	11056.95	12340.09	11110.29	13276.71	14035.37	13052.37
1FT4LExt	10844.78	12022.97	10797.22	13276.71	14035.37	13052.37
1FT4RExt	10844.79	12022.97	10797.17	13276.71	14035.37	13052.37
2MT1LExt	10963.1	12412.24	11292.27	13276.71	14035.37	13052.37
2MT1RExt	10963.12	12412.22	11292.22	13276.71	14035.37	13052.37
2MT2LExt	10880.47	12374.5	11249.62	13276.71	14035.37	13052.37
2MT2RExt	10880.49	12374.48	11249.58	13276.71	14035.37	13052.37
2MT3LExt	11095.31	12465.55	11343.59	13276.71	14035.37	13052.37
2MT3RExt	11095.34	12465.54	11343.55	13276.71	14035.37	13052.37
2MT4LExt	10900.95	12201.3	11018.39	13276.71	14035.37	13052.37
2MT4RExt	10900.98	12201.3	11018.4	13276.71	14035.37	13052.37
3ET1LExt	11152.58	12317.97	11055.71	13276.71	14035.37	13052.37
3ET1RExt	11152.58	12317.9	11055.59	13276.71	14035.37	13052.37
3ET2LExt	11077.00	12263.81	11003.84	13276.71	14035.37	13052.37
3ET2RExt	11077.00	12263.76	11003.73	13276.71	14035.37	13052.37
3ET3LExt	11183.59	12357.28	11085.23	13276.71	14035.37	13052.37
3ET3RExt	11183.59	12357.23	11085.15	13276.71	14035.37	13052.37
3ET4LExt	10638.18	11840.26	10579.08	13276.71	14035.37	13052.37
3ET4RExt	10638.18	11840.22	10579	13276.71	14035.37	13052.37
LT1L	11552.52	12983.14	11293.78	13276.71	14035.37	13052.37
LT1R	11552.52	12983.14	11293.71	13276.71	14035.37	13052.37
LT2L	11493.19	12965.91	11246.74	13276.71	14035.37	13052.37
LT2R	11493.19	12965.91	11246.69	13276.71	14035.37	13052.37
LT3L	12080.57	13295.05	11623.95	13276.71	14035.37	13052.37
LT3R	12080.57	13295.05	11623.93	13276.71	14035.37	13052.37
LT4L	11766.7	13134.04	11446.66	13276.71	14035.37	13052.37
LT4R	11766.7	13134.04	11446.63	13276.71	14035.37	13052.37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content and cite the document when use.

Check Shear Strength of Section due to 3 BTS Carriages Case

Elem	Part	Max/Min	LCom Name	Type	CHK	Vu kgf	Mu kgf x cm	Vn kgf	Phi	Vc kgf	Vs kgf	Vp kgf	PhiVn kgf
1	I[1]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	-208278	-0.1541	3113249	0.9	1419667	1561214	132367.1	2801924
1	I[1]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-407154	-0.1578	3113249	0.9	1419667	1561214	132367.1	2801924
1	J[2]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	-148230	79637392	3202109	0.9	1419667	1561214	221227	2881898
1	J[2]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-323920	40107092	3202109	0.9	1419667	1561214	221227	2881898
2	I[2]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	-147715	79637392	966010.9	0.9	249811.3	549332.2	216972.3	869409.8
2	I[2]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-323405	40107092	966010.9	0.9	249811.3	549332.2	216972.3	869409.8
2	J[3]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	-109960	1.54E+08	1183139	0.9	249811.3	549332.2	434100.2	1064825
2	J[3]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-263184	78357677	1183139	0.9	249811.3	549332.2	434100.2	1064825
3	I[3]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	-110146	1.54E+08	1183155	0.9	249811.3	549332.2	434116.3	1064839
3	I[3]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-263371	78357677	1183155	0.9	249811.3	549332.2	434116.3	1064839
3	J[4]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	-67194.3	2.09E+08	1033428	0.9	257878.6	567072.2	260200.6	930085.6
3	J[4]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-205069	1.07E+08	1033428	0.9	257878.6	567072.2	260200.6	930085.6
4	I[4]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	-67394.9	2.09E+08	1284027	0.9	466291.7	549333.1	268402.5	1155625
4	I[4]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-205270	1.07E+08	1284027	0.9	466291.7	549333.1	268402.5	1155625
4	J[5]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	-3108.44	2.39E+08	1157759	0.9	481592.2	567358.3	108808.2	1041983
4	J[5]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-129225	1.24E+08	1157759	0.9	481592.2	567358.3	108808.2	1041983
5	I[5]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	-3237.62	2.39E+08	877349.2	0.9	258008.8	567358.3	103731.1	789614.2
5	I[5]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-129354	1.24E+08	877349.2	0.9	258008.8	567358.3	103731.1	789614.2
5	J[6]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	60814.57	2.51E+08	838974.1	0.9	267767	588816.7	36096.65	755076.6
5	J[6]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-73062.4	1.29E+08	758796.8	0.9	133883.5	588816.7	36096.65	682917.1
6	I[6]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	60816	2.51E+08	838979.3	0.9	267767	588816.7	36101.88	755081.4
6	I[6]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-73061	1.29E+08	758802.1	0.9	133883.5	588816.7	36101.88	682921.9
6	J[7]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	121317.2	2.42E+08	811840.6	0.9	267767	588816.7	8963.164	730656.5
6	J[7]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-12488.5	1.25E+08	731663.3	0.9	133883.5	588816.7	8963.164	658497
7	I[7]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	121317.2	2.42E+08	811840.2	0.9	267767	588816.7	8962.822	730656.2
7	I[7]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-12488.5	1.25E+08	731663	0.9	133883.5	588816.7	8962.822	658496.7

Elem	Part	Max/Min	LCom Name	Type	CHK	Vu kgf	Mu kgf x cm	Vn kgf	Phi	Vc kgf	Vs kgf	Vp kgf	PhiVn kgf
7	J[8]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	178224.6	2.15E+08	805066.7	0.9	267767	588816.7	2189.26	724560
7	J[8]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	39233.59	1.12E+08	724889.4	0.9	133883.5	588816.7	2189.26	652400.5
8	I[8]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	178140.8	2.15E+08	1091539	0.9	499806.7	588816.7	2915.719	982385.2
8	I[8]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	39149.74	1.12E+08	1091539	0.9	499806.7	588816.7	2915.719	982385.2
8	J[9]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	253469.8	1.7E+08	1294363	0.9	481592.2	567358.3	245412.9	1164927
8	J[9]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	99064.41	86319802	1294363	0.9	481592.2	567358.3	245412.9	1164927
9	I[9]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	253050.7	1.7E+08	1013603	0.9	258008.8	567358.3	239984.5	912242.3
9	I[9]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	98645.94	86319802	936347.2	0.9	129004.4	567358.3	239984.5	842712.5
9	J[10]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	311943.7	1.09E+08	1137554	0.9	249811.3	549332.2	388515.2	1023798
9	J[10]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	130820.9	48799566	1137554	0.9	249811.3	549332.2	388515.2	1023798
10	I[10]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	311724.3	1.09E+08	1139686	0.9	249803.3	549333.9	390671.6	1025718
10	I[10]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	130601.8	48799566	1139686	0.9	249803.3	549333.9	390671.6	1025718
10	J[11]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	374921.1	42026462	1178786	0.9	259170.7	569933.3	401683.8	1060907
10	J[11]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	167292.3	-2.3E+07	1150699	0.9	249803.3	549333.9	401683.8	1035629
11	I[11]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	374659.3	42026462	1177821	0.9	259179.7	569933.3	400692.2	1060039
11	I[11]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	167031.6	-2.3E+07	1149731	0.9	249811.3	549332.2	400692.2	1034758
11	J[12]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	430712.5	-1.1E+07	1008387	0.9	249811.3	549332.2	259347.9	907547.9
11	J[12]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	198780.9	-1.2E+08	1008387	0.9	249811.3	549332.2	259347.9	907547.9
12	I[12]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	-235670	-7E+07	3243437	0.9	1419667	1561214	262554.8	2919093
12	I[12]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-501191	-2.4E+08	3243437	0.9	1419667	1561214	262554.8	2919093
12	J[13]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	-163612	-1.6E+07	3220260	0.9	1419667	1561214	239378.1	2898234
12	J[13]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-406651	-1.3E+08	3220260	0.9	1419667	1561214	239378.1	2898234
13	I[13]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	-162878	-1.6E+07	985595.7	0.9	249811.3	549332.2	236557	887036.1
13	I[13]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-405915	-1.3E+08	985595.7	0.9	249811.3	549332.2	236557	887036.1
13	J[14]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	-130140	40705875	1127115	0.9	259179.7	569933.3	349985.5	1014403
13	J[14]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-347141	-3.1E+07	1099024	0.9	249811.3	549332.2	349985.5	989121.8
14	I[14]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	-130365	40705875	1127571	0.9	259170.7	569933.3	350469.3	1014814
14	I[14]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-347367	-3.1E+07	1099484	0.9	249803.3	549333.9	350469.3	989535.6

Elem	Part	Max/Min	LCom Name	Type	CHK	Vu kgf	Mu kgf x cm	Vn kgf	Phi	Vc kgf	Vs kgf	Vp kgf	PhiVn kgf
14	J[15]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	-92531.7	99280071	1086065	0.9	249803.3	549333.9	337050.4	977458.7
14	J[15]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-282287	16939419	1086065	0.9	249803.3	549333.9	337050.4	977458.7
15	I[15]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	-92716.9	99280071	1084904	0.9	249811.3	549332.2	335865.6	976413.8
15	I[15]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-282473	16939419	1084904	0.9	249811.3	549332.2	335865.6	976413.8
15	J[16]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	-59978.9	1.46E+08	978296.7	0.9	258008.8	567358.3	204678.7	880467
15	J[16]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-220490	54500329	901041.4	0.9	129004.4	567358.3	204678.7	810937.2
16	I[16]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	-60259.3	1.46E+08	1256440	0.9	481592.2	567358.3	207489.5	1130796
16	I[16]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-220771	54500329	1256440	0.9	481592.2	567358.3	207489.5	1130796
16	J[17]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	13343.3	1.73E+08	1100006	0.9	499806.7	588816.7	11382.69	990005.5
16	J[17]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-136506	79237272	1100006	0.9	499806.7	588816.7	11382.69	990005.5
17	I[17]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	13299.85	1.73E+08	813942.9	0.9	267767	588816.7	11065.45	732548.6
17	I[17]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-136549	79237272	733765.6	0.9	133883.5	588816.7	11065.45	660389.1
17	J[18]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	73522.77	1.77E+08	802877.4	0.9	267767	588816.7	0	722589.7
17	J[18]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-71193.1	91150270	722700.2	0.9	133883.5	588816.7	0	650430.2
18	I[18]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	73522.77	1.77E+08	802877.4	0.9	267767	588816.7	0	722589.7
18	I[18]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-71193.1	91150270	722700.2	0.9	133883.5	588816.7	0	650430.2
18	J[19]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	138890.2	1.72E+08	814913.6	0.9	267767	588816.7	12036.18	733422.2
18	J[19]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-10990.7	78761242	734736.4	0.9	133883.5	588816.7	12036.18	661262.7
19	I[19]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	138845.9	1.72E+08	1101001	0.9	499806.7	588816.7	12377.7	990901
19	I[19]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-11034.9	78761242	1101001	0.9	499806.7	588816.7	12377.7	990901
19	J[20]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	223143.7	1.44E+08	1269763	0.9	481592.2	567358.3	220812.4	1142787
19	J[20]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	62415	53381654	1269763	0.9	481592.2	567358.3	220812.4	1142787
20	I[20]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	222859.4	1.44E+08	991582.7	0.9	258008.8	567358.3	217964.7	892424.4
20	I[20]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	62131.83	53381654	914327.4	0.9	129004.4	567358.3	217964.7	822894.7
20	J[21]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	284866.9	96996164	1104316	0.9	249811.3	549332.2	355277.6	993884.7
20	J[21]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	94869.83	15178103	1104316	0.9	249811.3	549332.2	355277.6	993884.7
21	I[21]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	284680.9	96996164	1105562	0.9	249803.3	549333.9	356546.8	995005.4
21	I[21]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	94684.03	15178103	1105562	0.9	249803.3	549333.9	356546.8	995005.4

Elem	Part	Max/Min	LCom Name	Type	CHK	Vu kgf	Mu kgf x cm	Vn kgf	Phi	Vc kgf	Vs kgf	Vp kgf	PhiVn kgf
21	J[22]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	349729.8	37715921	1148371	0.9	259170.7	569933.3	371269.1	1033534
21	J[22]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	132517.1	-3.4E+07	1120284	0.9	249803.3	549333.9	371269.1	1008256
22	I[22]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	349503.2	37715921	1147878	0.9	259179.7	569933.3	370748.5	1033090
22	I[22]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	132291.5	-3.4E+07	1119787	0.9	249811.3	549332.2	370748.5	1007808
22	J[23]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	408233.3	-1.9E+07	999573.1	0.9	249811.3	549332.2	250534.4	899615.8
22	J[23]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	165029.5	-1.3E+08	999573.1	0.9	249811.3	549332.2	250534.4	899615.8
23	I[23]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	-274206	-7.9E+07	3234511	0.9	1419667	1561214	253629.6	2911060
23	I[23]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-537774	-2.4E+08	3234511	0.9	1419667	1561214	253629.6	2911060
23	J[24]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	-202148	-1.4E+07	3230579	0.9	1419667	1561214	249696.6	2907521
23	J[24]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-434077	-1.3E+08	3230579	0.9	1419667	1561214	249696.6	2907521
24	I[24]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	-201229	-1.4E+07	995642.9	0.9	249811.3	549332.2	246604.2	896078.6
24	I[24]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-433156	-1.3E+08	995642.9	0.9	249811.3	549332.2	246604.2	896078.6
24	J[25]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	-168326	41150204	1149403	0.9	259179.7	569933.3	372273.9	1034463
24	J[25]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-375077	-2.2E+07	1121313	0.9	249811.3	549332.2	372273.9	1009181
25	I[25]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	-168574	41150204	1150450	0.9	259170.7	569933.3	373348.4	1035405
25	I[25]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-375326	-2.2E+07	1122363	0.9	249803.3	549333.9	373348.4	1010127
25	J[26]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	-130551	1.12E+08	1114135	0.9	249803.3	549333.9	365119.7	1002721
25	J[26]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-309635	49691723	1114135	0.9	249803.3	549333.9	365119.7	1002721
26	I[26]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	-130759	1.12E+08	1111959	0.9	249811.3	549332.2	362920.1	1000763
26	I[26]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-309844	49691723	1111959	0.9	249811.3	549332.2	362920.1	1000763
26	J[27]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	-96704	1.75E+08	994458.6	0.9	258008.8	567358.3	220840.6	895012.7
26	J[27]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-248995	88404891	917203.3	0.9	129004.4	567358.3	220840.6	825483
27	I[27]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	-97091.6	1.75E+08	1275333	0.9	481592.2	567358.3	226382.4	1147800
27	I[27]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-249383	88404891	1275333	0.9	481592.2	567358.3	226382.4	1147800
27	J[28]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	-34710.5	2.2E+08	1091217	0.9	499806.7	588816.7	2593.435	982095.1
27	J[28]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-171566	1.14E+08	1091217	0.9	499806.7	588816.7	2593.435	982095.1
28	I[28]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	-34786.5	2.2E+08	804736.1	0.9	267767	588816.7	1858.69	724262.5
28	I[28]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-171642	1.14E+08	724558.9	0.9	133883.5	588816.7	1858.69	652103

Elem	Part	Max/Min	LCom Name	Type	CHK	Vu kgf	Mu kgf x cm	Vn kgf	Phi	Vc kgf	Vs kgf	Vp kgf	PhiVn kgf
28	J[29]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	22228.96	2.46E+08	804825.5	0.9	267767	588816.7	1948.108	724343
28	J[29]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-112062	1.27E+08	724648.3	0.9	133883.5	588816.7	1948.108	652183.5
29	I[29]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	22228.96	2.46E+08	804825.6	0.9	267767	588816.7	1948.217	724343.1
29	I[29]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-112062	1.27E+08	724648.4	0.9	133883.5	588816.7	1948.217	652183.6
29	J[30]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	84426.11	2.51E+08	812819.9	0.9	267767	588816.7	9942.479	731537.9
29	J[30]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-48602.8	1.3E+08	732642.7	0.9	133883.5	588816.7	9942.479	659378.4
30	I[30]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	84414.78	2.51E+08	1099479	0.9	499806.7	588816.7	10855.64	989531.1
30	I[30]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-48614.1	1.3E+08	1099479	0.9	499806.7	588816.7	10855.64	989531.1
30	J[31]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	162691.1	2.33E+08	1271700	0.9	481592.2	567358.3	222749.4	1144530
30	J[31]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	34891.55	1.2E+08	1271700	0.9	481592.2	567358.3	222749.4	1144530
31	I[31]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	162516.7	2.33E+08	989876.4	0.9	258008.8	567358.3	216258.4	890888.8
31	I[31]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	34717.48	1.2E+08	989876.4	0.9	258008.8	567358.3	216258.4	890888.8
31	J[32]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	221279.1	1.93E+08	1108184	0.9	249811.3	549332.2	359145.4	997365.6
31	J[32]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	79001.46	96967002	1108184	0.9	249811.3	549332.2	359145.4	997365.6
32	I[32]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	221121.9	1.93E+08	1108218	0.9	249811.3	549332.2	359179.5	997396.4
32	I[32]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	78844.36	96967002	1108218	0.9	249811.3	549332.2	359179.5	997396.4
32	J[33]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	282173	1.3E+08	1097049	0.9	251893.6	553911.1	341766.9	987344.2
32	J[33]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	123409.4	64157872	1097049	0.9	251893.6	553911.1	341766.9	987344.2
33	I[33]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	281989.4	1.3E+08	1097070	0.9	251893.6	553911.1	341788	987363.2
33	I[33]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	123225.9	64157872	1097070	0.9	251893.6	553911.1	341788	987363.2
33	J[34]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	344916.1	43879338	937434.6	0.9	249811.3	549332.2	188395.9	843691.1
33	J[34]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	158375.4	21494363	937434.6	0.9	249811.3	549332.2	188395.9	843691.1
34	I[34]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	345441.9	43879338	3172799	0.9	1419667	1561214	191917.4	2855519
34	I[34]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	158900.5	21494363	3172799	0.9	1419667	1561214	191917.4	2855519
34	J[35]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	398348.8	-0.1764	3119566	0.9	1419667	1561214	138683.7	2807609
34	J[35]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	199338.9	-0.1791	3119566	0.9	1419667	1561214	138683.7	2807609

Check Shear Strength of Section due to 4 BTS Carriages Case

Elem	Part	Max/Min	LCom Name	Type	CHK	Vu kgf	Mu kgf x cm	Vn kgf	Phi	Vc kgf	Vs kgf	Vp kgf	PhiVn kgf
1	I[1]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	-208278	-0.1541	3113249	0.9	1419667	1561214	132367.1	2801924
1	I[1]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-407154	-0.1578	3113249	0.9	1419667	1561214	132367.1	2801924
1	J[2]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	-148230	79637392	3202109	0.9	1419667	1561214	221227	2881898
1	J[2]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-323920	40107093	3202109	0.9	1419667	1561214	221227	2881898
2	I[2]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	-147715	79637392	966010.9	0.9	249811.3	549332.2	216972.3	869409.8
2	I[2]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-323405	40107093	966010.9	0.9	249811.3	549332.2	216972.3	869409.8
2	J[3]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	-109960	1.54E+08	1183139	0.9	249811.3	549332.2	434100.2	1064825
2	J[3]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-263184	78357678	1183139	0.9	249811.3	549332.2	434100.2	1064825
3	I[3]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	-110146	1.54E+08	1183155	0.9	249811.3	549332.2	434116.3	1064839
3	I[3]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-263371	78357678	1183155	0.9	249811.3	549332.2	434116.3	1064839
3	J[4]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	-67194.3	2.09E+08	1033428	0.9	257878.6	567072.2	260200.6	930085.6
3	J[4]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-205069	1.07E+08	1033428	0.9	257878.6	567072.2	260200.6	930085.6
4	I[4]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	-67394.9	2.09E+08	1284027	0.9	466291.7	549333.1	268402.5	1155625
4	I[4]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-205270	1.07E+08	1284027	0.9	466291.7	549333.1	268402.5	1155625
4	J[5]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	2113.978	2.39E+08	1157759	0.9	481592.2	567358.3	108808.2	1041983
4	J[5]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-129225	1.24E+08	1157759	0.9	481592.2	567358.3	108808.2	1041983
5	I[5]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	1984.804	2.39E+08	877349.2	0.9	258008.8	567358.3	103731.1	789614.2
5	I[5]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-129354	1.24E+08	877349.2	0.9	258008.8	567358.3	103731.1	789614.2
5	J[6]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	63943.88	2.51E+08	838974.1	0.9	267767	588816.7	36096.65	755076.6
5	J[6]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-73062.4	1.29E+08	758796.8	0.9	133883.5	588816.7	36096.65	682917.1
6	I[6]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	63945.31	2.51E+08	838979.3	0.9	267767	588816.7	36101.88	755081.4
6	I[6]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-73061	1.29E+08	758802.1	0.9	133883.5	588816.7	36101.88	682921.9
6	J[7]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	122450.2	2.42E+08	811840.6	0.9	267767	588816.7	8963.164	730656.5
6	J[7]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-12488.5	1.25E+08	731663.3	0.9	133883.5	588816.7	8963.164	658497
7	I[7]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	122450.2	2.42E+08	811840.2	0.9	267767	588816.7	8962.822	730656.2
7	I[7]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-12488.5	1.25E+08	731663	0.9	133883.5	588816.7	8962.822	658496.7

Elem	Part	Max/Min	LCom Name	Type	CHK	Vu kgf	Mu kgf x cm	Vn kgf	Phi	Vc kgf	Vs kgf	Vp kgf	PhiVn kgf
7	J[8]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	178224.6	2.15E+08	805066.7	0.9	267767	588816.7	2189.26	724560
7	J[8]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	37207.48	1.12E+08	724889.4	0.9	133883.5	588816.7	2189.26	652400.5
8	I[8]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	178140.8	2.15E+08	1091539	0.9	499806.7	588816.7	2915.719	982385.2
8	I[8]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	37123.63	1.12E+08	1091539	0.9	499806.7	588816.7	2915.719	982385.2
8	J[9]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	253469.8	1.7E+08	1294363	0.9	481592.2	567358.3	245412.9	1164927
8	J[9]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	97401.66	86319804	1294363	0.9	481592.2	567358.3	245412.9	1164927
9	I[9]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	253050.7	1.7E+08	1013603	0.9	258008.8	567358.3	239984.5	912242.3
9	I[9]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	96983.2	86319804	936347.2	0.9	129004.4	567358.3	239984.5	842712.5
9	J[10]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	311943.7	1.09E+08	1137554	0.9	249811.3	549332.2	388515.2	1023798
9	J[10]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	130820.9	48799571	1137554	0.9	249811.3	549332.2	388515.2	1023798
10	I[10]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	311724.3	1.09E+08	1139686	0.9	249803.3	549333.9	390671.6	1025718
10	I[10]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	130601.8	48799571	1139686	0.9	249803.3	549333.9	390671.6	1025718
10	J[11]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	375038.9	42026462	1178786	0.9	259170.7	569933.3	401683.8	1060907
10	J[11]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	167292.3	-2.3E+07	1150699	0.9	249803.3	549333.9	401683.8	1035629
11	I[11]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	374777.2	42026462	1177821	0.9	259179.7	569933.3	400692.2	1060039
11	I[11]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	167031.6	-2.3E+07	1149731	0.9	249811.3	549332.2	400692.2	1034758
11	J[12]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	436873.4	-1.1E+07	1008387	0.9	249811.3	549332.2	259347.9	907547.9
11	J[12]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	198780.9	-1.2E+08	1008387	0.9	249811.3	549332.2	259347.9	907547.9
12	I[12]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	-235670	-7E+07	3243437	0.9	1419667	1561214	262554.8	2919093
12	I[12]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-501191	-2.4E+08	3243437	0.9	1419667	1561214	262554.8	2919093
12	J[13]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	-163612	-1.6E+07	3220260	0.9	1419667	1561214	239378.1	2898234
12	J[13]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-406651	-1.3E+08	3220260	0.9	1419667	1561214	239378.1	2898234
13	I[13]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	-162878	-1.6E+07	985595.7	0.9	249811.3	549332.2	236557	887036.1
13	I[13]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-405915	-1.3E+08	985595.7	0.9	249811.3	549332.2	236557	887036.1
13	J[14]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	-130140	40705873	1127115	0.9	259179.7	569933.3	349985.5	1014403
13	J[14]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-347141	-3.4E+07	1099024	0.9	249811.3	549332.2	349985.5	989121.8
14	I[14]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	-130365	40705873	1127571	0.9	259170.7	569933.3	350469.3	1014814
14	I[14]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-347367	-3.4E+07	1099484	0.9	249803.3	549333.9	350469.3	989535.6

Elem	Part	Max/Min	LCom Name	Type	CHK	Vu kgf	Mu kgf x cm	Vn kgf	Phi	Vc kgf	Vs kgf	Vp kgf	PhiVn kgf
14	J[15]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	-92531.7	99280063	1086065	0.9	249803.3	549333.9	337050.4	977458.7
14	J[15]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-282287	16939419	1086065	0.9	249803.3	549333.9	337050.4	977458.7
15	I[15]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	-92716.9	99280063	1084904	0.9	249811.3	549332.2	335865.6	976413.8
15	I[15]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-282473	16939419	1084904	0.9	249811.3	549332.2	335865.6	976413.8
15	J[16]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	-59978.9	1.43E+08	978296.7	0.9	258008.8	567358.3	204678.7	880467
15	J[16]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-221530	54500333	901041.4	0.9	129004.4	567358.3	204678.7	810937.2
16	I[16]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	-60259.3	1.43E+08	1256440	0.9	481592.2	567358.3	207489.5	1130796
16	I[16]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-221811	54500333	1256440	0.9	481592.2	567358.3	207489.5	1130796
16	J[17]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	15849.63	1.71E+08	1100006	0.9	499806.7	588816.7	11382.69	990005.5
16	J[17]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-140401	79237277	1100006	0.9	499806.7	588816.7	11382.69	990005.5
17	I[17]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	15806.18	1.71E+08	813942.9	0.9	267767	588816.7	11065.45	732548.6
17	I[17]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-140444	79237277	733765.6	0.9	133883.5	588816.7	11065.45	660389.1
17	J[18]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	80188.71	1.76E+08	802877.4	0.9	267767	588816.7	0	722589.7
17	J[18]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-77868.9	91150273	722700.2	0.9	133883.5	588816.7	0	650430.2
18	I[18]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	80188.71	1.76E+08	802877.4	0.9	267767	588816.7	0	722589.7
18	I[18]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-77868.9	91150273	722700.2	0.9	133883.5	588816.7	0	650430.2
18	J[19]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	142796.7	1.7E+08	814913.6	0.9	267767	588816.7	12036.18	733422.2
18	J[19]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-13503.5	78761246	734736.4	0.9	133883.5	588816.7	12036.18	661262.7
19	I[19]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	142752.4	1.7E+08	1101001	0.9	499806.7	588816.7	12377.7	990901
19	I[19]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-13547.7	78761246	1101001	0.9	499806.7	588816.7	12377.7	990901
19	J[20]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	224192.7	1.42E+08	1269763	0.9	481592.2	567358.3	220812.4	1142787
19	J[20]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	62415	53381658	1269763	0.9	481592.2	567358.3	220812.4	1142787
20	I[20]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	223908.5	1.42E+08	991582.7	0.9	258008.8	567358.3	217964.7	892424.4
20	I[20]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	62131.83	53381658	914327.4	0.9	129004.4	567358.3	217964.7	822894.7
20	J[21]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	284866.9	96996159	1104316	0.9	249811.3	549332.2	355277.6	993884.7
20	J[21]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	94869.83	15178107	1104316	0.9	249811.3	549332.2	355277.6	993884.7
21	I[21]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	284680.9	96996159	1105562	0.9	249803.3	549333.9	356546.8	995005.4
21	I[21]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	94684.03	15178107	1105562	0.9	249803.3	549333.9	356546.8	995005.4

Elem	Part	Max/Min	LCom Name	Type	CHK	Vu kgf	Mu kgf x cm	Vn kgf	Phi	Vc kgf	Vs kgf	Vp kgf	PhiVn kgf
21	J[22]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	349729.8	37715920	1148371	0.9	259170.7	569933.3	371269.1	1033534
21	J[22]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	132517.1	-3.7E+07	1120284	0.9	249803.3	549333.9	371269.1	1008256
22	I[22]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	349503.2	37715920	1147878	0.9	259179.7	569933.3	370748.5	1033090
22	I[22]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	132291.5	-3.7E+07	1119787	0.9	249811.3	549332.2	370748.5	1007808
22	J[23]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	408233.3	-1.9E+07	999573.1	0.9	249811.3	549332.2	250534.4	899615.8
22	J[23]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	165029.5	-1.3E+08	999573.1	0.9	249811.3	549332.2	250534.4	899615.8
23	I[23]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	-274206	-7.9E+07	3234511	0.9	1419667	1561214	253629.6	2911060
23	I[23]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-541980	-2.4E+08	3234511	0.9	1419667	1561214	253629.6	2911060
23	J[24]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	-202148	-1.4E+07	3230579	0.9	1419667	1561214	249696.6	2907521
23	J[24]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-440277	-1.3E+08	3230579	0.9	1419667	1561214	249696.6	2907521
24	I[24]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	-201229	-1.4E+07	995642.9	0.9	249811.3	549332.2	246604.2	896078.6
24	I[24]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-439356	-1.3E+08	995642.9	0.9	249811.3	549332.2	246604.2	896078.6
24	J[25]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	-168326	41150204	1149403	0.9	259179.7	569933.3	372273.9	1034463
24	J[25]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-375077	-2.2E+07	1121313	0.9	249811.3	549332.2	372273.9	1009181
25	I[25]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	-168574	41150204	1150450	0.9	259170.7	569933.3	373348.4	1035405
25	I[25]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-375326	-2.2E+07	1122363	0.9	249803.3	549333.9	373348.4	1010127
25	J[26]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	-130551	1.12E+08	1114135	0.9	249803.3	549333.9	365119.7	1002721
25	J[26]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-309635	49691727	1114135	0.9	249803.3	549333.9	365119.7	1002721
26	I[26]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	-130759	1.12E+08	1111959	0.9	249811.3	549332.2	362920.1	1000763
26	I[26]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-309844	49691727	1111959	0.9	249811.3	549332.2	362920.1	1000763
26	J[27]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	-94988.1	1.75E+08	994458.6	0.9	258008.8	567358.3	220840.6	895012.7
26	J[27]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-248995	88404895	917203.3	0.9	129004.4	567358.3	220840.6	825483
27	I[27]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	-95375.7	1.75E+08	1275333	0.9	481592.2	567358.3	226382.4	1147800
27	I[27]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-249383	88404895	1275333	0.9	481592.2	567358.3	226382.4	1147800
27	J[28]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	-32614.6	2.2E+08	1091217	0.9	499806.7	588816.7	2593.435	982095.1
27	J[28]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-171566	1.14E+08	1091217	0.9	499806.7	588816.7	2593.435	982095.1
28	I[28]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	-32690.6	2.2E+08	804736.1	0.9	267767	588816.7	1858.69	724262.5
28	I[28]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-171642	1.14E+08	724558.9	0.9	133883.5	588816.7	1858.69	652103

Elem	Part	Max/Min	LCom Name	Type	CHK	Vu kgf	Mu kgf x cm	Vn kgf	Phi	Vc kgf	Vs kgf	Vp kgf	PhiVn kgf
28	J[29]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	22228.96	2.46E+08	804825.5	0.9	267767	588816.7	1948.108	724343
28	J[29]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-113565	1.27E+08	724648.3	0.9	133883.5	588816.7	1948.108	652183.5
29	I[29]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	22228.96	2.46E+08	804825.6	0.9	267767	588816.7	1948.217	724343.1
29	I[29]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-113565	1.27E+08	724648.4	0.9	133883.5	588816.7	1948.217	652183.6
29	J[30]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	84426.1	2.51E+08	812819.9	0.9	267767	588816.7	9942.479	731537.9
29	J[30]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-52210.1	1.3E+08	732642.7	0.9	133883.5	588816.7	9942.479	659378.4
30	I[30]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	84414.77	2.51E+08	1099479	0.9	499806.7	588816.7	10855.64	989531.1
30	I[30]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-52221.4	1.3E+08	1099479	0.9	499806.7	588816.7	10855.64	989531.1
30	J[31]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	162691.1	2.33E+08	1271700	0.9	481592.2	567358.3	222749.4	1144530
30	J[31]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	33456.72	1.2E+08	1271700	0.9	481592.2	567358.3	222749.4	1144530
31	I[31]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	162516.7	2.33E+08	989876.4	0.9	258008.8	567358.3	216258.4	890888.8
31	I[31]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	33282.66	1.2E+08	989876.4	0.9	258008.8	567358.3	216258.4	890888.8
31	J[32]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	221279.1	1.93E+08	1108184	0.9	249811.3	549332.2	359145.4	997365.6
31	J[32]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	79001.46	96967003	1108184	0.9	249811.3	549332.2	359145.4	997365.6
32	I[32]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	221121.9	1.93E+08	1108218	0.9	249811.3	549332.2	359179.5	997396.4
32	I[32]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	78844.36	96967003	1108218	0.9	249811.3	549332.2	359179.5	997396.4
32	J[33]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	282173	1.3E+08	1097049	0.9	251893.6	553911.1	341766.9	987344.2
32	J[33]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	123409.4	64157873	1097049	0.9	251893.6	553911.1	341766.9	987344.2
33	I[33]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	281989.4	1.3E+08	1097070	0.9	251893.6	553911.1	341788	987363.2
33	I[33]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	123225.9	64157873	1097070	0.9	251893.6	553911.1	341788	987363.2
33	J[34]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	344916.1	43879338	937434.6	0.9	249811.3	549332.2	188395.9	843691.1
33	J[34]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	158375.4	21494364	937434.6	0.9	249811.3	549332.2	188395.9	843691.1
34	I[34]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	345441.9	43879338	3172799	0.9	1419667	1561214	191917.4	2855519
34	I[34]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	158900.5	21494364	3172799	0.9	1419667	1561214	191917.4	2855519
34	J[35]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	398348.8	-0.1764	3119566	0.9	1419667	1561214	138683.7	2807609
34	J[35]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	199338.9	-0.1791	3119566	0.9	1419667	1561214	138683.7	2807609

Check Shear Strength of Section due to 5 BTS Carriages Case

Elem	Part	Max/Min	LCom Name	Type	CHK	Vu kgf	Mu kgf x cm	Vn kgf	Phi	Vc kgf	Vs kgf	Vp kgf	PhiVn kgf
1	I[1]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	-208278	-0.1541	3113249	0.9	1419667	1561214	132367.1	2801924
1	I[1]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-407154	-0.1578	3113249	0.9	1419667	1561214	132367.1	2801924
1	J[2]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	-148230	79637388	3202109	0.9	1419667	1561214	221227	2881898
1	J[2]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-323920	40107093	3202109	0.9	1419667	1561214	221227	2881898
2	I[2]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	-147715	79637388	966010.9	0.9	249811.3	549332.2	216972.3	869409.8
2	I[2]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-323405	40107093	966010.9	0.9	249811.3	549332.2	216972.3	869409.8
2	J[3]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	-109960	1.54E+08	1183139	0.9	249811.3	549332.2	434100.2	1064825
2	J[3]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-263184	78357678	1183139	0.9	249811.3	549332.2	434100.2	1064825
3	I[3]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	-110146	1.54E+08	1183155	0.9	249811.3	549332.2	434116.3	1064839
3	I[3]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-263371	78357678	1183155	0.9	249811.3	549332.2	434116.3	1064839
3	J[4]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	-67194.3	2.09E+08	1033428	0.9	257878.6	567072.2	260200.6	930085.6
3	J[4]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-205069	1.07E+08	1033428	0.9	257878.6	567072.2	260200.6	930085.6
4	I[4]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	-67394.9	2.09E+08	1284027	0.9	466291.7	549333.1	268402.5	1155625
4	I[4]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-205270	1.07E+08	1284027	0.9	466291.7	549333.1	268402.5	1155625
4	J[5]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	2113.978	2.39E+08	1157759	0.9	481592.2	567358.3	108808.2	1041983
4	J[5]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-129225	1.24E+08	1157759	0.9	481592.2	567358.3	108808.2	1041983
5	I[5]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	1984.799	2.39E+08	877349.2	0.9	258008.8	567358.3	103731.1	789614.2
5	I[5]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-129354	1.24E+08	877349.2	0.9	258008.8	567358.3	103731.1	789614.2
5	J[6]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	63943.88	2.51E+08	838974.1	0.9	267767	588816.7	36096.65	755076.6
5	J[6]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-73062.4	1.29E+08	758796.8	0.9	133883.5	588816.7	36096.65	682917.1
6	I[6]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	63945.31	2.51E+08	838979.3	0.9	267767	588816.7	36101.88	755081.4
6	I[6]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-73061	1.29E+08	758802.1	0.9	133883.5	588816.7	36101.88	682921.9
6	J[7]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	122450.2	2.42E+08	811840.6	0.9	267767	588816.7	8963.164	730656.5
6	J[7]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-12488.5	1.25E+08	731663.3	0.9	133883.5	588816.7	8963.164	658497
7	I[7]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	122450.2	2.42E+08	811840.2	0.9	267767	588816.7	8962.822	730656.2
7	I[7]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-12488.5	1.25E+08	731663	0.9	133883.5	588816.7	8962.822	658496.7

Elem	Part	Max/Min	LCom Name	Type	CHK	Vu kgf	Mu kgf x cm	Vn kgf	Phi	Vc kgf	Vs kgf	Vp kgf	PhiVn kgf
7	J[8]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	178224.6	2.15E+08	805066.7	0.9	267767	588816.7	2189.26	724560
7	J[8]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	37207.48	1.12E+08	724889.4	0.9	133883.5	588816.7	2189.26	652400.5
8	I[8]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	178140.8	2.15E+08	1091539	0.9	499806.7	588816.7	2915.719	982385.2
8	I[8]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	37123.63	1.12E+08	1091539	0.9	499806.7	588816.7	2915.719	982385.2
8	J[9]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	253469.8	1.7E+08	1294363	0.9	481592.2	567358.3	245412.9	1164927
8	J[9]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	97401.66	86319804	1294363	0.9	481592.2	567358.3	245412.9	1164927
9	I[9]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	253050.7	1.7E+08	1013603	0.9	258008.8	567358.3	239984.5	912242.3
9	I[9]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	96983.21	86319804	936347.2	0.9	129004.4	567358.3	239984.5	842712.5
9	J[10]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	311943.6	1.09E+08	1137554	0.9	249811.3	549332.2	388515.2	1023798
9	J[10]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	130820.9	48799571	1137554	0.9	249811.3	549332.2	388515.2	1023798
10	I[10]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	311724.3	1.09E+08	1139686	0.9	249803.3	549333.9	390671.6	1025718
10	I[10]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	130601.8	48799571	1139686	0.9	249803.3	549333.9	390671.6	1025718
10	J[11]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	375038.9	42026459	1178786	0.9	259170.7	569933.3	401683.8	1060907
10	J[11]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	167292.3	-2.3E+07	1150699	0.9	249803.3	549333.9	401683.8	1035629
11	I[11]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	374777.2	42026459	1177821	0.9	259179.7	569933.3	400692.2	1060039
11	I[11]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	167031.6	-2.3E+07	1149731	0.9	249811.3	549332.2	400692.2	1034758
11	J[12]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	436873.4	-1.1E+07	1008387	0.9	249811.3	549332.2	259347.9	907547.9
11	J[12]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	198780.9	-1.2E+08	1008387	0.9	249811.3	549332.2	259347.9	907547.9
12	I[12]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	-235670	-7E+07	3243437	0.9	1419667	1561214	262554.8	2919093
12	I[12]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-501191	-2.4E+08	3243437	0.9	1419667	1561214	262554.8	2919093
12	J[13]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	-163612	-1.6E+07	3220260	0.9	1419667	1561214	239378.1	2898234
12	J[13]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-406651	-1.3E+08	3220260	0.9	1419667	1561214	239378.1	2898234
13	I[13]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	-162878	-1.6E+07	985595.7	0.9	249811.3	549332.2	236557	887036.1
13	I[13]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-405915	-1.3E+08	985595.7	0.9	249811.3	549332.2	236557	887036.1
13	J[14]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	-130140	40705872	1127115	0.9	259179.7	569933.3	349985.5	1014403
13	J[14]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-347141	-3.4E+07	1099024	0.9	249811.3	549332.2	349985.5	989121.8
14	I[14]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	-130365	40705872	1127571	0.9	259170.7	569933.3	350469.3	1014814
14	I[14]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-347367	-3.4E+07	1099484	0.9	249803.3	549333.9	350469.3	989535.6

Elem	Part	Max/Min	LCom Name	Type	CHK	Vu kgf	Mu kgf x cm	Vn kgf	Phi	Vc kgf	Vs kgf	Vp kgf	PhiVn kgf
14	J[15]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	-92531.7	99280063	1086065	0.9	249803.3	549333.9	337050.4	977458.7
14	J[15]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-282287	16939428	1086065	0.9	249803.3	549333.9	337050.4	977458.7
15	I[15]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	-92716.9	99280063	1084904	0.9	249811.3	549332.2	335865.6	976413.8
15	I[15]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-282473	16939428	1084904	0.9	249811.3	549332.2	335865.6	976413.8
15	J[16]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	-59978.9	1.43E+08	978296.7	0.9	258008.8	567358.3	204678.7	880467
15	J[16]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-221530	54500333	901041.4	0.9	129004.4	567358.3	204678.7	810937.2
16	I[16]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	-60259.3	1.43E+08	1256440	0.9	481592.2	567358.3	207489.5	1130796
16	I[16]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-221811	54500333	1256440	0.9	481592.2	567358.3	207489.5	1130796
16	J[17]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	15849.63	1.71E+08	1100006	0.9	499806.7	588816.7	11382.69	990005.5
16	J[17]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-140401	79237277	1100006	0.9	499806.7	588816.7	11382.69	990005.5
17	I[17]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	15806.18	1.71E+08	813942.9	0.9	267767	588816.7	11065.45	732548.6
17	I[17]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-140444	79237277	733765.6	0.9	133883.5	588816.7	11065.45	660389.1
17	J[18]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	80188.7	1.76E+08	802877.4	0.9	267767	588816.7	0	722589.7
17	J[18]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-77868.9	91150275	722700.2	0.9	133883.5	588816.7	0	650430.2
18	I[18]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	80188.7	1.76E+08	802877.4	0.9	267767	588816.7	0	722589.7
18	I[18]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-77868.9	91150275	722700.2	0.9	133883.5	588816.7	0	650430.2
18	J[19]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	142796.6	1.7E+08	814913.6	0.9	267767	588816.7	12036.18	733422.2
18	J[19]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-13503.5	78761246	734736.4	0.9	133883.5	588816.7	12036.18	661262.7
19	I[19]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	142752.4	1.7E+08	1101001	0.9	499806.7	588816.7	12377.7	990901
19	I[19]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-13547.7	78761246	1101001	0.9	499806.7	588816.7	12377.7	990901
19	J[20]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	224192.7	1.42E+08	1269763	0.9	481592.2	567358.3	220812.4	1142787
19	J[20]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	62415	53381663	1269763	0.9	481592.2	567358.3	220812.4	1142787
20	I[20]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	223908.5	1.42E+08	991582.7	0.9	258008.8	567358.3	217964.7	892424.4
20	I[20]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	62131.83	53381663	914327.4	0.9	129004.4	567358.3	217964.7	822894.7
20	J[21]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	284866.9	96996159	1104316	0.9	249811.3	549332.2	355277.6	993884.7
20	J[21]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	94869.83	15178112	1104316	0.9	249811.3	549332.2	355277.6	993884.7
21	I[21]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	284680.9	96996159	1105562	0.9	249803.3	549333.9	356546.8	995005.4
21	I[21]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	94684.03	15178112	1105562	0.9	249803.3	549333.9	356546.8	995005.4

Elem	Part	Max/Min	LCom Name	Type	CHK	Vu kgf	Mu kgf x cm	Vn kgf	Phi	Vc kgf	Vs kgf	Vp kgf	PhiVn kgf
21	J[22]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	349729.8	37715919	1148371	0.9	259170.7	569933.3	371269.1	1033534
21	J[22]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	132517.1	-3.7E+07	1120284	0.9	249803.3	549333.9	371269.1	1008256
22	I[22]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	349503.1	37715919	1147878	0.9	259179.7	569933.3	370748.5	1033090
22	I[22]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	132291.5	-3.7E+07	1119787	0.9	249811.3	549332.2	370748.5	1007808
22	J[23]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	408233.3	-1.9E+07	999573.1	0.9	249811.3	549332.2	250534.4	899615.8
22	J[23]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	165029.5	-1.3E+08	999573.1	0.9	249811.3	549332.2	250534.4	899615.8
23	I[23]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	-274206	-7.9E+07	3234511	0.9	1419667	1561214	253629.6	2911060
23	I[23]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-541980	-2.4E+08	3234511	0.9	1419667	1561214	253629.6	2911060
23	J[24]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	-202148	-1.4E+07	3230579	0.9	1419667	1561214	249696.6	2907521
23	J[24]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-440277	-1.3E+08	3230579	0.9	1419667	1561214	249696.6	2907521
24	I[24]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	-201229	-1.4E+07	995642.9	0.9	249811.3	549332.2	246604.2	896078.6
24	I[24]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-439356	-1.3E+08	995642.9	0.9	249811.3	549332.2	246604.2	896078.6
24	J[25]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	-168326	41150202	1149403	0.9	259179.7	569933.3	372273.9	1034463
24	J[25]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-375077	-2.2E+07	1121313	0.9	249811.3	549332.2	372273.9	1009181
25	I[25]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	-168574	41150202	1150450	0.9	259170.7	569933.3	373348.4	1035405
25	I[25]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-375326	-2.2E+07	1122363	0.9	249803.3	549333.9	373348.4	1010127
25	J[26]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	-130551	1.12E+08	1114135	0.9	249803.3	549333.9	365119.7	1002721
25	J[26]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-309635	49691727	1114135	0.9	249803.3	549333.9	365119.7	1002721
26	I[26]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	-130759	1.12E+08	1111959	0.9	249811.3	549332.2	362920.1	1000763
26	I[26]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-309844	49691727	1111959	0.9	249811.3	549332.2	362920.1	1000763
26	J[27]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	-94988.1	1.75E+08	994458.6	0.9	258008.8	567358.3	220840.6	895012.7
26	J[27]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-248995	88404895	917203.3	0.9	129004.4	567358.3	220840.6	825483
27	I[27]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	-95375.7	1.75E+08	1275333	0.9	481592.2	567358.3	226382.4	1147800
27	I[27]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-249383	88404895	1275333	0.9	481592.2	567358.3	226382.4	1147800
27	J[28]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	-32614.6	2.2E+08	1091217	0.9	499806.7	588816.7	2593.435	982095.1
27	J[28]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-171566	1.14E+08	1091217	0.9	499806.7	588816.7	2593.435	982095.1
28	I[28]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	-32690.6	2.2E+08	804736.1	0.9	267767	588816.7	1858.69	724262.5
28	I[28]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-171642	1.14E+08	724558.9	0.9	133883.5	588816.7	1858.69	652103

Elem	Part	Max/Min	LCom Name	Type	CHK	Vu kgf	Mu kgf x cm	Vn kgf	Phi	Vc kgf	Vs kgf	Vp kgf	PhiVn kgf
28	J[29]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	22228.95	2.46E+08	804825.5	0.9	267767	588816.7	1948.108	724343
28	J[29]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-113565	1.27E+08	724648.3	0.9	133883.5	588816.7	1948.108	652183.5
29	I[29]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	22228.95	2.46E+08	804825.6	0.9	267767	588816.7	1948.217	724343.1
29	I[29]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-113565	1.27E+08	724648.4	0.9	133883.5	588816.7	1948.217	652183.6
29	J[30]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	84426.09	2.51E+08	812819.9	0.9	267767	588816.7	9942.479	731537.9
29	J[30]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-52210.1	1.3E+08	732642.7	0.9	133883.5	588816.7	9942.479	659378.4
30	I[30]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	84414.77	2.51E+08	1099479	0.9	499806.7	588816.7	10855.64	989531.1
30	I[30]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-52221.4	1.3E+08	1099479	0.9	499806.7	588816.7	10855.64	989531.1
30	J[31]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	162691.1	2.33E+08	1271700	0.9	481592.2	567358.3	222749.4	1144530
30	J[31]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	33456.73	1.2E+08	1271700	0.9	481592.2	567358.3	222749.4	1144530
31	I[31]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	162516.7	2.33E+08	989876.4	0.9	258008.8	567358.3	216258.4	890888.8
31	I[31]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	33282.66	1.2E+08	989876.4	0.9	258008.8	567358.3	216258.4	890888.8
31	J[32]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	221279.1	1.93E+08	1108184	0.9	249811.3	549332.2	359145.4	997365.6
31	J[32]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	79001.46	96967003	1108184	0.9	249811.3	549332.2	359145.4	997365.6
32	I[32]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	221121.9	1.93E+08	1108218	0.9	249811.3	549332.2	359179.5	997396.4
32	I[32]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	78844.36	96967003	1108218	0.9	249811.3	549332.2	359179.5	997396.4
32	J[33]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	282172.9	1.3E+08	1097049	0.9	251893.6	553911.1	341766.9	987344.2
32	J[33]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	123409.4	64157873	1097049	0.9	251893.6	553911.1	341766.9	987344.2
33	I[33]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	281989.4	1.3E+08	1097070	0.9	251893.6	553911.1	341788	987363.2
33	I[33]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	123225.9	64157873	1097070	0.9	251893.6	553911.1	341788	987363.2
33	J[34]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	344916.1	43879338	937434.6	0.9	249811.3	549332.2	188395.9	843691.1
33	J[34]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	158375.4	21494364	937434.6	0.9	249811.3	549332.2	188395.9	843691.1
34	I[34]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	345441.9	43879338	3172799	0.9	1419667	1561214	191917.4	2855519
34	I[34]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	158900.5	21494364	3172799	0.9	1419667	1561214	191917.4	2855519
34	J[35]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	398348.8	-0.1764	3119566	0.9	1419667	1561214	138683.7	2807609
34	J[35]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	199338.9	-0.1791	3119566	0.9	1419667	1561214	138683.7	2807609

Check Shear Strength of Section due to 6 BTS Carriages Case

Elem	Part	Max/Min	LCom Name	Type	CHK	Vu kgf	Mu kgf x cm	Vn kgf	Phi	Vc kgf	Vs kgf	Vp kgf	PhiVn kgf
1	I[1]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	-208278	-0.1541	3113249	0.9	1419667	1561214	132367.1	2801924
1	I[1]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-407154	-0.1578	3113249	0.9	1419667	1561214	132367.1	2801924
1	J[2]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	-148230	79637388	3202109	0.9	1419667	1561214	221227	2881898
1	J[2]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-323920	40107092	3202109	0.9	1419667	1561214	221227	2881898
2	I[2]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	-147715	79637388	966010.9	0.9	249811.3	549332.2	216972.3	869409.8
2	I[2]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-323405	40107092	966010.9	0.9	249811.3	549332.2	216972.3	869409.8
2	J[3]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	-109960	1.54E+08	1183139	0.9	249811.3	549332.2	434100.2	1064825
2	J[3]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-263184	78357676	1183139	0.9	249811.3	549332.2	434100.2	1064825
3	I[3]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	-110146	1.54E+08	1183155	0.9	249811.3	549332.2	434116.3	1064839
3	I[3]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-263371	78357676	1183155	0.9	249811.3	549332.2	434116.3	1064839
3	J[4]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	-67194.3	2.09E+08	1033428	0.9	257878.6	567072.2	260200.6	930085.6
3	J[4]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-205069	1.07E+08	1033428	0.9	257878.6	567072.2	260200.6	930085.6
4	I[4]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	-67394.9	2.09E+08	1284027	0.9	466291.7	549333.1	268402.5	1155625
4	I[4]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-205270	1.07E+08	1284027	0.9	466291.7	549333.1	268402.5	1155625
4	J[5]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	2113.973	2.39E+08	1157759	0.9	481592.2	567358.3	108808.2	1041983
4	J[5]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-129225	1.24E+08	1157759	0.9	481592.2	567358.3	108808.2	1041983
5	I[5]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	1984.796	2.39E+08	877349.2	0.9	258008.8	567358.3	103731.1	789614.2
5	I[5]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-129354	1.24E+08	877349.2	0.9	258008.8	567358.3	103731.1	789614.2
5	J[6]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	63943.87	2.51E+08	838974.1	0.9	267767	588816.7	36096.65	755076.6
5	J[6]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-73062.4	1.29E+08	758796.8	0.9	133883.5	588816.7	36096.65	682917.1
6	I[6]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	63945.3	2.51E+08	838979.3	0.9	267767	588816.7	36101.88	755081.4
6	I[6]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-73061	1.29E+08	758802.1	0.9	133883.5	588816.7	36101.88	682921.9
6	J[7]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	122450.2	2.42E+08	811840.6	0.9	267767	588816.7	8963.164	730656.5
6	J[7]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-12488.5	1.25E+08	731663.3	0.9	133883.5	588816.7	8963.164	658497
7	I[7]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	122450.2	2.42E+08	811840.2	0.9	267767	588816.7	8962.822	730656.2
7	I[7]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-12488.5	1.25E+08	731663	0.9	133883.5	588816.7	8962.822	658496.7

Elem	Part	Max/Min	LCom Name	Type	CHK	Vu kgf	Mu kgf x cm	Vn kgf	Phi	Vc kgf	Vs kgf	Vp kgf	PhiVn kgf
7	J[8]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	178224.6	2.15E+08	805066.7	0.9	267767	588816.7	2189.26	724560
7	J[8]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	37207.48	1.12E+08	724889.4	0.9	133883.5	588816.7	2189.26	652400.5
8	I[8]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	178140.8	2.15E+08	1091539	0.9	499806.7	588816.7	2915.719	982385.2
8	I[8]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	37123.63	1.12E+08	1091539	0.9	499806.7	588816.7	2915.719	982385.2
8	J[9]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	253469.8	1.7E+08	1294363	0.9	481592.2	567358.3	245412.9	1164927
8	J[9]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	97401.66	86319797	1294363	0.9	481592.2	567358.3	245412.9	1164927
9	I[9]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	253050.7	1.7E+08	1013603	0.9	258008.8	567358.3	239984.5	912242.3
9	I[9]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	96983.2	86319797	936347.2	0.9	129004.4	567358.3	239984.5	842712.5
9	J[10]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	311943.6	1.09E+08	1137554	0.9	249811.3	549332.2	388515.2	1023798
9	J[10]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	130820.9	48799562	1137554	0.9	249811.3	549332.2	388515.2	1023798
10	I[10]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	311724.3	1.09E+08	1139686	0.9	249803.3	549333.9	390671.6	1025718
10	I[10]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	130601.8	48799562	1139686	0.9	249803.3	549333.9	390671.6	1025718
10	J[11]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	375038.9	42026459	1178786	0.9	259170.7	569933.3	401683.8	1060907
10	J[11]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	167292.3	-2.3E+07	1150699	0.9	249803.3	549333.9	401683.8	1035629
11	I[11]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	374777.1	42026459	1177821	0.9	259179.7	569933.3	400692.2	1060039
11	I[11]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	167031.6	-2.3E+07	1149731	0.9	249811.3	549332.2	400692.2	1034758
11	J[12]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	436873.4	-1.1E+07	1008387	0.9	249811.3	549332.2	259347.9	907547.9
11	J[12]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	198780.9	-1.2E+08	1008387	0.9	249811.3	549332.2	259347.9	907547.9
12	I[12]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	-235670	-7E+07	3243437	0.9	1419667	1561214	262554.8	2919093
12	I[12]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-501191	-2.4E+08	3243437	0.9	1419667	1561214	262554.8	2919093
12	J[13]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	-163612	-1.6E+07	3220260	0.9	1419667	1561214	239378.1	2898234
12	J[13]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-406651	-1.3E+08	3220260	0.9	1419667	1561214	239378.1	2898234
13	I[13]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	-162878	-1.6E+07	985595.7	0.9	249811.3	549332.2	236557	887036.1
13	I[13]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-405915	-1.3E+08	985595.7	0.9	249811.3	549332.2	236557	887036.1
13	J[14]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	-130140	40705872	1127115	0.9	259179.7	569933.3	349985.5	1014403
13	J[14]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-347141	-3.4E+07	1099024	0.9	249811.3	549332.2	349985.5	989121.8
14	I[14]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	-130365	40705872	1127571	0.9	259170.7	569933.3	350469.3	1014814
14	I[14]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-347367	-3.4E+07	1099484	0.9	249803.3	549333.9	350469.3	989535.6

Elem	Part	Max/Min	LCom Name	Type	CHK	Vu kgf	Mu kgf x cm	Vn kgf	Phi	Vc kgf	Vs kgf	Vp kgf	PhiVn kgf
14	J[15]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	-92531.7	99280058	1086065	0.9	249803.3	549333.9	337050.4	977458.7
14	J[15]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-282287	16939428	1086065	0.9	249803.3	549333.9	337050.4	977458.7
15	I[15]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	-92716.9	99280058	1084904	0.9	249811.3	549332.2	335865.6	976413.8
15	I[15]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-282473	16939428	1084904	0.9	249811.3	549332.2	335865.6	976413.8
15	J[16]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	-59978.9	1.43E+08	978296.7	0.9	258008.8	567358.3	204678.7	880467
15	J[16]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-221530	54500333	901041.4	0.9	129004.4	567358.3	204678.7	810937.2
16	I[16]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	-60259.3	1.43E+08	1256440	0.9	481592.2	567358.3	207489.5	1130796
16	I[16]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-221811	54500333	1256440	0.9	481592.2	567358.3	207489.5	1130796
16	J[17]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	15849.63	1.71E+08	1100006	0.9	499806.7	588816.7	11382.69	990005.5
16	J[17]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-140401	79237277	1100006	0.9	499806.7	588816.7	11382.69	990005.5
17	I[17]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	15806.18	1.71E+08	813942.9	0.9	267767	588816.7	11065.45	732548.6
17	I[17]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-140444	79237277	733765.6	0.9	133883.5	588816.7	11065.45	660389.1
17	J[18]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	80188.7	1.76E+08	802877.4	0.9	267767	588816.7	0	722589.7
17	J[18]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-77868.9	91150275	722700.2	0.9	133883.5	588816.7	0	650430.2
18	I[18]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	80188.7	1.76E+08	802877.4	0.9	267767	588816.7	0	722589.7
18	I[18]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-77868.9	91150275	722700.2	0.9	133883.5	588816.7	0	650430.2
18	J[19]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	142796.6	1.7E+08	814913.6	0.9	267767	588816.7	12036.18	733422.2
18	J[19]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-13503.5	78761246	734736.4	0.9	133883.5	588816.7	12036.18	661262.7
19	I[19]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	142752.4	1.7E+08	1101001	0.9	499806.7	588816.7	12377.7	990901
19	I[19]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-13547.7	78761246	1101001	0.9	499806.7	588816.7	12377.7	990901
19	J[20]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	224192.7	1.42E+08	1269763	0.9	481592.2	567358.3	220812.4	1142787
19	J[20]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	62415	53381663	1269763	0.9	481592.2	567358.3	220812.4	1142787
20	I[20]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	223908.5	1.42E+08	991582.7	0.9	258008.8	567358.3	217964.7	892424.4
20	I[20]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	62131.83	53381663	914327.4	0.9	129004.4	567358.3	217964.7	822894.7
20	J[21]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	284866.9	96996155	1104316	0.9	249811.3	549332.2	355277.6	993884.7
20	J[21]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	94869.83	15178112	1104316	0.9	249811.3	549332.2	355277.6	993884.7
21	I[21]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	284680.9	96996155	1105562	0.9	249803.3	549333.9	356546.8	995005.4
21	I[21]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	94684.03	15178112	1105562	0.9	249803.3	549333.9	356546.8	995005.4

Elem	Part	Max/Min	LCom Name	Type	CHK	Vu kgf	Mu kgf x cm	Vn kgf	Phi	Vc kgf	Vs kgf	Vp kgf	PhiVn kgf
21	J[22]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	349729.8	37715919	1148371	0.9	259170.7	569933.3	371269.1	1033534
21	J[22]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	132517.1	-3.7E+07	1120284	0.9	249803.3	549333.9	371269.1	1008256
22	I[22]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	349503.1	37715919	1147878	0.9	259179.7	569933.3	370748.5	1033090
22	I[22]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	132291.5	-3.7E+07	1119787	0.9	249811.3	549332.2	370748.5	1007808
22	J[23]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	408233.3	-1.9E+07	999573.1	0.9	249811.3	549332.2	250534.4	899615.8
22	J[23]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	165029.5	-1.3E+08	999573.1	0.9	249811.3	549332.2	250534.4	899615.8
23	I[23]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	-274206	-7.9E+07	3234511	0.9	1419667	1561214	253629.6	2911060
23	I[23]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-541980	-2.4E+08	3234511	0.9	1419667	1561214	253629.6	2911060
23	J[24]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	-202148	-1.4E+07	3230579	0.9	1419667	1561214	249696.6	2907521
23	J[24]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-440277	-1.3E+08	3230579	0.9	1419667	1561214	249696.6	2907521
24	I[24]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	-201229	-1.4E+07	995642.9	0.9	249811.3	549332.2	246604.2	896078.6
24	I[24]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-439356	-1.3E+08	995642.9	0.9	249811.3	549332.2	246604.2	896078.6
24	J[25]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	-168326	41150202	1149403	0.9	259179.7	569933.3	372273.9	1034463
24	J[25]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-375077	-2.2E+07	1121313	0.9	249811.3	549332.2	372273.9	1009181
25	I[25]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	-168574	41150202	1150450	0.9	259170.7	569933.3	373348.4	1035405
25	I[25]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-375326	-2.2E+07	1122363	0.9	249803.3	549333.9	373348.4	1010127
25	J[26]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	-130551	1.12E+08	1114135	0.9	249803.3	549333.9	365119.7	1002721
25	J[26]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-309635	49691723	1114135	0.9	249803.3	549333.9	365119.7	1002721
26	I[26]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	-130759	1.12E+08	1111959	0.9	249811.3	549332.2	362920.1	1000763
26	I[26]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-309843	49691723	1111959	0.9	249811.3	549332.2	362920.1	1000763
26	J[27]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	-94988.1	1.75E+08	994458.6	0.9	258008.8	567358.3	220840.6	895012.7
26	J[27]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-248995	88404891	917203.3	0.9	129004.4	567358.3	220840.6	825483
27	I[27]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	-95375.7	1.75E+08	1275333	0.9	481592.2	567358.3	226382.4	1147800
27	I[27]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-249383	88404891	1275333	0.9	481592.2	567358.3	226382.4	1147800
27	J[28]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	-32614.6	2.2E+08	1091217	0.9	499806.7	588816.7	2593.435	982095.1
27	J[28]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-171566	1.14E+08	1091217	0.9	499806.7	588816.7	2593.435	982095.1
28	I[28]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	-32690.6	2.2E+08	804736.1	0.9	267767	588816.7	1858.69	724262.5
28	I[28]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-171642	1.14E+08	724558.9	0.9	133883.5	588816.7	1858.69	652103

Elem	Part	Max/Min	LCom Name	Type	CHK	Vu kgf	Mu kgf x cm	Vn kgf	Phi	Vc kgf	Vs kgf	Vp kgf	PhiVn kgf
28	J[29]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	22228.95	2.46E+08	804825.5	0.9	267767	588816.7	1948.108	724343
28	J[29]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-113565	1.27E+08	724648.3	0.9	133883.5	588816.7	1948.108	652183.5
29	I[29]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	22228.95	2.46E+08	804825.6	0.9	267767	588816.7	1948.217	724343.1
29	I[29]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-113565	1.27E+08	724648.4	0.9	133883.5	588816.7	1948.217	652183.6
29	J[30]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	84426.09	2.51E+08	812819.9	0.9	267767	588816.7	9942.479	731537.9
29	J[30]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-52210.1	1.3E+08	732642.7	0.9	133883.5	588816.7	9942.479	659378.4
30	I[30]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	84414.77	2.51E+08	1099479	0.9	499806.7	588816.7	10855.64	989531.1
30	I[30]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	-52221.4	1.3E+08	1099479	0.9	499806.7	588816.7	10855.64	989531.1
30	J[31]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	162691.1	2.33E+08	1271700	0.9	481592.2	567358.3	222749.4	1144530
30	J[31]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	33456.73	1.2E+08	1271700	0.9	481592.2	567358.3	222749.4	1144530
31	I[31]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	162516.7	2.33E+08	989876.4	0.9	258008.8	567358.3	216258.4	890888.8
31	I[31]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	33282.66	1.2E+08	989876.4	0.9	258008.8	567358.3	216258.4	890888.8
31	J[32]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	221279.1	1.93E+08	1108184	0.9	249811.3	549332.2	359145.4	997365.6
31	J[32]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	79001.46	96967002	1108184	0.9	249811.3	549332.2	359145.4	997365.6
32	I[32]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	221121.9	1.93E+08	1108218	0.9	249811.3	549332.2	359179.5	997396.4
32	I[32]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	78844.36	96967002	1108218	0.9	249811.3	549332.2	359179.5	997396.4
32	J[33]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	282172.9	1.3E+08	1097049	0.9	251893.6	553911.1	341766.9	987344.2
32	J[33]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	123409.4	64157872	1097049	0.9	251893.6	553911.1	341766.9	987344.2
33	I[33]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	281989.4	1.3E+08	1097070	0.9	251893.6	553911.1	341788	987363.2
33	I[33]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	123225.9	64157872	1097070	0.9	251893.6	553911.1	341788	987363.2
33	J[34]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	344916.1	43879338	937434.6	0.9	249811.3	549332.2	188395.9	843691.1
33	J[34]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	158375.4	21494363	937434.6	0.9	249811.3	549332.2	188395.9	843691.1
34	I[34]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	345441.9	43879338	3172799	0.9	1419667	1561214	191917.4	2855519
34	I[34]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	158900.5	21494363	3172799	0.9	1419667	1561214	191917.4	2855519
34	J[35]	Max	cLCB1	FX-MAX	OK	398348.8	-0.1764	3119566	0.9	1419667	1561214	138683.7	2807609
34	J[35]	Min	cLCB1	FX-MIN	OK	199338.9	-0.1791	3119566	0.9	1419667	1561214	138683.7	2807609

Deflection due to due to 3 BTS Carriages Case

Node	Load	DX (mm)	DY (mm)	DZ (mm)	RX ([rad])	RY ([rad])	RZ ([rad])
1	MVL 1(all)	0.326	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000
2	MVL 1(all)	0.315	-0.025	-2.034	0.000	0.001	0.000
3	MVL 1(all)	0.256	-0.064	-4.611	0.000	0.001	0.000
4	MVL 1(all)	0.208	-0.092	-6.619	0.000	0.001	0.000
5	MVL 1(all)	-0.369	-0.111	-7.946	0.000	0.000	0.000
6	MVL 1(all)	-0.580	-0.120	-8.624	0.000	0.000	0.000
7	MVL 1(all)	-0.777	-0.121	-8.454	0.000	0.000	0.000
8	MVL 1(all)	-0.940	-0.117	-7.516	0.000	0.000	0.000
9	MVL 1(all)	-1.051	-0.105	-6.183	0.000	0.000	0.000
10	MVL 1(all)	-1.124	-0.082	-4.539	0.000	-0.001	0.000
11	MVL 1(all)	-1.154	-0.046	-2.703	0.000	-0.001	0.000
12	MVL 1(all)	-1.118	0.000	-0.755	0.000	-0.001	0.000
13	MVL 1(all)	-1.029	-0.031	0.612	0.000	0.000	0.000
14	MVL 1(all)	-0.907	-0.071	1.703	0.000	0.000	0.000
15	MVL 1(all)	-0.803	-0.103	-2.447	0.000	0.000	0.000
16	MVL 1(all)	-0.712	-0.119	-3.266	0.000	0.000	0.000
17	MVL 1(all)	-0.642	-0.129	-3.694	0.000	0.000	0.000
18	MVL 1(all)	-0.583	-0.131	-3.756	0.000	0.000	0.000
19	MVL 1(all)	-0.539	-0.126	-3.688	0.000	0.000	0.000
20	MVL 1(all)	-0.513	-0.112	-3.245	0.000	0.000	0.000
21	MVL 1(all)	-0.500	-0.087	-2.415	0.000	0.000	0.000
22	MVL 1(all)	-0.502	-0.049	1.700	0.000	0.000	0.000
23	MVL 1(all)	-0.519	0.000	0.617	0.000	0.000	0.000
24	MVL 1(all)	-0.540	-0.032	-0.816	0.000	0.001	0.000
25	MVL 1(all)	-0.570	-0.072	-2.819	0.000	0.001	0.000
26	MVL 1(all)	0.600	-0.106	-4.696	0.000	0.001	0.000
27	MVL 1(all)	-0.620	-0.122	-6.361	0.000	0.000	0.000
28	MVL 1(all)	-0.639	-0.134	-7.671	0.000	0.000	0.000
29	MVL 1(all)	-0.657	-0.134	-8.515	0.000	0.000	0.000
30	MVL 1(all)	-0.672	-0.130	-8.501	0.000	0.000	0.000
31	MVL 1(all)	-0.682	-0.117	-7.717	0.000	0.000	0.000
32	MVL 1(all)	-0.691	-0.095	-6.186	0.000	-0.001	0.000
33	MVL 1(all)	-0.825	-0.061	-3.893	0.000	-0.001	0.000
34	MVL 1(all)	-0.901	-0.015	-1.102	0.000	-0.001	0.000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational **123** only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Deflection due to due to 4 BTS Carriages Case

Node	Load	DX (mm)	DY (mm)	DZ (mm)	RX ([rad])	RY ([rad])	RZ ([rad])
1	MVL 1(all)	0.352	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000
2	MVL 1(all)	0.336	-0.025	-2.034	0.000	0.001	0.000
3	MVL 1(all)	0.256	-0.064	-4.611	0.000	0.001	0.000
4	MVL 1(all)	0.208	-0.092	-6.619	0.000	0.001	0.000
5	MVL 1(all)	-0.369	-0.111	-7.946	0.000	0.000	0.000
6	MVL 1(all)	-0.580	-0.120	-8.624	0.000	0.000	0.000
7	MVL 1(all)	-0.777	-0.121	-8.454	0.000	0.000	0.000
8	MVL 1(all)	-0.940	-0.117	-7.516	0.000	0.000	0.000
9	MVL 1(all)	-1.051	-0.105	-6.183	0.000	0.000	0.000
10	MVL 1(all)	-1.124	-0.082	-4.539	0.000	-0.001	0.000
11	MVL 1(all)	-1.154	-0.046	-2.703	0.000	-0.001	0.000
12	MVL 1(all)	-1.118	0.000	-0.755	0.000	-0.001	0.000
13	MVL 1(all)	-1.029	-0.031	0.612	0.000	0.000	0.000
14	MVL 1(all)	-0.907	-0.071	1.703	0.000	0.000	0.000
15	MVL 1(all)	-0.803	-0.103	-2.420	0.000	0.000	0.000
16	MVL 1(all)	-0.712	-0.119	-3.081	0.000	0.000	0.000
17	MVL 1(all)	-0.642	-0.129	-3.569	0.000	0.000	0.000
18	MVL 1(all)	-0.583	-0.131	-3.727	0.000	0.000	0.000
19	MVL 1(all)	-0.539	-0.126	-3.551	0.000	0.000	0.000
20	MVL 1(all)	-0.513	-0.112	-3.053	0.000	0.000	0.000
21	MVL 1(all)	-0.500	-0.088	-2.391	0.000	0.000	0.000
22	MVL 1(all)	-0.502	-0.050	1.700	0.000	0.000	0.000
23	MVL 1(all)	-0.519	0.000	0.617	0.000	0.000	0.000
24	MVL 1(all)	-0.540	-0.032	-0.816	0.000	0.001	0.000
25	MVL 1(all)	-0.570	-0.072	-2.819	0.000	0.001	0.000
26	MVL 1(all)	0.600	-0.106	-4.696	0.000	0.001	0.000
27	MVL 1(all)	-0.620	-0.122	-6.361	0.000	0.000	0.000
28	MVL 1(all)	-0.639	-0.134	-7.671	0.000	0.000	0.000
29	MVL 1(all)	-0.657	-0.134	-8.515	0.000	0.000	0.000
30	MVL 1(all)	-0.672	-0.130	-8.501	0.000	0.000	0.000
31	MVL 1(all)	-0.682	-0.117	-7.717	0.000	0.000	0.000
32	MVL 1(all)	-0.691	-0.095	-6.186	0.000	-0.001	0.000
33	MVL 1(all)	-0.825	-0.061	-3.893	0.000	-0.001	0.000
34	MVL 1(all)	-0.901	-0.015	-1.102	0.000	-0.001	0.000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational **124** only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Deflection due to due to 5 BTS Carriages Case

Node	Load	DX (mm)	DY (mm)	DZ (mm)	RX ([rad])	RY ([rad])	RZ ([rad])
1	MVL 1(all)	0.352	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000
2	MVL 1(all)	0.336	-0.025	-2.034	0.000	0.001	0.000
3	MVL 1(all)	0.256	-0.064	-4.611	0.000	0.001	0.000
4	MVL 1(all)	0.208	-0.092	-6.619	0.000	0.001	0.000
5	MVL 1(all)	-0.369	-0.111	-7.946	0.000	0.000	0.000
6	MVL 1(all)	-0.580	-0.120	-8.624	0.000	0.000	0.000
7	MVL 1(all)	-0.777	-0.121	-8.454	0.000	0.000	0.000
8	MVL 1(all)	-0.940	-0.117	-7.516	0.000	0.000	0.000
9	MVL 1(all)	-1.051	-0.105	-6.183	0.000	0.000	0.000
10	MVL 1(all)	-1.124	-0.082	-4.539	0.000	-0.001	0.000
11	MVL 1(all)	-1.154	-0.046	-2.703	0.000	-0.001	0.000
12	MVL 1(all)	-1.118	0.000	-0.755	0.000	-0.001	0.000
13	MVL 1(all)	-1.029	-0.031	0.612	0.000	0.000	0.000
14	MVL 1(all)	-0.907	-0.071	1.703	0.000	0.000	0.000
15	MVL 1(all)	-0.803	-0.103	-2.420	0.000	0.000	0.000
16	MVL 1(all)	-0.712	-0.119	-3.081	0.000	0.000	0.000
17	MVL 1(all)	-0.642	-0.129	-3.569	0.000	0.000	0.000
18	MVL 1(all)	-0.583	-0.131	-3.727	0.000	0.000	0.000
19	MVL 1(all)	-0.539	-0.126	-3.551	0.000	0.000	0.000
20	MVL 1(all)	-0.513	-0.112	-3.053	0.000	0.000	0.000
21	MVL 1(all)	-0.500	-0.088	-2.391	0.000	0.000	0.000
22	MVL 1(all)	-0.502	-0.050	1.700	0.000	0.000	0.000
23	MVL 1(all)	-0.519	0.000	0.617	0.000	0.000	0.000
24	MVL 1(all)	-0.540	-0.032	-0.816	0.000	0.001	0.000
25	MVL 1(all)	-0.570	-0.072	-2.819	0.000	0.001	0.000
26	MVL 1(all)	0.600	-0.106	-4.696	0.000	0.001	0.000
27	MVL 1(all)	-0.620	-0.122	-6.361	0.000	0.000	0.000
28	MVL 1(all)	-0.639	-0.134	-7.671	0.000	0.000	0.000
29	MVL 1(all)	-0.657	-0.134	-8.515	0.000	0.000	0.000
30	MVL 1(all)	-0.672	-0.130	-8.501	0.000	0.000	0.000
31	MVL 1(all)	-0.682	-0.117	-7.717	0.000	0.000	0.000
32	MVL 1(all)	-0.788	-0.095	-6.186	0.000	-0.001	0.000
33	MVL 1(all)	-0.934	-0.061	-3.893	0.000	-0.001	0.000
34	MVL 1(all)	-1.010	-0.015	-1.102	0.000	-0.001	0.000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational **125** only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Deflection due to due to 6 BTS Carriages Case

Node	Load	DX (mm)	DY (mm)	DZ (mm)	RX ([rad])	RY ([rad])	RZ ([rad])
1	MVL 1(all)	0.352	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000
2	MVL 1(all)	0.336	-0.025	-2.034	0.000	0.001	0.000
3	MVL 1(all)	0.256	-0.064	-4.611	0.000	0.001	0.000
4	MVL 1(all)	0.208	-0.092	-6.619	0.000	0.001	0.000
5	MVL 1(all)	-0.369	-0.111	-7.946	0.000	0.000	0.000
6	MVL 1(all)	-0.580	-0.120	-8.624	0.000	0.000	0.000
7	MVL 1(all)	-0.777	-0.121	-8.454	0.000	0.000	0.000
8	MVL 1(all)	-0.940	-0.117	-7.516	0.000	0.000	0.000
9	MVL 1(all)	-1.051	-0.105	-6.183	0.000	0.000	0.000
10	MVL 1(all)	-1.124	-0.082	-4.539	0.000	-0.001	0.000
11	MVL 1(all)	-1.154	-0.046	-2.703	0.000	-0.001	0.000
12	MVL 1(all)	-1.118	0.000	-0.755	0.000	-0.001	0.000
13	MVL 1(all)	-1.029	-0.031	0.612	0.000	0.000	0.000
14	MVL 1(all)	-0.907	-0.071	1.703	0.000	0.000	0.000
15	MVL 1(all)	-0.803	-0.103	-2.420	0.000	0.000	0.000
16	MVL 1(all)	-0.712	-0.119	-3.081	0.000	0.000	0.000
17	MVL 1(all)	-0.642	-0.129	-3.569	0.000	0.000	0.000
18	MVL 1(all)	-0.583	-0.131	-3.727	0.000	0.000	0.000
19	MVL 1(all)	-0.539	-0.126	-3.551	0.000	0.000	0.000
20	MVL 1(all)	-0.513	-0.112	-3.053	0.000	0.000	0.000
21	MVL 1(all)	-0.500	-0.088	-2.391	0.000	0.000	0.000
22	MVL 1(all)	-0.502	-0.050	1.700	0.000	0.000	0.000
23	MVL 1(all)	-0.519	0.000	0.617	0.000	0.000	0.000
24	MVL 1(all)	-0.540	-0.032	-0.816	0.000	0.001	0.000
25	MVL 1(all)	-0.570	-0.072	-2.819	0.000	0.001	0.000
26	MVL 1(all)	0.600	-0.106	-4.696	0.000	0.001	0.000
27	MVL 1(all)	-0.620	-0.122	-6.361	0.000	0.000	0.000
28	MVL 1(all)	-0.639	-0.134	-7.671	0.000	0.000	0.000
29	MVL 1(all)	-0.657	-0.134	-8.515	0.000	0.000	0.000
30	MVL 1(all)	-0.672	-0.130	-8.501	0.000	0.000	0.000
31	MVL 1(all)	-0.682	-0.117	-7.717	0.000	0.000	0.000
32	MVL 1(all)	-0.788	-0.095	-6.186	0.000	-0.001	0.000
33	MVL 1(all)	-0.934	-0.061	-3.893	0.000	-0.001	0.000
34	MVL 1(all)	-1.010	-0.015	-1.102	0.000	-0.001	0.000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ - นามสกุล นายชัชชานนท์ อุ่นเจริญ
วัน เดือน ปีเกิด 28 พฤษภาคม 2541
ที่อยู่ 39/25 หมู่บ้านบุศรีรินทร์ ซ.บุศรีรินทร์ 4 ถ.พระยาสุเรนทร์ 40
แขวงสามวาตะวันตก เขตคลองสามวา กรุงเทพมหานคร 10510
ประวัติการศึกษา 2563 วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ชื่อ - นามสกุล นายธิติ เปரியกระโทก
วัน เดือน ปีเกิด 7 พฤศจิกายน 2541
ที่อยู่ 138/4 ตำบลสบง อำเภอกุฉินารายณ์ จังหวัดพะเยา 56110
ประวัติการศึกษา 2563 วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.