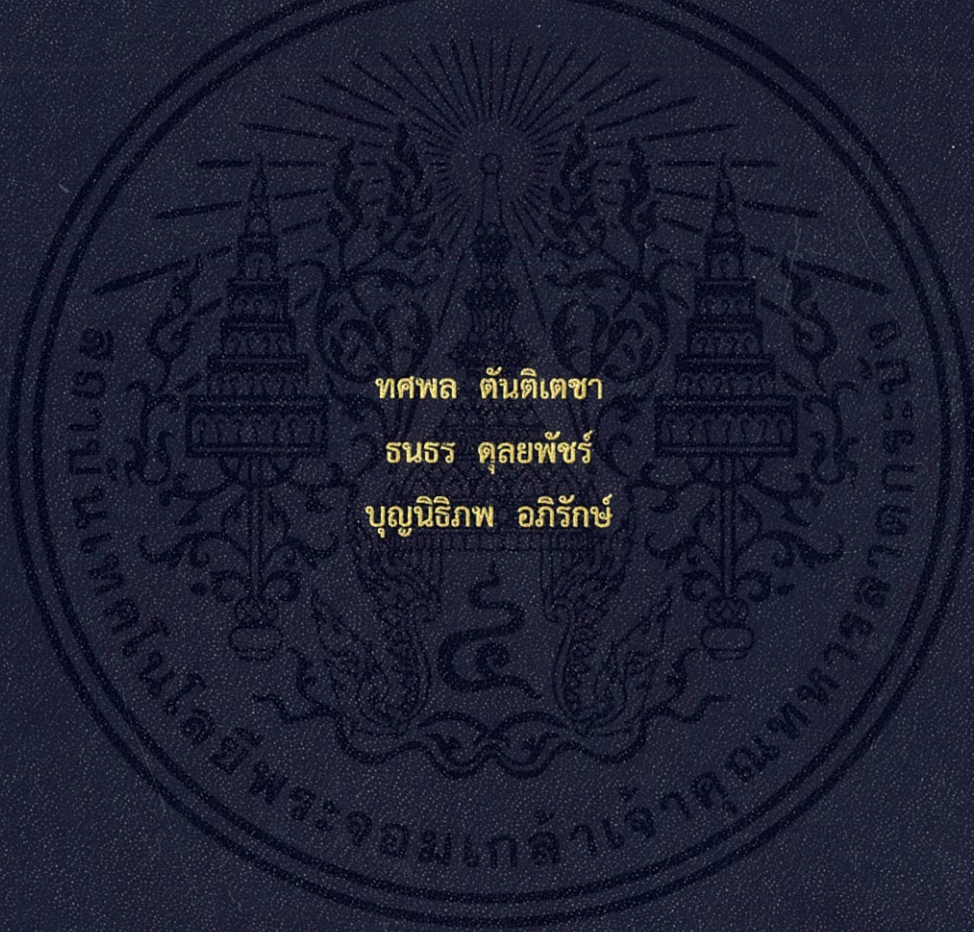


การเปรียบเทียบผลของแรงลมสำหรับการออกแบบสะพานตามมาตรฐาน
AASHTO LRFD 2017 และมาตรฐานการคำนวณแรงลมกรมทางหลวงชนบท
อ้างอิงมาตรฐาน AASHTO LRFD 2014

COMPARISON IN INFLUENCES OF THE WIND LOAD FOR BRIDGE
DESIGN ACCORDING TO AASHTO LRFD 2017 AND THE STANDARD
OF WIND LOAD CALCULATION OF DEPARTMENT OF RURAL ROAD
REFERENCE AASHTO 2014



ทศพล ตันติเตชา
ธนธร ดุลยพัชร์
บุญนิธิภพ อภิรักษ์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2561

การเปรียบเทียบผลของแรงลมสำหรับการออกแบบสะพานตามมาตรฐาน
AASHTO LRFD 2017 และมาตรฐานการคำนวณแรงลมกรมทางหลวงชนบท
อ้างอิงมาตรฐาน AASHTO LRFD 2014

COMPARISON IN INFLUENCES OF THE WIND LOAD FOR BRIDGE
DESIGN ACCORDING TO AASHTO LRFD 2017 AND THE STANDARD
OF WIND LOAD CALCULATION OF DEPARTMENT OF RURAL ROAD
REFERENCE AASHTO 2014



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2561

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองโครงการพิเศษ






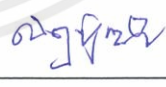
หัวข้อโครงการพิเศษ การเปรียบเทียบผลของแรงลมสำหรับการออกแบบสะพานตาม
มาตรฐาน AASHTO LRFD 2017 และมาตรฐานการคำนวณแรงลม
กรมทางหลวงชนบท อ้างอิงมาตรฐาน AASHTO LRFD 2014

นักศึกษา นายทศพล ตันติเตชา รหัสประจำตัว 58010463
 นายธนธร ดุลยพัชร รหัสประจำตัว 58010496
 นายบุญนิธิภพ อภิรักษ์ รหัสประจำตัว 58010693

หลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร. อำพน จรัสจรุงเกียรติ

คณะกรรมการสอบโครงการพิเศษ	ลายมือชื่อ
ผศ.ดร. อาทิตย์ เพชรศศิธร	
รศ. สุวัฒน์ ธีรเศรษฐ์	
ผศ.ดร. อำพน จรัสจรุงเกียรติ	
ผศ.ดร. อัญญวิทย์ สุจริตพงศ์	
อาจารย์ ทรงกลด แซ่อึ้ง	
ดร. ณิชฎกนัย สินสมุทรผดุง	

ภาควิชาวิศวกรรมโยธารับรองแล้ว



(ผศ.ดร. อาทิตย์ เพชรศศิธร)

หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมโยธา

วันที่.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเปรียบเทียบผลของแรงลมสำหรับการออกแบบสะพานตาม มาตรฐาน
AASHTO LRFD 2017 และมาตรฐานการคำนวณแรงลมกรมทางหลวงชนบท
อ้างอิงมาตรฐาน AASHTO LRFD 2014

นาย ทศพล ตันติเตชา รหัสประจำตัว 58010463

นาย ธนธร ดุลยพัทธ์ รหัสประจำตัว 58010496

นาย บุญนิธภพ อภิรักษ์ รหัสประจำตัว 58010693

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร. อำพน จรัสจรวงเกียรติ

ปีการศึกษา 2561

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบมาตรฐานการคำนวณแรงลมกรมทางหลวงชนบท อ้างอิงมาตรฐาน AASHTO 2014 ที่ใช้งานอยู่ในปัจจุบันของประเทศไทยกับ American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO LRFD 2017) ซึ่งเป็นมาตรฐานที่ได้รับการปรับปรุงใหม่ ซึ่งยังไม่มี การเปรียบเทียบความเหมาะสมในการออกแบบการก่อสร้างสะพานในประเทศไทย คณะผู้จัดทำจึงต้องการเปรียบเทียบทั้งสองมาตรฐาน โดยการสร้างแบบจำลองสะพานจากโครงการถนนเลี่ยงเมืองแมริมจังหวัดเชียงใหม่และใช้ค่าความเร็วลมจากกรมอุตุนิยมวิทยาในพื้นที่ เพื่อนำมาคำนวณตามวิธีของทั้งสองมาตรฐาน จากนั้นเปรียบเทียบค่าของแรงเฉือนและโมเมนต์จากแรงลมที่เกิดขึ้นกับสะพานว่าการออกแบบโดยใช้วิธีใดมีความเหมาะสมปลอดภัย และประหยัดต้นทุนในการก่อสร้างมากกว่ากัน เพื่อที่จะเสนอเป็นทางเลือกในการออกแบบและก่อสร้างสะพานต่อไป

คำสำคัญ: สะพาน, การออกแบบ, แรงลม, มาตรฐาน

COMPARISON IN INFLUENCES OF THE WIND LOAD FOR BRIDGE
DESIGN ACCORDING TO AASHTO LRFD 2017 AND THE STANDARD
OF WIND LOAD CALCULATION OF DEPARTMENT OF RURAL ROAD
REFERENCE AASHTO 2014

Totsapon Tuntitecha Student ID. 58010463

Thanathorn Dunyapat Student ID. 58010496

Boonnithipoph Apirak Student ID. 58010693

Advisor Dr.-Ing.Amphon Jarasjarungkiat

Academic Year 2018

Abstract

The objective of this research is to compare the effect of wind load standards. Department of Rural Roads reference AASHTO 2014 and American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO LRFD 2017). Which is suitable for the design of a bridge in Thailand. We want to compare these two standards using a bridge model, the road of Mae Rim, the Chiang Mai province, and the wind speed from the meteorological department in the area to calculate of the two standards, then compare the value of shear and torque from the wind to the bridge. The design in the two ways. which is more suitable, safe and cost-effective in construction. In order to propose an alternative to the design and construction of the bridge further.

Keywords: bridge, design, wind, standard

กิตติกรรมประกาศ

โครงการพิเศษฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องมาจากความกรุณาและความร่วมมือของทุกๆ ท่าน ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.อำพน จรัสจรัสเกียรติ ที่คอยให้คำปรึกษาดูแลอย่างใกล้ชิดและให้ความช่วยเหลือแนะนำที่ดีในการปรับปรุงข้อบกพร่องในการทำโครงการพิเศษ

ขอขอบพระคุณกรรมการสอบโครงการพิเศษ อาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมโยธา ที่ให้ข้อคิดเห็นและคำแนะนำช่วยเหลือในการทำโครงการพิเศษให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณ ว่าที่ ร.ต.ภูมิเกียรติ สว่างวงศ์ ให้ความช่วยเหลือและคำแนะนำ ในการใช้งานโปรแกรม Midas Civil ซึ่งช่วยให้โครงการพิเศษให้สำเร็จไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณ บิตา-มารดา ที่ให้ได้รับการศึกษา ตลอดจนคอยเลี้ยงดูและอบรมสั่งสอน และเป็นกำลังใจเป็นแรงผลักดันในการทำโครงการพิเศษให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี รวมถึงเพื่อนๆ และบุคคลอื่นๆ ที่ไม่ได้กล่าวมา ผู้จัดทำโครงการขอขอบคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ทศพล ตันติเตชา
จันทร ดุลยพัชร
บุญนิธิภพ อภิรักษ์

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อ.....	I
Abstract.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VI
สารบัญรูปภาพ.....	VII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์.....	1
1.3 แนวทางในการดำเนินงาน.....	2
1.4 ขอบเขตการวิจัย.....	2
1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
บทที่ 2 แนวคิด หลักการที่เกี่ยวข้อง.....	3
2.1 กล่าวนำ.....	3
2.2 มาตรฐานการคำนวณแรงลมกรมทางหลวงชนบท อ้างอิงมาตรฐาน AASHTO 2014.....	3
2.2.1 ความเร็วลม (Wind Velocity, VDZ).....	3
2.2.2 แรงดันลม (Wind Pressure on structures, PD).....	4
2.3 มาตรฐานการออกแบบ American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO LRFD 2017).....	4
2.3.1 การคำนวณหาค่าแรงดันลม (Wind Pressure).....	4
2.4 การวัดความเร็วลม.....	6
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย.....	10
3.1 กำหนดค่าตัวแปรมาตรฐานการคำนวณแรงลมกรมทางหลวงชนบท อ้างอิงมาตรฐาน AASHTO 2014 ..	10
3.1.1 ความเร็วลมออกแบบ (VDZ).....	10
3.1.2 แรงดันลม (Wind Pressure on structures, PD).....	11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
3.2 กำหนดค่าตัวแปรมาตรฐานการออกแบบ American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO LRFD 2017)	11
3.2.1 การคำนวณหาค่าแรงดันลม (Wind Pressure, P_z).....	11
3.3 การจำลองโมเดลโครงสร้างสะพานคอนกรีตเสริมเหล็กและการวิเคราะห์แรงลม.....	12
3.3.1 การเริ่มต้นใช้งานโปรแกรม.....	12
3.3.2 การกำหนดคุณสมบัติ (Definition of Properties)	14
3.3.3 กำหนดค่ามาตรฐานการสูญเสียกำลังที่เกิดขึ้นเนื่องจากเวลา (Definition of Time-dependent Material Properties).....	15
3.3.4 การสร้างแบบจำลองโครงสร้าง (Structural Modeling).....	16
3.3.5 การป้อนข้อมูลเงื่อนไขและขอบเขต (Boundary Conditions Input)	19
3.3.6 การป้อนข้อมูลน้ำหนักบรรทุกทุกในขั้นตอนการก่อสร้าง (Construction Stage Loads Input).....	22
3.3.7 การป้อนข้อมูลน้ำหนักบรรทุกบนโครงสร้างที่เสร็จสมบูรณ์ (Loading Input on the Completed Structure).....	25
3.3.8 การกำหนดขั้นตอนในการก่อสร้าง (Definition of Construction Stages).....	26
3.3.9 แสดงผลของการวิเคราะห์โครงสร้าง (Performing Structural Analysis)	27
บทที่ 4 ผลการดำเนินการ	29
4.1 ผลการวิเคราะห์เพื่อหาค่าโมเมนต์และแรงเฉือน	30
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย.....	38
5.1 สรุปผลการวิเคราะห์.....	38
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	39
เอกสารอ้างอิง.....	40
ภาคผนวก	41
ภาคผนวก ก. ค่าตัวแปรต่างๆ ในการคำนวณ	41
ภาคผนวก ข. แบบโครงการก่อสร้างถนนเลี่ยงเมืองแม่ริม จังหวัดเชียงใหม่.....	45
ภาคผนวก ค. ผลการคำนวณโครงสร้างสะพาน	55

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
4.1 เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์โมเมนต์ดัด แรงเฉือนและแรงบิดระหว่าง 2 มาตรฐาน.....	35
ก.1 ระบุค่าของตัวแปร V_0 และ Z_0 ตามลักษณะตำแหน่งที่ตั้งของโครงสร้าง.....	46
ก.2 แรงดันลมมาตรฐานเนื่องจากความเร็วลมพื้นฐาน กำหนดเท่ากับ 100 mph (P_B).....	46
ก.3 ค่าตัวแปรสัมประสิทธิ์เนื่องจากความสูงของสะพาน (Pressure exposure and elevation coefficient), K_z	47
ก.4 ค่าสัมประสิทธิ์การกรรโชก (Gust Effect Factor), G	47
ก.5 ค่าสัมประสิทธิ์แรงต้านอากาศ (Drag Coefficient), C_D	48
ก.6 การเก็บข้อมูลความเร็วของกรมอุตุนิยมวิทยา.....	48
ค.1 ค่าพิกัดสะพานและ Pressure ที่ความสูงต่างๆ.....	56
ค.2 Beam Force ที่เกิดจากมาตรฐาน AASHTO LRFD 2017.....	61
ค.3 Beam Force ที่เกิดจากมาตรฐาน AASHTO LRFD 2014.....	70

สารบัญรูปภาพ

รูปที่	หน้า
3.1 ตั้งค่าเริ่มต้นของโปรแกรม.....	13
3.2 หน้าต่างเริ่มต้นของโปรแกรม Midas Civil 2011.....	13
3.3 การดูระยะตามแบบจากโปรแกรม AutoCAD.....	14
3.4 การสร้าง Section Data โดยใช้ Tab : PSC-nCELL 2 (Left Side).....	15
3.5 การสร้าง Section Data โดยใช้ Tab : PSC-nCELL 2 (Right Side).....	15
3.6 การกรอกพิกัด Nodes.....	16
3.7 การหาพิกัดในโปรแกรม AutoCAD.....	17
3.8 การสร้าง Girder โดยใช้คำสั่ง Nodal Connectivity.....	17
3.9 Girder ที่สมบูรณ์.....	18
3.10 Generation of Support Nodes.....	18
3.11 Group Generation.....	19
3.12 Rigid Links.....	20
3.13 Type of Bearings.....	20
3.14 Pier Type.....	21
3.15 Boundary Condition Input.....	21
3.16 Load Cases Definition.....	22
3.17 Self Weight Input.....	22
3.18 Miscellaneous Dead Loads.....	23
3.19 Tendon Property Dialog.....	23
3.20 Tendon Profile Input Dialog.....	24
3.21 Loading Superimposed Dead Loads.....	24
3.22 Wind Loading Input (Uniform Load).....	25
3.23 Wind Loading Input (Uniform Moment).....	26
3.24 Load Combination.....	27
3.25 Perform Analysis.....	28
4.1 รูปตัดตามยาว CR-1.....	29
4.2 โมเดลสะพานในโปรแกรม Midas Civil 2019.....	29
4.3 ทิศทางและลักษณะแรงลมที่กระทำ.....	30
4.4 ผลของแรงในแนวแกนทั้ง 2 มาตรฐานการออกแบบ.....	30

สารบัญญรูปภาพ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.5 ผลของแรงเฉือนในแนวแกน y ทั้ง 2 มาตรฐานการออกแบบ.....	31
4.6 ผลของแรงเฉือนในแนวแกน z ทั้ง 2 มาตรฐานการออกแบบ.....	32
4.7 ผลของแรงบิดทั้ง 2 มาตรฐานการออกแบบ.....	33
4.8 ผลของโมเมนต์รอบแกน y ทั้ง 2 มาตรฐานการออกแบบ.....	34
4.9 ผลของโมเมนต์รอบแกน z ทั้ง 2 มาตรฐานการออกแบบ.....	35
4.10 Deformed Shape และกราฟแรงเฉือนในแนวแกน y ในมุมมอง Top View.....	36
4.11 Deformed Shape และกราฟโมเมนต์รอบแกน z ในมุมมอง Top View.....	36
ข.1 แพลนและรูปตัดตามยาวสะพาน จุดตัด CR-1.....	45
ข.2 รูปตัดสะพานตามขวาง 1/3.....	46
ข.3 รูปตัดสะพานตามขวาง 2/3.....	47
ข.4 รูปตัดสะพานตามขวาง 3/3.....	48
ข.5 แบบเสาทั่วไป.....	49
ข.6 รายละเอียดโครงสร้างส่วนบน.....	50
ข.7 แบบแสดงแพลนและรูปตัด ABUMENT.....	51
ข.8 แบบแสดงรูปตัดตามขวาง ABUMENT.....	52
ข.9 แบบแสดงแพลนและรูปตัด TRANSITION	53
ข.10 แบบแสดงแพลนและรูปตัด TRANSITION 2/2.....	54
ค.1 กราฟแสดงความแตกต่างระหว่าง Pressure ทั้ง 2 มาตรฐาน เทียบกับแบบสะพาน.....	55

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

โครงสร้างสะพานถือได้ว่าเป็นองค์ประกอบพื้นฐานที่สำคัญ และมีความจำเป็นอย่างยิ่งสำหรับพัฒนาระบบคมนาคมขนส่งทางบก เพื่อรองรับการขยายตัวทางเศรษฐกิจและสังคมของประเทศ ซึ่งในการออกแบบและก่อสร้างสะพานต้องคำนึงถึงหลายปัจจัยเพื่อให้สะพานที่ก่อสร้างมีความมั่นคงแข็งแรง (strength) และความปลอดภัย (safety) ต่อผู้ใช้งาน ซึ่งแรงลม (wind load) เป็นหนึ่งในปัจจัยที่ต้องคำนึงในการออกแบบ ภัยพิบัติจากแรงลมได้สร้างความสูญเสียแก่ชีวิตและทรัพย์สินในแต่ละปีเป็นมูลค่ามิใช่น้อย โดยเฉพาะพื้นที่เสี่ยงภัย เช่น บริเวณชายฝั่งทะเลหรือทะเลสาบ พื้นที่เปิดโล่ง มีสิ่งกีดขวางน้อย รวมถึงบริเวณที่เป็นภูเขาสลับซับซ้อน เป็นต้น ขนาดของแรงลมต่อโครงสร้างขึ้นอยู่กับรูปร่างของโครงสร้างและความเร็วลมในเขตพื้นที่นั้น แรงลมที่เกิดขึ้นต่อพื้นที่ผิวที่ถูกกระทำเรียกว่า น้ำหนักบรรทุกเนื่องจากลมหรือความดันเนื่องจากลม เป็นน้ำหนักบรรทุกจรในแนวราบที่กระทำกับโครงสร้าง น้ำหนักบรรทุกดังกล่าวมีผลต่อเสถียรภาพและความปลอดภัยของอาคาร ดังนั้นในการออกแบบโครงสร้างสะพานจึงควรใช้น้ำหนักบรรทุกเนื่องจากแรงลมที่ การคำนวณแรงดันลมที่กระทำต่อสะพานที่ใช้ในการออกแบบนั้นมีข้อกำหนดมาตรฐานอยู่หลายอย่าง เช่น มาตรฐานการคำนวณแรงลมกรมทางหลวงชนบท อ้างอิงมาตรฐาน AASHTO 2014 [2], American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO LRFD 2017) [3] ซึ่งยังไม่มีการเปรียบเทียบที่แน่ชัดว่าแบบไหนเหมาะสมกับการออกแบบสะพานในประเทศไทยมากกว่ากัน เราจึงต้องการเปรียบเทียบทั้งสองมาตรฐานนี้ โดยใช้การเปรียบเทียบค่าของแรงเฉือนและโมเมนต์ที่เกิดขึ้นกับสะพาน การออกแบบโดยใช้วิธีไหนมีความเหมาะสมมากกว่ากันเพื่อที่จะนำไปตัดสินใจในการใช้งานจริงได้

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อเปรียบเทียบค่าแรงเฉือนและโมเมนต์ที่เกิดขึ้นในสะพานเนื่องจากแรงลม ระหว่างมาตรฐาน AASHTO LRFD 2017 และมาตรฐานการคำนวณแรงลมกรมทางหลวงชนบท อ้างอิงมาตรฐาน AASHTO 2014
2. เพื่อเป็นข้อมูลในการตัดสินใจว่าการออกแบบโดยมาตรฐานใด เหมาะสมกับสะพานที่นำมาวิจัย
3. ศึกษาวิธีการออกแบบสะพาน โดยใช้โปรแกรม Midas Civil

1.3 แนวทางในการดำเนินงาน

1. ศึกษามาตรฐานการคำนวณแรงลมและมาตรฐานการคำนวณแรงลมกรมทางหลวงชนบท อ้างอิงมาตรฐาน AASHTO LRFD 2014 และมาตรฐาน American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO LRFD 2017)
2. ศึกษาการใช้โปรแกรม Midas Civil
3. ศึกษาและเก็บข้อมูลแรงลมในพื้นที่การก่อสร้างสะพาน
4. นำแบบโครงสร้างสะพานที่ใช้งานจริงมาขึ้นแบบจำลองในโปรแกรม Midas Civil
5. วิเคราะห์ค่าโมเมนต์และแรงเฉือนที่เกิดขึ้นเนื่องจากแรงลมที่กระทำต่อสะพาน
6. เปรียบเทียบและสรุปผลว่าสะพานรูปแบบใด เหมาะสมกับการออกแบบโดยมาตรฐานใด

1.4 ขอบเขตการวิจัย

1. วิเคราะห์เพียงโครงสร้างส่วนบน (Super Structure) โดยกำหนดให้ฐานรองรับตามแบบ Bearing Type และไม่คำนึงผลของ Soil Dynamic
2. ค่าแรงดันลมที่คำนวณคำนึงเฉพาะต่อโครงสร้างที่เป็นน้ำหนักบรรทุกทุกคงที่เท่านั้น ไม่คำนึงถึงน้ำหนักบรรทุกจร
3. ค่าความเร็วลม ใช้การเก็บข้อมูลจากกรมอุตุนิยมวิทยา
4. แบบจำลองสะพานที่ใช้ เป็นโครงการก่อสร้างถนนเลี่ยงเมืองแมริม จังหวัดเชียงใหม่ โดยคิดส่วนของโครงสร้างหลักส่วนบนของสะพาน ราวกันตก แต่ไม่รวมเสาไฟฟ้า
5. การคำนวณแรงลมใช้มาตรฐานการคำนวณแรงลมกรมทางหลวงชนบท อ้างอิงมาตรฐาน AASHTO 2014 และ มาตรฐาน American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO LRFD 2017)

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถเสนอแนะแนวทางการออกแบบในการเลือกใช้มาตรฐานระหว่าง มาตรฐานการคำนวณแรงลมกรมทางหลวงชนบท อ้างอิงมาตรฐาน AASHTO 2014 และมาตรฐาน American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO LRFD 2017)
2. ช่วยเพิ่มความเข้าใจในมาตรฐานการคำนวณแรงลมกรมทางหลวงชนบท อ้างอิงมาตรฐาน AASHTO 2014, มาตรฐาน American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO LRFD 2017)
3. ช่วยเพิ่มความเข้าใจในการออกแบบสะพานโดยใช้โปรแกรม Midas Civil

บทที่ 2

แนวคิด หลักการที่เกี่ยวข้อง

2.1 กล่าวนำ

แรงลมถือได้ว่าเป็นภัยธรรมชาติที่ส่งผลกระทบต่อความมั่นคงแข็งแรงของอาคาร ในช่วงหลายปีที่ผ่านมาอาคาร และสิ่งก่อสร้างในพื้นที่ต่างๆ ของประเทศไทยได้รับความเสียหายเนื่องจาก อิทธิพลของแรงลมได้ทวีความรุนแรงมากขึ้นทุกขณะสาเหตุเนื่องจากสภาพบรรยากาศที่แปรปรวนจากวิกฤตโลกร้อน ภัยธรรมชาติดังกล่าวได้ส่งผลกระทบต่อความปลอดภัยของอาคารและสิ่งก่อสร้างมาโดยตลอด แรงลม จะสร้างความเสียหายแก่สิ่งก่อสร้างขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ อาทิเช่น รูปร่างของอาคาร วัสดุที่ใช้ในการก่อสร้าง สถานที่ตั้ง อายุการใช้งานอาคาร และความทันสมัยของข้อกำหนดต่างๆ ที่นำมาใช้ในการคำนวณออกแบบอาคาร เป็นต้น

2.2 มาตรฐานการคำนวณแรงลมกรมทางหลวงชนบท อ้างอิงมาตรฐาน AASHTO 2014

แรงดันลม เป็นแรงที่เกิดขึ้นขึ้นเนื่องจากค่าความเร็วของลม แรงดันลม นับเป็นแรงที่มีการกระจายอย่างสม่ำเสมอในพื้นที่ที่สัมผัสกับลม พื้นที่สัมผัสกับลม อาจหมายถึง ผลรวมของพื้นที่ของส่วนประกอบทั้งหมด รวมทั้งระบบชั้นราวบันไดและที่กั้นเสียง ค่าความสูงของสะพานและค่าระดับที่แตกต่างกัน จะทำให้เกิดผลกระทบต่อโครงสร้างสะพานที่แตกต่างกัน ทั้งค่าแรงดันลม และทิศทางของลมที่กระทำกับตัวโครงสร้างนั้นๆ

2.2.1 ความเร็วลม (Wind Velocity, V_{DZ})

สำหรับโครงสร้างสะพานและส่วนประกอบของสะพาน ที่มีความสูงตั้งแต่ 30 ฟุต เหนือจากพื้นดินหรือระดับน้ำทะเลปานกลาง ค่าความเร็วของลม (V_{DZ}) สามารถอธิบายได้ดังสมการ 2.2-1

$$V_{DZ} = 2.5V_0 \left(\frac{V_{30}}{V_B} \right) \ln \left(\frac{Z}{Z_0} \right) \quad 2.2-1$$

โดยที่

V_{DZ} = ความเร็วลมที่ใช้ในการออกแบบขึ้นกับความสูง, Z (ไมล์ต่อชั่วโมง)

V_{30} = ความเร็วลมที่ระดับความสูง 30 ฟุต จากพื้นดินหรือระดับน้ำทะเลปานกลาง (ไมล์ต่อชั่วโมง)

V_B = ความเร็วลมพื้นฐาน กำหนดค่าเท่ากับ 100 ไมล์ต่อชั่วโมง ที่ระดับความสูง 30 ฟุต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Z = ความสูงของโครงสร้างสำหรับการคำนวณต้องมีค่าความสูงมากกว่า 30 ฟุต จากพื้นดินหรือระดับน้ำทะเลปานกลาง

V_0 = ความเร็วเนื่องจากตำแหน่งลักษณะที่ตั้งของโครงสร้าง สามารถระบุได้ตามตาราง ก.1

Z_0 = ค่าความเสียดทานเนื่องจากความยาวชั้นต้นสามารถระบุได้ตามตาราง ก.1

2.2.2 แรงดันลม (Wind Pressure on structures, P_D)

แรงดันลม ถูกสมมติขึ้นว่าเป็นแรงกระจายอย่างสม่ำเสมอที่กระทำต่อพื้นที่สัมผัสของโครงสร้าง โดยกระทำในทิศทางแนวราบต่อโครงสร้างนั้นๆ ค่าแรงดันลมที่คำนวณคำนึงเฉพาะต่อโครงสร้างที่เป็นน้ำหนักบรรทุกคงที่เท่านั้น ไม่คำนึงถึงน้ำหนักบรรทุกจร ค่าความเร็วลมของพื้นที่และความสูงของโครงสร้างจะส่งผลให้ได้ค่าแรงดันลมที่แตกต่างกัน ซึ่งสามารถอธิบายได้ตามสมการ 2.2-2

$$P_D = P_B \left(\frac{V_{DZ}}{V_B} \right)^2 = P_B \left(\frac{V_{DZ}}{100} \right)^2 \quad 2.2-2$$

โดยที่

P_B = ค่าแรงดันลมมาตรฐานสามารถระบุได้ตามตารางที่ ก.2

2.3 มาตรฐานการออกแบบ American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO LRFD 2017)

แรงดันลม ถูกสมมติขึ้นว่าเป็นแรงกระจายอย่างสม่ำเสมอที่กระทำต่อพื้นที่สัมผัสของสะพาน พื้นที่สัมผัสรวมถึงโครงสร้างระบบราวบันไดและอุปกรณ์กันเสียง ค่าความสูงของสะพานและค่าระดับที่แตกต่างกัน จะทำให้เกิดผลกระทบต่อนโครงสร้างสะพานที่แตกต่างกัน ทั้งค่าแรงดันลม และทิศทางของลมที่กระทำ แรงดันลมที่กระทำต่อโครงสร้างถูกสันนิษฐานเป็นแนวราบ และค่าแรงดันลมที่คำนวณคำนึงเฉพาะต่อโครงสร้างที่เป็นน้ำหนักบรรทุกคงที่เท่านั้น ไม่คำนึงถึงน้ำหนักบรรทุกจร

2.3.1 การคำนวณหาค่าแรงดันลม (Wind Pressure)

$$P_z = 2.56 \times 10^{-6} V^2 K_z G C_D \quad 2.3-1$$

โดยที่

P_z = ค่าแรงดันลม มีหน่วยเป็น (ksf)

V = เป็นความเร็วลมกรรโชกที่คิดจากค่า 3 วินาที (3-second gust wind speed) ได้ค่าตามตารางการเก็บข้อมูลความเร็วของกรมอุตุนิยมวิทยา ก.6 มีหน่วยเป็น (mph)

K_z = ค่าตัวแปรสัมประสิทธิ์เนื่องจากความสูงของสะพาน (Pressure exposure and elevation coefficient) ใช้ค่าตามตาราง ก.3 หรือตามสมการ 2.3-1, 2.3-2, 2.3-3

G = ค่าสัมประสิทธิ์การกรรโชก (Gust Effect Factor) สามารถอธิบายได้ตามตาราง ก.4

C_D = สัมประสิทธิ์แรงต้านอากาศ (Drag Coefficient) สามารถอธิบายได้ตามตาราง ก.5

2.3.2 แนวรับลมและความสูงของสะพาน (Pressure exposure and elevation coefficient, K_z)

Category B: เป็นลมที่มีทิศทางการพัดสูงขึ้นไปมากกว่า 1500 ฟุต สำหรับโครงสร้างที่มีความสูงเฉลี่ยต่ำกว่าหรือเท่ากับ 33 ฟุต หรือมีความยาวของโครงสร้างเป็น 20 เท่าของความสูงโครงสร้าง

Category C: ใช้ในกรณี ไม่อยู่ใน Category B และ Category D

Category D: เป็นลมที่มีทิศทางการพัดสูงขึ้นไปมากกว่า 5000 ฟุต สำหรับโครงสร้างที่มีความยาว 600 ฟุตหรือ 20 เท่าของความสูงโครงสร้าง

การคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์เนื่องจากความสูงของสะพานตามสมการ , K_z

$$K_{z(B)} = \frac{\left(2.5 \ln\left(\frac{z}{0.9834}\right) + 6.87\right)^2}{345.6} \quad 2.3-2$$

$$K_{z(C)} = \frac{\left(2.5 \ln\left(\frac{z}{0.0984}\right) + 7.35\right)^2}{478.4} \quad 2.3-3$$

$$K_{z(D)} = \frac{\left(2.5 \ln\left(\frac{z}{0.0164}\right) + 7.65\right)^2}{616.1} \quad 2.3-4$$

2.4 การวัดความเร็วลม

ในการทำนายความเร็วลมสูงสุดที่คาบการกลับต่างๆ ต้องมีข้อมูลที่เชื่อถือได้ในจำนวนเพียงพอ กรมอุตุนิยมวิทยาเป็นองค์กรของรัฐมีหน้าที่รับผิดชอบในการตรวจสอบสภาพอากาศและยึดหลักขององค์การอุตุนิยมวิทยาโลกซึ่งเป็นมาตรฐานสากล อีกทั้งยังมีสถานีตรวจอากาศกระจายอยู่ทั่วประเทศ ดังนั้นข้อมูลที่ได้จึงสามารถนำมาใช้งานในหลายสาขาวิชา เมื่อกล่าวถึงลมในทางอุตุนิยมวิทยาแล้ว “ลม (Wind)” หมายถึง การเคลื่อนไหวของอากาศ เฉพาะในแนวราบ (Horizontal Component) “ลมกระโชก (Gustiness)” หมายถึง ลมที่มีการเปลี่ยนแปลงความเร็วอย่างรวดเร็ว “ลมสงบ (Calm)” หมายถึง ลมที่ไม่มีอาการเคลื่อนไหวหรือความเร็ว น้อยกว่า 1 นี้อ (ไสว สุวรรณพงษ์, 2514) หน่วยที่ใช้วัดความเร็วลมมีด้วยกันหลายหน่วย เช่น กิโลเมตรต่อชั่วโมง ไมล์ต่อชั่วโมง นี้อ ฟุตต่อวินาที และเมตรต่อวินาที เป็นต้น หน่วยสากล ของความเร็วลมที่ใช้ในการรายงานเพื่อการพยากรณ์ คือ นี้อ (knot) การตรวจวัดสภาพอากาศของ กรมอุตุนิยมวิทยาจะแบ่งออกเป็น การตรวจเพื่อการเกษตรกรรมและการตรวจเพื่อการพยากรณ์ อากาศ ดังนั้นในการนำ ข้อมูลความเร็วลมมาใช้งานให้ตรงตามวัตถุประสงค์จำเป็นต้องศึกษาชนิด ของข้อมูลและวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลให้ละเอียดเสียก่อน เนื่องจากข้อมูลดังกล่าวมีหลายประเภท และถือว่าเป็นข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary Data) ซึ่งมีการวิเคราะห์ขั้นต้นแล้วในระดับหนึ่ง การบันทึกข้อมูลความเร็วลมสำหรับประเทศไทยเพื่อใช้ในการพยากรณ์อากาศเมื่อพิจารณาตามความสูง สามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

1. การวัดลมชั้นบนด้วยไพล๊อตบัลลูน (Measurement of Upper Wind by Pilot Balloon Theodolite Method) การวัดลมชั้นบนด้วยไพล๊อตบัลลูนเป็นการวัดทิศทางและความเร็วลมที่ระดับ ความสูงมากเพื่อประโยชน์ในการวิจัย การเดินอากาศและการใช้ปืนใหญ่มุมสูงเป็นต้น วิธีการวัด ความเร็วลมวิธีนี้จะใช้บัลลูนขนาดเล็กอัดด้วยก๊าซที่เบากว่าอากาศปล่อยให้ลอยตั้งรูปที่ 2.1 วัดมุม ในแนวตั้งและมุมในแนวราบด้วยกล้องวัดมุม (Theodolite) ดังรูปที่ 2.2 แล้ววัดระยะราบและระยะ ดิ่งของบัลลูนภายในช่วงเวลาตรวจสอบดังรูปที่ 2.3 นำค่าที่ได้มาคำนวณหาความเร็วลมที่ระดับ ความสูงที่ต้องการ ในบางสถานีมีการใช้วิทยุส่งสัญญาณแทนการใช้กล้องวัดมุม (Radio wind หรือ Radio Theodolite) ซึ่งสามารถใช้ได้กับทุกสภาพอากาศและวัดได้ในระยะไกลกว่า การตรวจวัด ความเร็วลมชั้นบน ในหนึ่งวันจะวัด 4 ครั้งโดยวัดทุก 6 ชั่วโมง

2. การวัดลมผิวพื้น (Measurement of Surface Wind) การวัดลมผิวพื้นเป็นการวัด ความเร็วลมที่ระดับใกล้พื้นดินเป็นความเร็วลมที่ได้รับ อิทธิพลจากความขรุขระของภูมิประเทศ ข้อมูล ความเร็วลมผิวพื้นที่ได้สามารถนำมาประยุกต์ใช้อย่างกว้างขวางในการพยากรณ์อากาศรวมถึงใช้ในการ คำนวณด้านวิศวกรรม เครื่องวัดความเร็วลม จะถูกติดตั้งไว้ที่ความสูงระดับหนึ่งจากพื้นดิน เช่น 12 เมตร และอยู่ในสภาพภูมิประเทศที่เปิดโล่งมี สิ่งกีดขวางน้อย การวัดความเร็วลมเพื่อใช้ในการ พยากรณ์จะบันทึกทุกๆ 3 ชั่วโมง เริ่มตั้งแต่เวลา ประมาณ 7.00 น. และจะมีการบันทึกข้อมูลเพิ่มเติม ในกรณีที่เกิดเหตุการณ์ไม่ปกติ เช่น พายุไต้ฝุ่น พายุฝนฟ้าคะนอง เป็นต้น

2.5 ความแตกต่างระหว่าง AASHTO LRFD 2017 และ AASHTO LRFD 2014

AASHTO LRFD 2014 เป็นมาตรฐานการออกแบบโครงสร้าง ให้มีความปลอดภัย มั่นคง แข็งแรง โดยมีการออกแบบแรงแผ่นดินไหว น้ำหนักบรรทุกจร แรงลม เป็นต้น โดยอธิบายสูตรและตัวแปรที่ใช้ในการออกแบบ โดยในส่วนของแรงลม จะเป็นการหาค่าแรงลม (P) มีหน่วย ksf ซึ่งความสูง (z) เป็นตัวแปรหลักของค่าแรงลม

เนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงความเหมาะสมในการออกแบบและก่อสร้างให้เพื่อให้เหมาะสมกับ เวลาตามยุคสมัย จึงมีการปรับปรุงมาตรฐาน AASHTO LRFD ในแต่ละปีขึ้นมาจนถึง AASHTO LRFD 2017 ได้มีการเปลี่ยนแปลงทั้งด้านทฤษฎีและสูตรการใช้คำนวณการออกแบบแรงต่างๆ โดยในส่วนของแรงลม (Wind pressure) ได้จากสูตรการคำนวณได้จาก ซึ่งตัวแปรสำคัญคือความสูง (z) และ ลักษณะภูมิประเทศ โดยในส่วนของแรงลมจะมีทฤษฎีและสูตรการคำนวณที่ต่างจาก AASHTO LRFD 2014 จึงเป็นที่มาในการศึกษาเปรียบเทียบของงานวิจัยนี้

2.6 ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

ทศพล ปิ่นแก้ว (2558) [4] ได้จัดทำหนังสือการออกแบบสะพาน (Bridge Design) โดย อธิบายทฤษฎีและเทคนิคการก่อสร้างสะพานแบบต่างๆ อ้างอิงตามมาตรฐาน AASHTO ซึ่งแม้ในอดีต ใช้หลักการออกแบบวิธี LFD แต่ปัจจุบันได้ปรับเปลี่ยนเป็นวิธี LRFD เนื้อหาในหนังสือนั้นกล่าว ครอบคลุมการออกแบบทั้งสอง โดยแรงลมตามที่กำหนดในมาตรฐาน AASHTO LFD มีสมมุติฐานมา จากลมเคลื่อนที่ด้วยความเร็วลม 160 กิโลเมตร/ชั่วโมง (44.4 เมตร/วินาที) (มาตรฐาน AASHTO อ้างอิงความเร็วลมเฉลี่ยแบบ Fastest-Mile Speed ซึ่งจะแตกต่างจากแบบ Hourly Speed ตาม มาตรฐานออกแบบอาคารของไทย) ยกเว้นแรงลมในกลุ่มการรวมแรงที่ II และ V อาจปรับเปลี่ยนค่า แรงลมได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความเร็วลมสูงสุดในแต่ละพื้นที่ตั้งของสะพาน มาตรฐานมีข้อกำหนดแรงลม ต่อโครงสร้างส่วนบน(กระทำทั้งสองทิศทางพร้อมกัน) โดยแรงลมตามขวาง สำหรับ Truss และ Arch = 3.60 kN/m^2 , สำหรับ Beam Girder = 2.40 kN/m^2 และแรงลมตามยาว = 0.57 kN/m^2 แรงลม ต่อน้ำหนักจร,WL กระทำที่ระดับ 1.80 เมตรเหนือผิวทางรถวิ่ง โดยแรงลมตามขวาง = 1.46 kN/m^2 และแรงลมตามยาว = 0.58 kN/m^2 แรงพลิกคว่ำ (Overturning Forces) เป็นแรงที่กระทำต่อพื้นที่ ด้านล่างทั้งหมดของสะพาน และกระทำที่ระยะ 1 ใน 4 ของความกว้างสะพาน โดยสำหรับกลุ่ม 2 และกลุ่ม 5 = 0.96 kN/m^2 กลุ่ม 3 และกลุ่ม 6 = 0.29 kN/m^2 ส่วนมาตรฐาน AASHTO LRFD ใน หัวข้อแรงลมที่กระทำบนโครงสร้าง (Wind Load on Structure, WS, LRFD 3.8.1.1) กล่าวว่า บริเวณที่อากาศเคลื่อนที่ติดกับพื้นผิวโลกที่มีความขรุขระย่อมเกิดแรงเสียดทาน มีผลให้ความเร็วของ การเคลื่อนที่ลดลงตามความสูง และที่ระดับสูงขึ้นไปจากพื้นโลกประมาณ 366 เมตร(1200 ฟุต) ความ ขรุขระไม่ส่งผลให้ความเร็วลมลดลง ดังนั้นมาตรฐาน LRFD จึงกำหนดแรงลมกระจายเป็นฟังก์ชันกัลล็อก การิทม์ โดยมีค่าขึ้นกับความเร็วเสียดทาน (Friction velocity, กม./ชม.) ได้จากการวัดความเร็วลม

ปะทะบนพื้นผิวต่างๆ, ความเร็วลมที่ระดับความสูง 10 เมตร เหนือระดับพื้นดิน กม./ชม. , ความเร็วลมพื้นฐานเท่ากับ 160 กม./ชม. ที่ระดับความสูง 10 เมตร, ความสูงของโครงสร้างสะพาน วัดจากระดับพื้นดินด้านล่าง (>10 เมตร) และระยะเสียดทาน (Friction length) ระหว่างอากาศและพื้นดิน เป็นระยะความสูงเหนือพื้นดินซึ่งมีความเร็วเสียดทานเป็นศูนย์ ในประเทศสหรัฐอเมริกา มักเกิดพายุหมุนเทอร์นาโด ซึ่งอยู่ในระดับที่รุนแรงกว่าที่เกิดขึ้นในประเทศไทยมาก และมาตรฐาน LRFD ยังได้อ้างอิงความเร็วลมมาจากมาตรฐาน ASCE โดยใช้ความเร็วลมเฉลี่ยในช่วงเวลา 3 วินาที ที่ความสูง 10 เมตร และคาบเวลากลับ 50 ปี สำหรับ มยผ.1311-50 “มาตรฐานการคำนวณแรงลม” ใช้ความเร็วลมเฉลี่ยที่เกิดขึ้นในช่วงเวลา 1 ชั่วโมง ที่ความสูง 10 เมตรจากพื้นดิน ในสภาพภูมิประเทศโล่ง และคาบเวลากลับ 50 ปี (V_{50}) ดังนั้นการใช้ความเร็วลมที่กำหนดโดย AASHTO LRFD อาจเป็นการไม่ประหยัดและสิ้นเปลืองมากเกินไป การใช้งานจึงต้องปรับค่าความเร็วลมของ มยผ.1311-50 เพื่อให้ได้ความเร็วลมเฉลี่ยในช่วงเวลา 3 วินาที เท่ากัน ต่อมาในหัวข้อแรงลมที่กระทำต่อยานพาหนะ (Wind Load on Vehicle, WL, LRFD 3.8.1.3) กำหนดให้แรงลมสถิตกระทำกับยานพาหนะในทิศทางต่างๆ แรงลมตามขวางกระทำในทิศตั้งฉากกับยานพาหนะเท่ากับ 1.46 kN/m ที่ความสูงจากพื้นสะพาน 1.80 เมตร และทิศทางของแรงลมจะคิดในทิศที่ถ่าน้ำหนักลงสู่ตอม่อและเสาเข็มในลักษณะที่ทำให้เกิดโมเมนต์ดัดสูงสุด ผลจากหนังสือเล่มนี้ทำให้สามารถศึกษาและเข้าใจกระบวนการวิเคราะห์แรงลมที่มีผลในการออกแบบสะพาน ตามมาตรฐาน AASHTO LFD และ AASHTO LRFD เป็นอย่างมาก

อติวัฒน์ วิมุตตะสูงวิริยะ (2546) [7] ได้วิจัยแผนที่ความเร็วลม เพื่อใช้ในการวิเคราะห์และออกแบบโครงสร้างสำหรับประเทศไทย (WIND MAP FOR STRUCTURAL ANALYSIS AND DESIGN IN THAILAND) ซึ่งได้เสนอวิธีหาน้ำหนักบรรทุกเนื่องจากลมในรูปแบบแผนที่ความเร็วลม และวิธีคำนวณน้ำหนักบรรทุกทุกตามมาตรฐาน ASCE7-98 ใช้ข้อมูลความเร็วลม 42 ปีย้อนหลัง ระหว่างปี พ.ศ. 2503-2544 พิจารณาความเร็วลมพื้นที่ต่างๆ ของประเทศ พบว่าตอนกลางของประเทศมีความเร็วลมในช่วง 40 เมตรต่อวินาที พื้นที่ภาคกลางตอนบน ภาคเหนือตอนล่างและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีความเร็วลมในช่วง 45 เมตรต่อวินาที , พื้นที่ภาคใต้ ภาคตะวันออก ภาคกลางตอนล่าง บางส่วนของภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีความเร็วลมในช่วง 55 เมตรต่อวินาที ผลจากการใช้แผนที่ลมนี้ทำให้สามารถวิเคราะห์ความเร็วลมในการออกแบบสะพานในภูมิภาคของ อเมริกา

ภูมิเกียรติ สว่างวงศ์ (2559) [6] ได้ศึกษาการออกแบบสะพานในประเทศไทย การรับน้ำหนักบรรทุกทุกซึ่งมีค่าเกินมาตรฐานกำหนด ทำให้สะพานได้รับความเสียหาย จึงมีการปรับเปลี่ยนมาตรฐานการออกแบบให้ครอบคลุมโดยมาตรฐาน AASHTO LRFD โดยกำหนดรถบรรทุกเป็นชนิด HL-93 และได้วิเคราะห์โครงสร้างของวิธีก่อสร้างด้วย Balance Cantilever พิจารณาถึงสภาพการก่อสร้างซึ่งค่อยๆเพิ่มส่วนยื่นตามเวลา โดยมีการเปรียบเทียบผลที่เกิดขึ้นกับสะพาน เนื่องจากน้ำหนักบรรทุก ด้วยวิธีไฟไนท์เอลิเมนต์ และ ด้วยโปรแกรม Midas Civil 2016 โดยผลการเปรียบเทียบพบว่าเมื่อเปรียบเทียบหน่วยแรงดัด แรงเฉือนและแรงบิด ที่เกิดขึ้นในแต่ละชั้นตอนของการก่อสร้างรวมถึง

การแอ่นตัว เมื่อมีน้ำหนักบรรทุกตามมาตรฐาน LRFD HL-93 กับค่าหน่วยแรงที่ยอมให้ พบว่าขั้นตอนที่ 1 กับ 2 ไม่มีความแตกต่างกันมาก แต่เมื่อขั้นตอนที่ 3 มีน้ำหนักบรรทุกจรเข้ามาเกี่ยวข้องด้วย ค่าหน่วยแรงต่างๆที่เกิดขึ้นจะเพิ่มขึ้นตามน้ำหนักบรรทุกจรที่เกิดขึ้นและมีค่าน้อยกว่าค่าปลอดภัยในการออกแบบ

ข้อมูลความเร็วลม 50 ปี [1] จากกรมอุตุนิยมวิทยา (1968-2018) กรมอุตุนิยมวิทยาเป็นหน่วยงานของรัฐบาลไทย ที่ทำหน้าที่ในการพยากรณ์อากาศ รายงานปรากฏการณ์ธรรมชาติต่างๆ เช่น แผ่นดินไหว ความสูงของคลื่น รายงานพยากรณ์อากาศประจำวันและพยากรณ์อากาศในช่วงเวลาที่กำลังจะมาถึง ซึ่งมีการเก็บข้อมูลทางสถิติความเร็วลมในพื้นที่ต่างๆไว้ มีการเก็บข้อมูลเป็นระยะเวลาอันยาวนาน ซึ่งสามารถบอกถึงการเปลี่ยนแปลงของความเร็วลม ในแต่ละเดือน แต่ละปี เพื่อพยากรณ์อากาศ

Midas Civil (2019) [5] เป็นซอฟต์แวร์วิศวกรรมที่ทันสมัยที่กำหนดมาตรฐานใหม่สำหรับการออกแบบสะพานและโครงสร้างทางวิศวกรรมโยธา ประกอบไปด้วยฟังก์ชันการออกแบบจำลอง การกำหนดขั้นตอนการก่อสร้าง การกำหนดคุณสมบัติที่ขึ้นอยู่กับเวลาและการวิเคราะห์โครงสร้าง ที่ได้รับการพัฒนาอย่างสูง ช่วยให้วิศวกรสามารถลดข้อผิดพลาดในการออกแบบที่เกิดจากบุคคลลงไปได้ ทำให้การออกแบบและการวิเคราะห์โครงสร้างมีความถูกต้องแม่นยำและปลอดภัยมากที่สุด

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

การศึกษาวิจัยนี้มีขั้นตอนในการศึกษา 2 ขั้นตอน ซึ่งประกอบด้วย ขั้นตอนแรก ศึกษาทำความเข้าใจ มาตรฐานการออกแบบของกรมทางหลวงชนบท ซึ่งอ้างอิงมาตรฐาน AASHTO 2014 และ American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO LRFD 2017) และพิจารณาเกณฑ์ในการกำหนดค่าตัวแปรแต่ละตัว เพื่อหาค่าแรงดันลมมาใช้วิเคราะห์ต่อไป โดยค่าความเร็วลมที่ใช้ ได้ใช้ข้อมูลจากกรมอุตุนิยมวิทยา สถานีเชียงใหม่ อ.เมือง เพื่อให้มีความแม่นยำและใกล้เคียงกับความเร็วลม ณ สถานที่ก่อสร้างจริง จนได้ค่าแรงดันลมที่ถูกต้อง ขั้นตอนที่สอง เป็นการศึกษาแบบแปลนโครงการก่อสร้างถนนเลี่ยงเมืองแมริม จังหวัดเชียงใหม่ เพื่อนำมาขึ้นแบบจำลองในโปรแกรม Midas Civil ซึ่งในแบบก่อสร้างได้เลือกสะพานช่วงจุดตัด CR-1 เป็นแบบจำลองในการทดสอบแรงลม เมื่อศึกษาแบบจนเข้าใจ จึงทำการจำลองสะพานช่วงจุดตัด CR-1 ในโปรแกรม Midas Civil โดยเริ่มจากการสร้างหน้าตัดในโปรแกรม Auto-cad จากนั้นนำเข้าไปยังโปรแกรม Midas Civil เพื่อเชื่อมแต่ละหน้าตัดให้ออกมาเป็นโครงสร้างสะพาน จากนั้นทำการใส่ค่าแรงดันลมที่วิเคราะห์ได้ในขั้นตอนแรกลงในโปรแกรม Midas Civil เพื่อเปรียบเทียบค่า แรงเฉือนและโมเมนต์ที่เกิดขึ้น จากการออกแบบตามมาตรฐานทั้งสองมาตรฐาน โดยค่าที่ได้จะถูกนำเสนอและเปรียบเทียบในรูปแบบของ ตารางและไดอะแกรมต่อไป

3.1 กำหนดค่าตัวแปรมาตรฐานการคำนวณแรงลมกรมทางหลวงชนบท อ้างอิงมาตรฐาน AASHTO 2014

3.1.1 ความเร็วลมออกแบบ (VDZ)

$$V_{DZ} = 2.5V_0 \left(\frac{V_{30}}{V_B} \right) \ln \left(\frac{Z}{Z_0} \right) \quad 2.2-1$$

โดยที่

V_0 = ความเร็วลมตามลักษณะภูมิประเทศ ใช้ค่าเท่ากับ 10.90 ตามตาราง ก.1 เนื่องจากสภาพภูมิประเทศ อ.แมริม เป็นแบบชานเมือง (Suburban)

Z_0 = ค่าความเสียหายเนื่องจากความยาวขั้นต้น ใช้ค่าเท่ากับ 3.28 ตามตาราง ก.1 เนื่องจากสภาพภูมิประเทศ อ.แมริม เป็นแบบชานเมือง (Suburban)

V_{30} = ความเร็วลมที่ระดับความสูง 30 ฟุต ใช้ค่าเท่ากับ 86.1138 ไมล์ต่อชั่วโมง

V_B = ความเร็วลมพื้นฐาน กำหนดค่าเท่ากับ 100 ไมล์ต่อชั่วโมง

Z = ความสูงของโครงสร้าง เท่ากับ 26.5183 ft (ยกตัวอย่างที่ต่อม่อ PR5)

เมื่อได้ข้อมูลรูปตัวแปรครบถ้วนนำไปแทนค่า ได้เท่ากับ

$$V_{DZ} = 2.5(10.90)\left(\frac{86.1138}{100}\right) \ln\left(\frac{26.5183}{3.28}\right)$$

$$V_{DZ} = 49.0438 \text{ ไมล์ต่อชั่วโมง}$$

3.1.2 แรงดันลม (Wind Pressure on structures, P_D)

$$P_D = P_B \left(\frac{V_{DZ}}{100}\right)^2 \quad 2.2-2$$

โดยที่

P_B = ค่าแรงดันลมมาตรฐาน ใช้ค่า 0.05 ตามตารางก.2 เนื่องจากโครงสร้างสะพานเป็นแบบคานยื่น

เมื่อได้ข้อมูลรูปตัวแปรครบถ้วนนำไปแทนค่า ได้เท่ากับ

$$P_D = 0.05 \left(\frac{49.0438}{100}\right)^2$$

$$P_D = 0.012026 \text{ ksf} = 58.2322 \text{ kg} / \text{m}^2$$

3.2 กำหนดค่าตัวแปรมาตรฐานการออกแบบ American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO LRFD 2017)

3.2.1 การคำนวณหาค่าแรงดันลม (Wind Pressure, P_z)

$$P_z = 2.56 \times 10^{-6} V^2 K_z G C_D \quad 2.3-1$$

โดยที่

V = ความเร็วลมกรรโชกที่คิดจากค่าเฉลี่ย 3 วินาที ใช้ค่าเท่ากับ 69.0467 mph จากข้อมูลความเร็วลมของกรมอุตุนิยมวิทยา

K_z = ค่าตัวแปรสัมประสิทธิ์เนื่องจากความสูงของสะพาน ใช้ค่าเท่ากับ 0.66031 เมื่อความสูงเท่ากับ 26.5183 ft

G = ค่าสัมประสิทธิ์การกรรโชก (Gust Effect Factor) ใช้ค่าเท่ากับ 1 ตามตาราง ก.4 เนื่องจากแบบโครงสร้างสะพานไม่ใช่แบบ Sound Barrier

C_D = สัมประสิทธิ์แรงต้านอากาศ (Drag Coefficient) ใช้ค่าเท่ากับ 1.3 เนื่องจากสะพานเป็นแบบ Box-Girder Bridge Superstructure ตามตาราง ก.5

เมื่อได้ข้อสรุปตัวแปรครบถ้วนนำไปแทนค่า ได้เท่ากับ

$$P_z = 2.56 \times 10^{-6} \times 69.0467^2 \times 0.66031 \times 1 \times 1.3$$

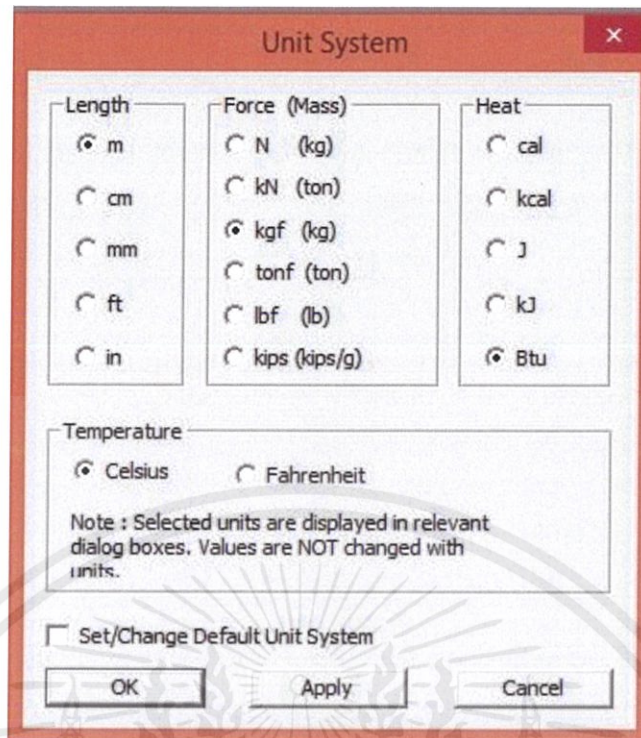
$$P_z = 0.010476 \text{ ksf} = 50.7276 \text{ kg} / \text{m}^2$$

3.3 การสร้างแบบจำลองโครงสร้างสะพานคอนกรีตเสริมเหล็กและการวิเคราะห์แรงลม

3.3.1 การเริ่มต้นใช้งานโปรแกรม

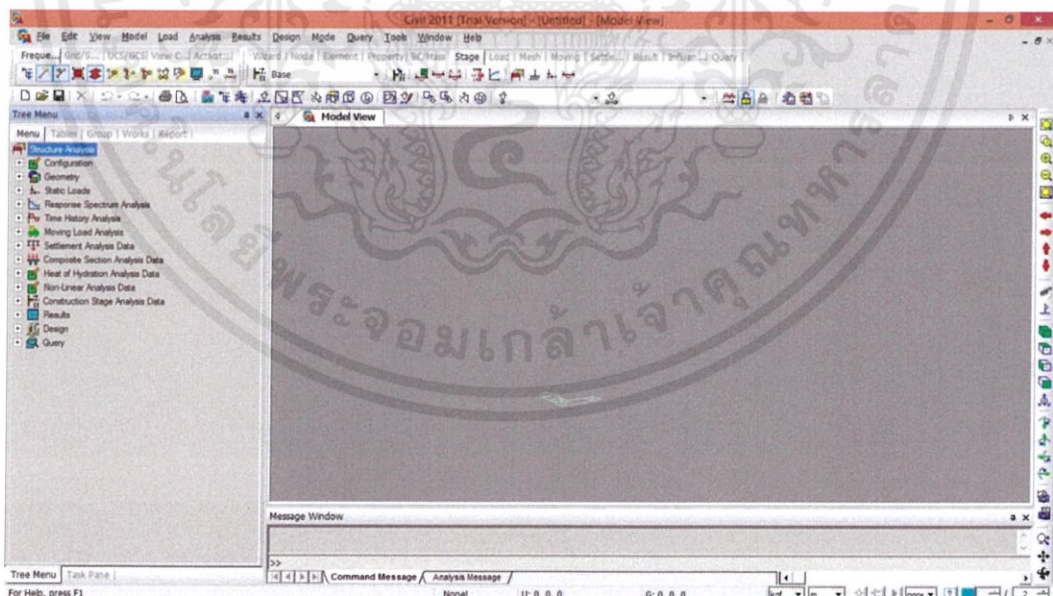
เปิดโปรแกรม Midas Civil จากนั้นเลือกเมนู File -> New แล้วบันทึกไฟล์(Save) ชื่อ "FSM.mcb" ต่อมากำหนดหน่วยที่ใช้ โดยเลือกเมนู Tools -> Unit System จะได้นหน้าต่างโปรแกรมดังรูป 3.1

- หน่วยความยาว (Length) : Meter (m)
- หน่วยแรง (Force) : kN (ton)
- หน่วยความร้อน (Heat) : Btu
- หน่วยอุณหภูมิ (Temperature) : Celsius



รูป 3.1 ตั้งค่าเริ่มต้นของโปรแกรม

จากนั้นก็คลิก OK จะได้นหน้าต่างของโปรแกรม ดังรูป 3.2



รูป 3.2 หน้าต่างเริ่มต้นของโปรแกรม Midas Civil 2011

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2 การกำหนดคุณสมบัติ (Definition of Properties)

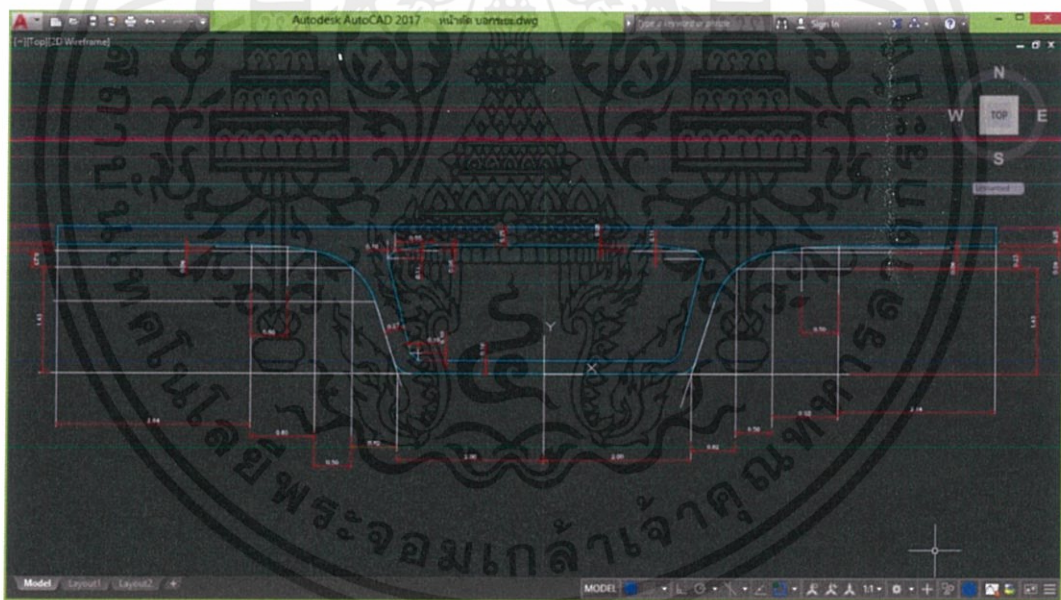
3.3.2.1 การกำหนดคุณสมบัติวัสดุ (Definition of Materials)

กำหนดคุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ ได้แก่ คุณสมบัติของคอนกรีตอัดแรง และคุณสมบัติของลวดเหล็กกล้าตีเกลียวในส่วนของ Superstructure เพื่อให้โมเดลที่ผู้ใช้ได้จำลองแล้วนั้นมีความใกล้เคียงกับโครงสร้างสะพานคอนกรีตเสริมเหล็กอัดแรงของจริงมากที่สุด คลิก Model -> Properties -> Material Data โดย

- คุณสมบัติคอนกรีต ใช้มาตรฐาน KS(RC) เลือก C500 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 500 ksc
- คุณสมบัติลวดเหล็กกล้าตีเกลียว ใช้มาตรฐาน ASTM(S) เลือก A416-270 (Low) ใช้กับชั้นคุณภาพ 1860

3.3.2.2 การกำหนดหน้าตัด (Definition of Section)

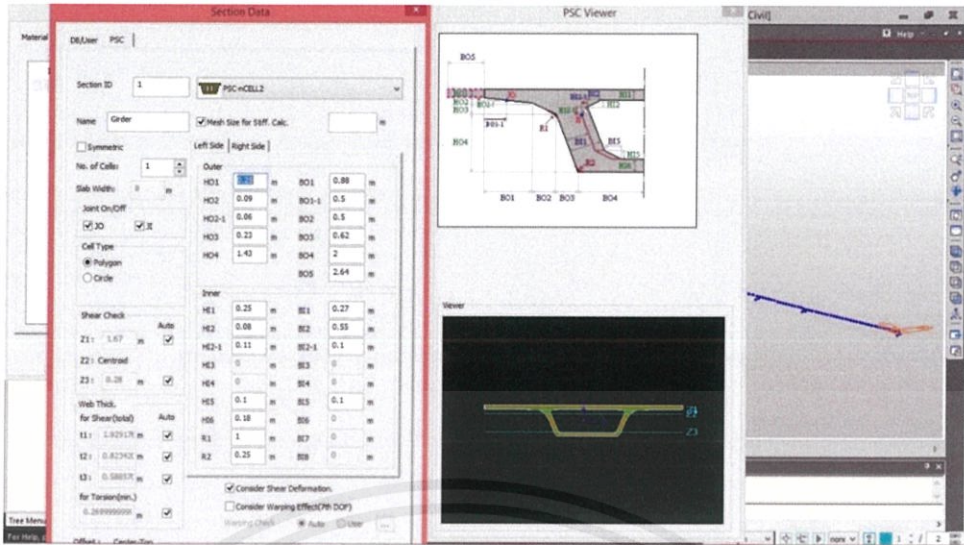
หน้าตัดที่ใช้จะใช้ระยะตามแบบโดยนำค่ามาจากโปรแกรม AutoCAD นำมากรอกในโปรแกรม Midas Civil ดังรูป 3.3



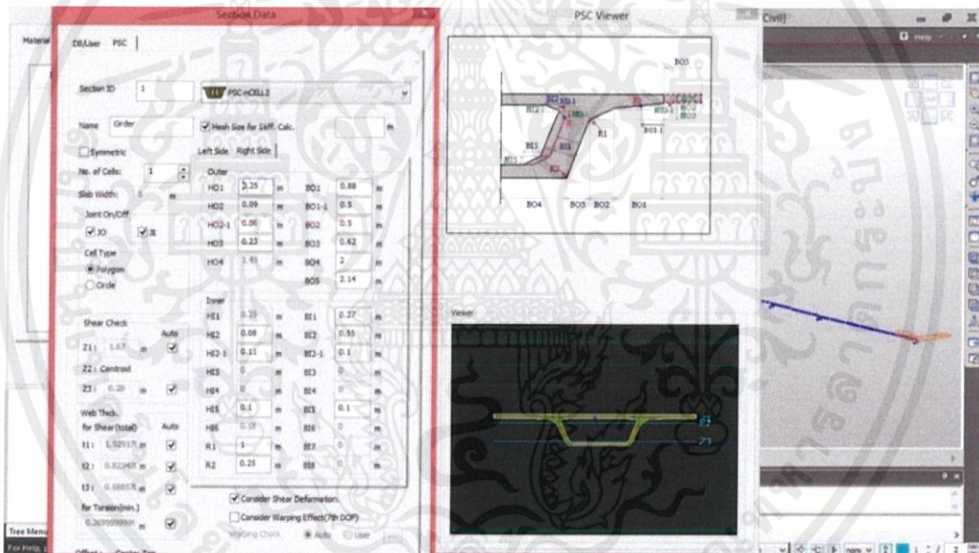
รูป 3.3 การดูระยะตามแบบจากโปรแกรม AutoCAD

- Tap PSC เลือก PSC-nCELL 2 Name : Girder จากนั้นกำหนดค่าต่างๆ ตามแบบ ตรวจสอบค่าหน้าตัด (Area) และค่าโมเมนต์อินเนอร์เซีย (I) ดังรูป 3.4 และ 3.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 3.4 การสร้าง Section Data โดยใช้ Tab : PSC-nCELL 2 (Left Side)



รูป 3.5 การสร้าง Section Data โดยใช้ Tab : PSC-nCELL 2 (Right Side)

3.3.3 กำหนดค่ามาตรฐานการสูญเสียกำลังที่เกิดขึ้นเนื่องจากเวลา (Definition of Time-dependent Material Properties)

กำหนดค่าตัวแปรที่ทำให้เกิดการสูญเสียแรงภายในโครงสร้างคอนกรีต มีขั้นตอนดังนี้ คลิก Properties -> Time dependent ผู้ใช้จะใช้คำสั่งไฟล์ 2 คำสั่งในการกำหนดค่า ได้แก่

3.3.3.1 Creep/Shrinkage

ขั้นตอนการกำหนดมาตรฐานการสูญเสียกำลังของคอนกรีตในส่วน Creep และ Shrinkage ใส่ข้อมูลดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Name : Creep
- Code : CEB-FIP
- Concrete Compressive Strength at 28 days (5,000,000 kgf/m²)
- Type of cement : N,R : 0.25

3.3.3.2 Material Link

เป็นขั้นตอนการเลือก Material เพื่อใส่ค่าของ Creep / Shrinkage และ Comp.Strength ใส่ข้อมูลดังนี้

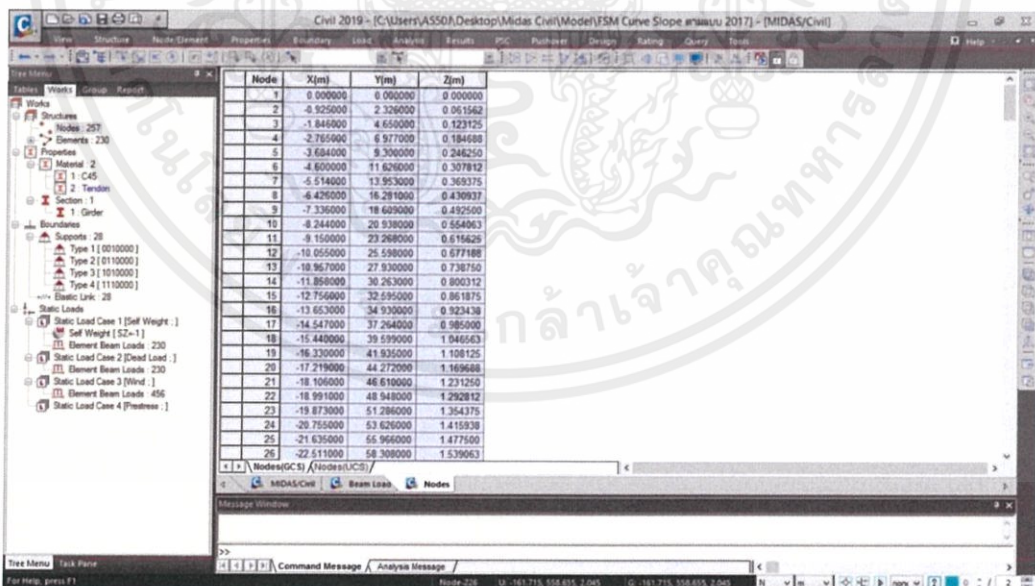
- Creep/Shrinkage : Creep
- Comp.Strength : Creep

เลือก Materials ให้ไปอยู่ที่ Selected Materials จากนั้นคลิก Add / Modify

3.3.4 การสร้างแบบจำลองโครงสร้าง (Structural Modeling)

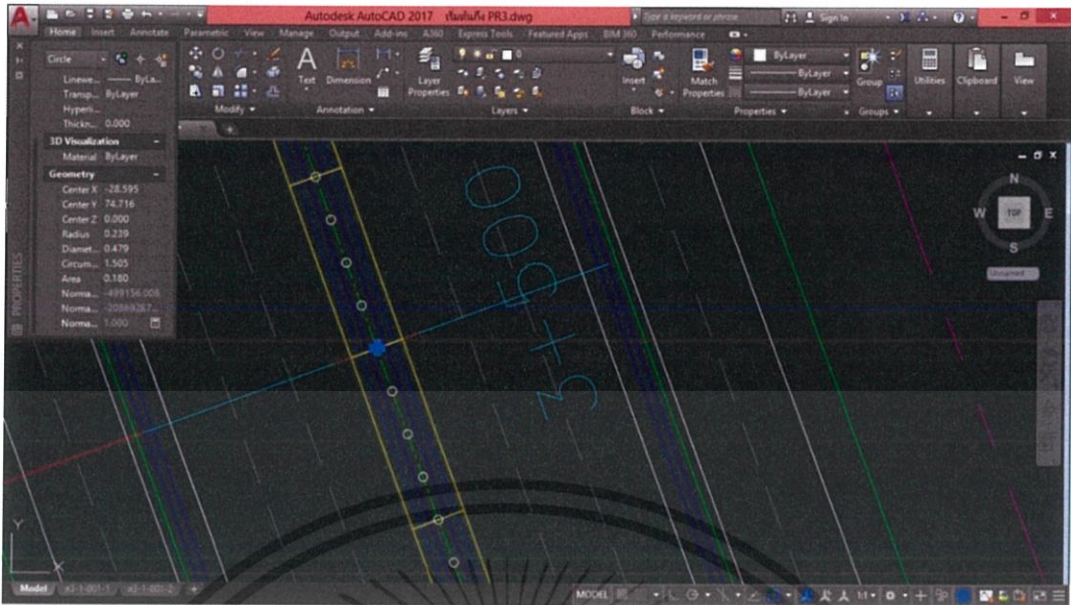
3.3.4.1 การจัดสร้างองค์ประกอบ (Element Generation)

เริ่มจากการสร้าง Nodes เป็นจุดอ้างอิง (0,0,0) โดยใช้คำสั่ง Create Nodes ในเมนู Note/Element จากนั้นทำการใส่พิกัด Node ที่ช่อง Nodes Table โดยค่าพิกัดมาจากการหาในโปรแกรม AutoCAD ทำการสร้าง Girder โดยใช้คำสั่ง Nodal Connectivity ในเมนู Create Elements ดังรูป 3.6

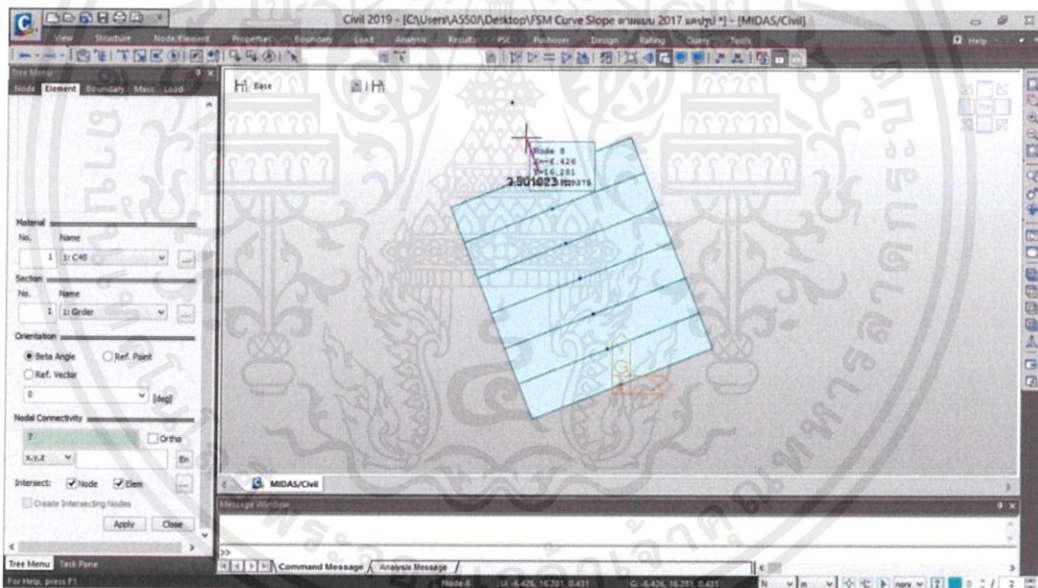


รูป 3.6 การกรอกพิกัด Nodes

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

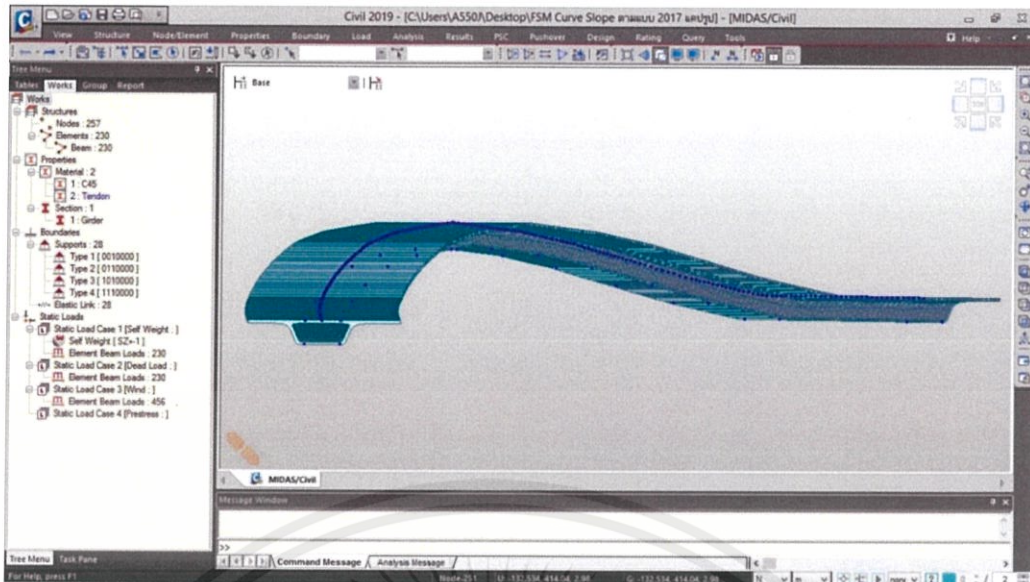


รูป 3.7 การหาพิกัดในโปรแกรม AutoCAD



รูป 3.8 การสร้าง Girder โดยใช้คำสั่ง Nodal Connectivity

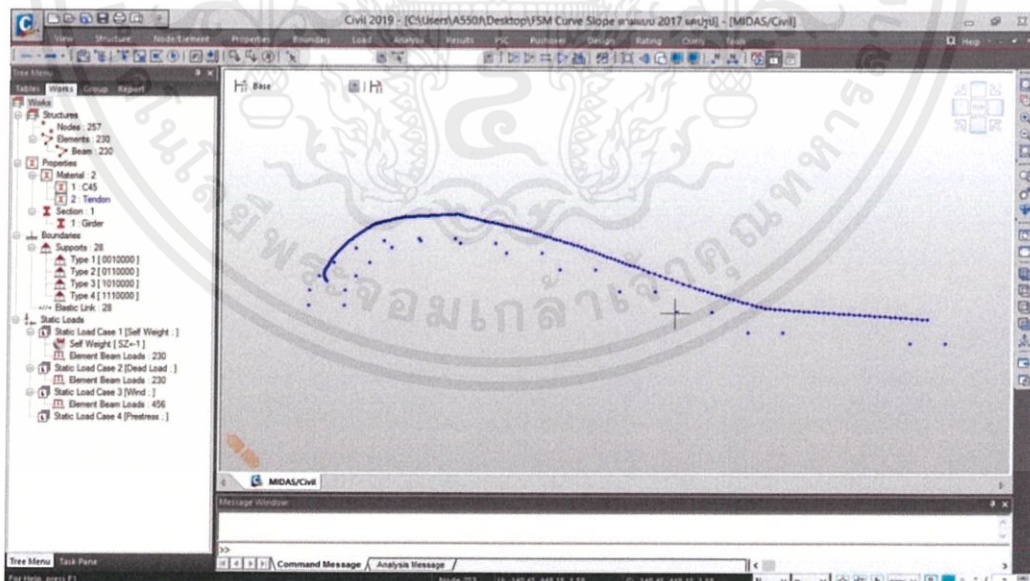
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 3.9 Girder ที่สมบูรณ์

3.3.4.2 การสร้างฐานรองรับ (Support Generation)

สร้างฐานรองรับได้โดยการสร้าง Nodes ตามตำแหน่งของฐานรองรับ โดยไปที่คำสั่ง Node/Element -> Create Nodes -> ตั้งค่ากำหนดลำดับ Node และพิกัด Coordinates (x,y,z) ตามแบบ จะได้ผลออกมาดังรูป 3.10

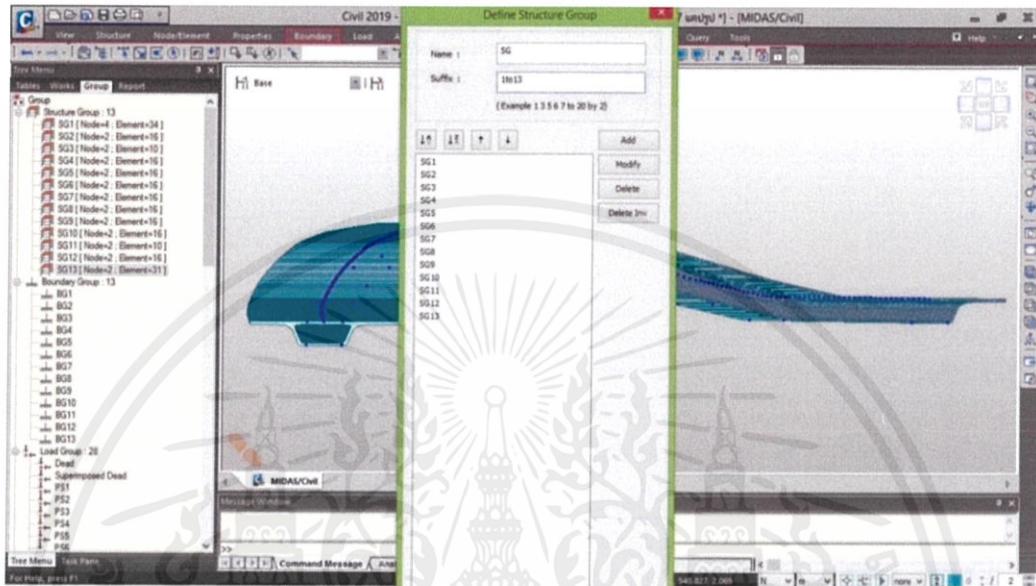


รูป 3.10 Generation of Support Nodes

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.4.3 การนิยามกลุ่ม (Group Definition)

เป็นการสร้างกลุ่มแยกประเภทต่างๆ ออกเป็นหมวดหมู่แบ่งเป็น Structure , Define Boundary Group , Define Load Group และ Define Tendon Group โดยใช้คำสั่ง Structure -> Group -> ได้ผลออกมาดังรูป 3.11



รูป 3.11 Group Generation

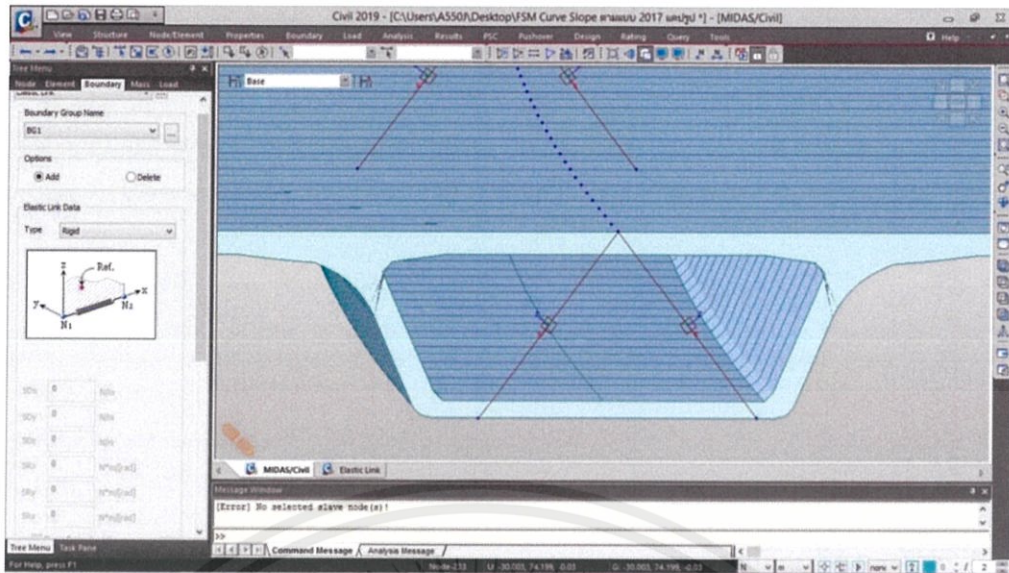
3.3.4.4 การจัดโครงสร้างกลุ่ม (Structure Group Assignment)

กำหนด Node&Element ให้อยู่ตามกลุ่มต่างๆ ที่สร้างไว้ใน 3.3.4.3 โดยการ Select Nodes&Elements -> Structure Group (เลือกกลุ่ม) -> Assign

3.3.5 การป้อนข้อมูลเงื่อนไขและขอบเขต (Boundary Conditions Input)

3.3.5.1 Rigid Links

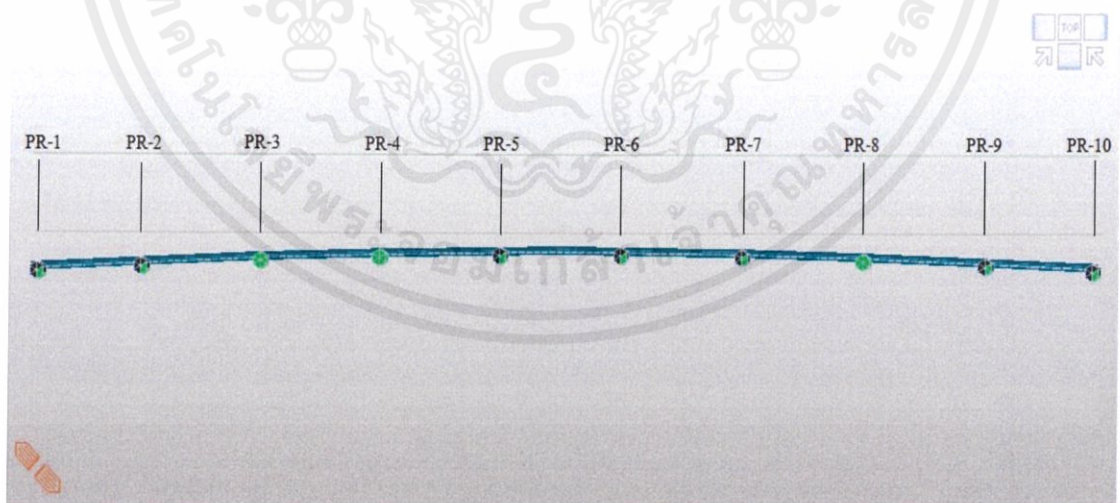
เป็นการเชื่อมต่อจุด centroid ของหน้าตัด PSC Box กับ Supports โดยใช้คำสั่ง Boundary -> Elastic Link ได้ผลออกมาดังรูป 3.12



รูป 3.12 Rigid Links

3.3.5.2 การป้อนข้อมูลเงื่อนไขของฐานรองรับ (Supports Input)

เป็นการกำหนดเงื่อนไขของฐานรองรับแต่ละจุดว่าจะรับแรง รับโมเมนต์ตามแกนไหนบ้าง ในที่นี้กำหนดฐานรองรับตามแบบ Bearing Type ดังรูป โดยใช้คำสั่ง Boundary -> Define Support ได้ผลออกมาดังรูป 3.13 ,3.14 และ 3.15

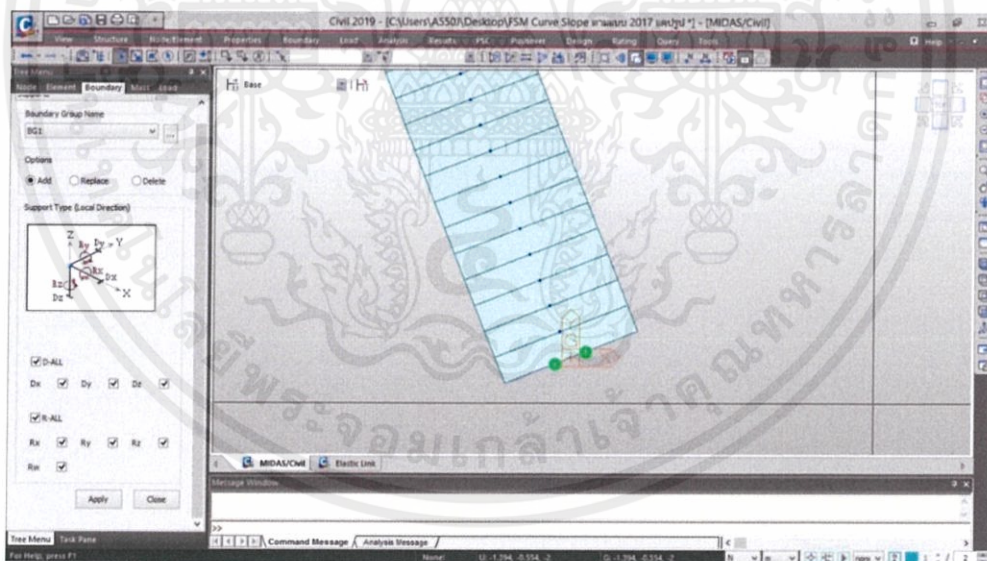


รูป 3.13 Type of Bearings.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AXIS	BEARING TYPE	DESCRIPTION	EJ. TYPE
PR1	G4	1 DISC BEARING FREE SLIDING + 1 DISC BEARING GUIDED SLIDING	1
PR2	G5B	1 DISC BEARING FREE SLIDING + 1 DISC BEARING GUIDED SLIDING	
PR3	F2	2 DISC FIXED BEARING	
PR4	F2	2 DISC FIXED BEARING	
PR5	G5B	1 DISC BEARING FREE SLIDING + 1 DISC BEARING GUIDED SLIDING	
PR6	G3	2 x (1 DISC BEARING FREE SLIDING + 1 DISC BEARING GUIDED SLIDING)	2
PR7	G5B	1 DISC BEARING FREE SLIDING + 1 DISC BEARING GUIDED SLIDING	
PR8	F2	2 DISC FIXED BEARING	
PR9	G5B	1 DISC BEARING FREE SLIDING + 1 DISC BEARING GUIDED SLIDING	
PR10	G4	1 DISC BEARING FREE SLIDING + 1 DISC BEARING GUIDED SLIDING	1

รูป 3.14 Bearings Type Pier.



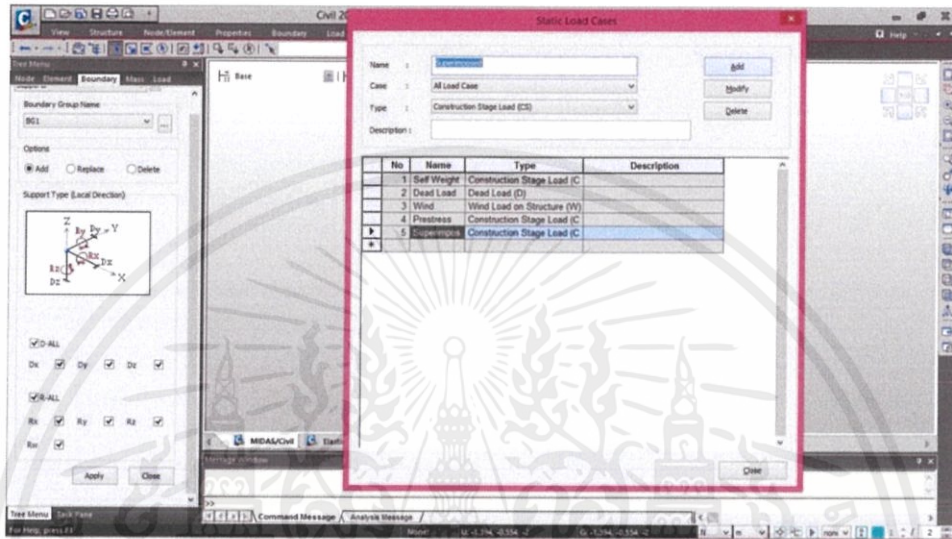
รูป 3.15 Boundary Condition Input

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.6 การป้อนข้อมูลน้ำหนักบรรทุกในขั้นตอนการก่อสร้าง (Construction Stage Loads Input)

3.3.6.1 การกำหนดเงื่อนไขน้ำหนักบรรทุก (Define Load Conditions)

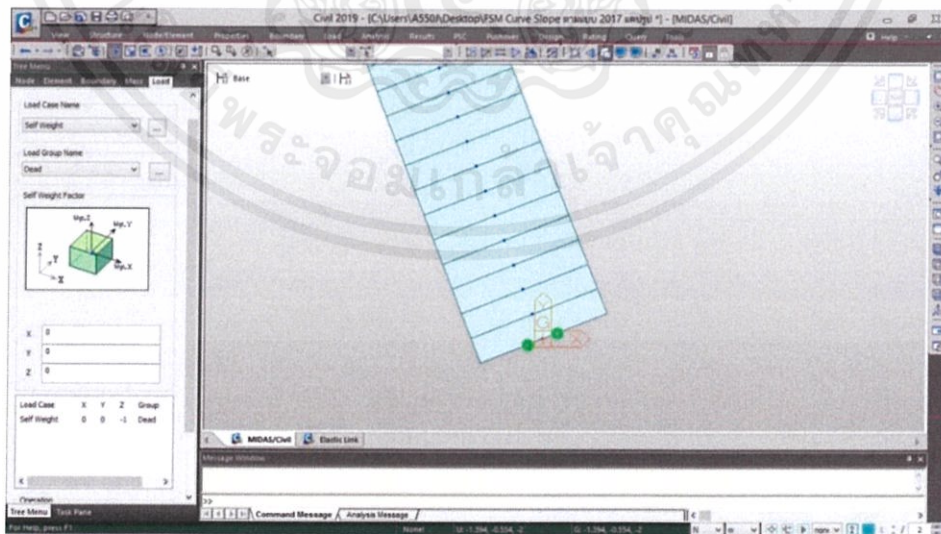
เป็นการกำหนดเงื่อนไขน้ำหนักบรรทุกสำหรับการวิเคราะห์ ประกอบด้วย Self Weight, Dead Load, Prestress, Superimposed และ Wind Load ดังรูป 3.16



รูป 3.16 Load Cases Definition

3.3.6.2 น้ำหนักตัวเอง (Self Weight)

กำหนดทิศทาง Self Weight ได้โดยไปที่คำสั่ง Load -> Self Weight ได้ผลออกมาดังรูป 3.17

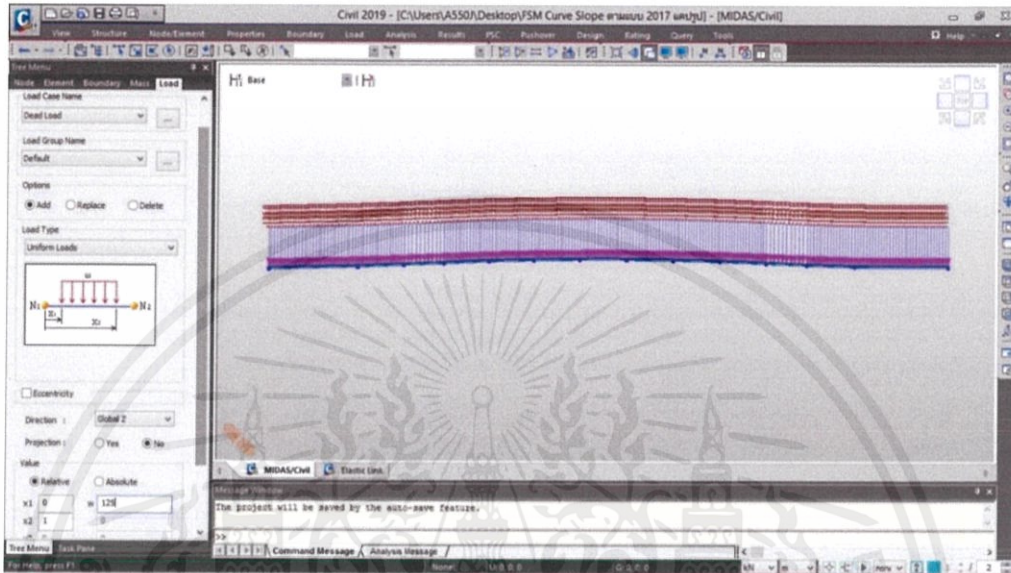


รูป 3.17 Self Weight Input

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

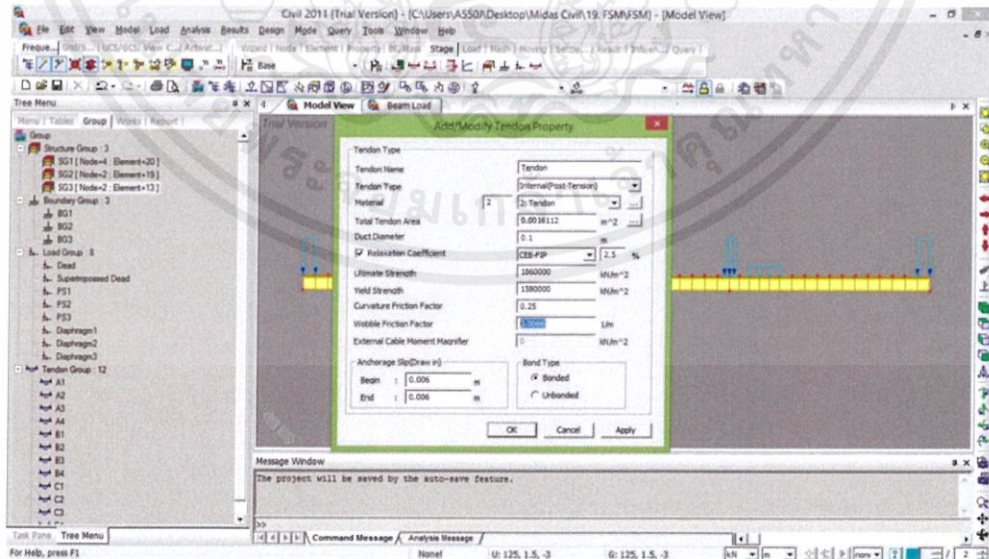
3.3.6.3 น้ำหนักบรรทุกคงที่ (Dead Load)

ป้อนข้อมูล Dead Load ได้โดยไปที่คำสั่ง Load -> Element Beam Loads -> Select All -> เลือกชื่อ Dead Load -> Global Z -> เลือกว่าเป็น Relative/Absolute -> กรอกค่า ได้ผล ออกมาดังรูป 3.18



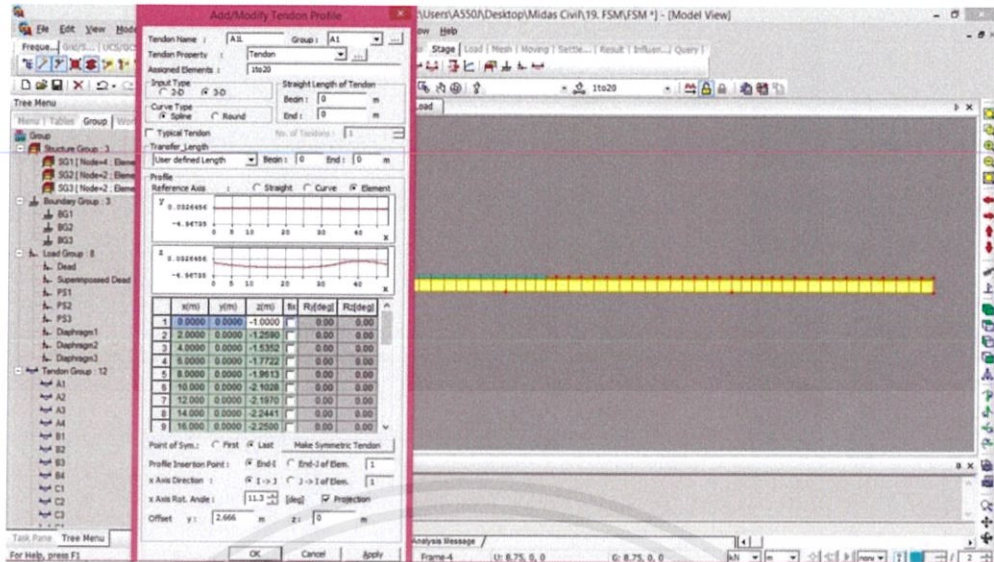
รูป 3.18 Miscellaneous Dead Loads

3.3.6.4 Tendon Prestress Load



รูป 3.19 Tendon Property Dialog

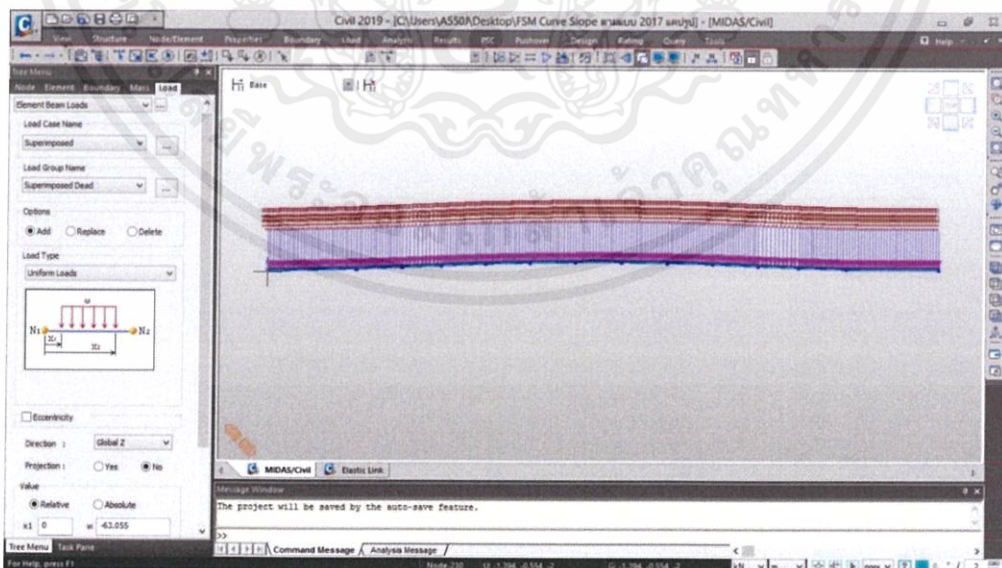
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 3.20 Tendon Profile Input Dialog

3.3.6.5 น้ำหนักบรรทุกทุกคงที่อื่น ๆ (Superimposed Dead Loads)

ป้อนข้อมูล Superimposed Dead Load ได้โดยไปที่คำสั่ง Load -> Static Loads -> Beam Loads -> Element -> Select All -> เลือก Load Case Name : Superimposed , Load Group Name : Superimposed dead , Load Type : Uniform Loads โดยค่า w คำนวณจากผลรวมของน้ำหนักของ Barriers + Safety Fences + Asphalt concrete pavement + Noise barriers ซึ่งจะได้ผลออกมาดังรูป 3.21



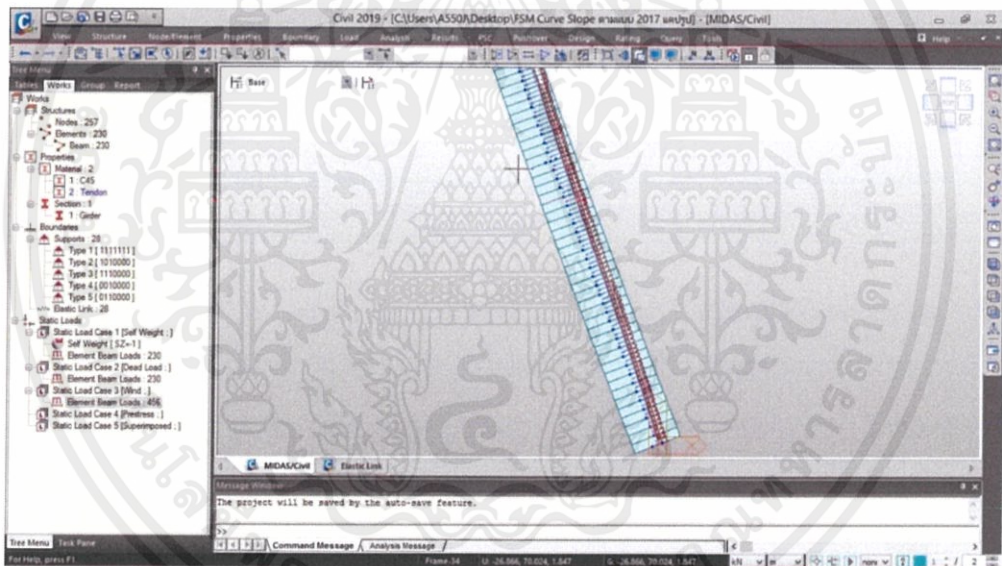
รูป 3.21 Loading Superimposed Dead Loads

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.7 การป้อนข้อมูลน้ำหนักบรรทุกบนโครงสร้างที่เสร็จสมบูรณ์ (Loading Input on the Completed Structure)

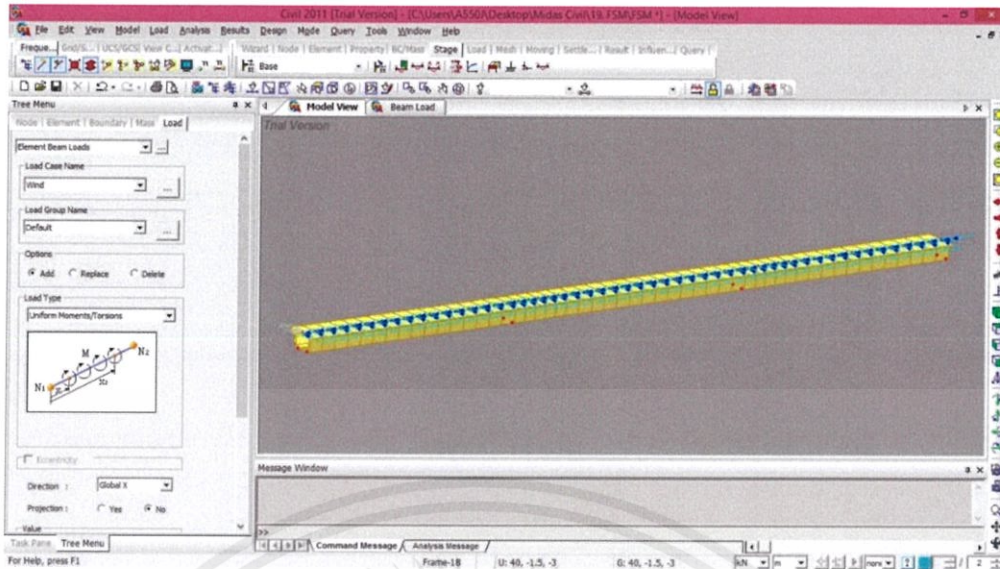
3.3.7.1 แรงลม (Wind Loading)

แรงลมที่กระทำกับโครงสร้างมีทั้งที่กระทำกับโครงสร้างส่วนบน (Wind load on superstructure) ที่กระทำกับน้ำหนักจร (Wind load on live load) ที่กระทำกับโครงสร้างส่วนล่าง (Wind load on substructure) และแรงลมพลิกคว่ำ (Overturning wind) AASHTO กำหนดให้คิดแรงลมจากลมที่กระทำต่อสะพานในหลายทิศทาง ในที่นี้จะพิจารณาเฉพาะแรงลมที่กระทำกับโครงสร้างส่วนบน (Wind load on superstructure) เท่านั้น โดยพื้นที่ลมปะทะได้แก่ พื้นที่ตั้งแต่กันล่องจนถึงราวกันชน (Section Depth + Barriers + Noise barriers) ป้อนข้อมูล Wind Loads ได้โดยไปที่คำสั่ง Load -> Static Loads -> Beam Loads -> Element -> Select ที่ละ Node -> เลือก Load Case Name : Wind , Load Group Name : Default , Load Type : Uniform Loads, Direction : Global Y -> กรอกค่า x_1, x_2, w จะได้ผลออกมาดังรูป 3.22



รูป 3.22 Wind Loading Input (Uniform Load)

จากนั้นทำเหมือนเดิมอีกครั้งเพื่อใส่ค่า Moments โดย Load Type เปลี่ยนเป็น Uniform Moments/Torsion และ Direction เปลี่ยนเป็น Local X จะได้ผลออกมาดังรูป 3.23



รูป 3.23 Wind Loading Input (Uniform Moment)

3.3.8 การกำหนดขั้นตอนในการก่อสร้าง (Definition of Construction Stages)

เป็นการกำหนดเวลาในขั้นตอนต่างๆ ของการก่อสร้าง โดยไปที่คำสั่ง Load / Construction

Stage / Define C.S / Add

Name> CS1

Duration>30

Element tab

Group List>SG1 ; Activation>Age (7)

Boundary tab

Group List>BG1

Activation>Spring/Support Position>Deformed (on)

Load tab

Group List>Dead, PS1, Diaphragm1

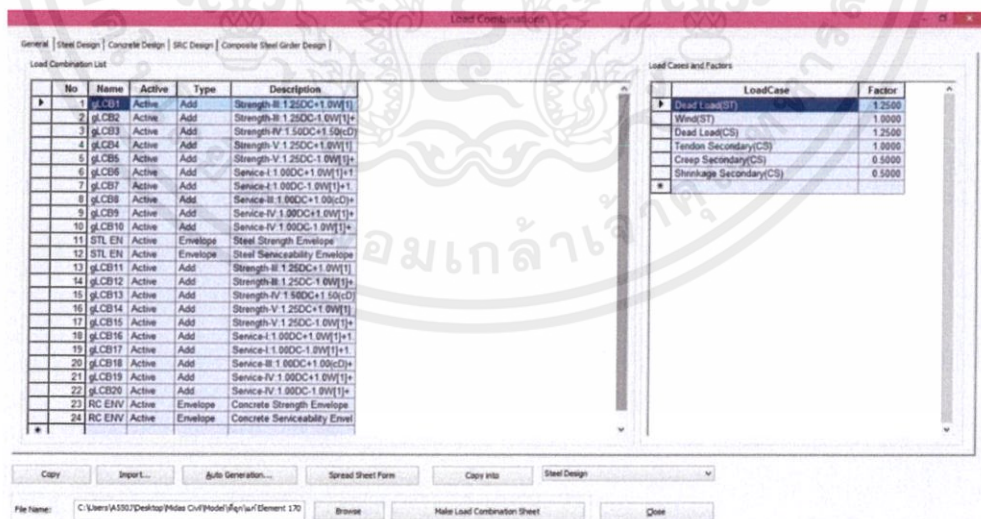
Activation>Active Day>First > Add

Stage	Days	Element	Boundary	Load
CS1	30	SG1	BG1	Dead, PS1, Diaphragm1
CS2	30	SG2	BG2	PS2, Diaphragm2
CS3	30	SG3	BG3	PS3, Diaphragm3
CS4	30	SG4	BG4	PS4, Diaphragm4
CS5	30	SG5	BG5	PS5, Diaphragm5
CS6	30	SG6	BG6	PS6, Diaphragm6
CS7	30	SG7	BG7	PS7, Diaphragm7
CS8	30	SG8	BG8	PS8, Diaphragm8
CS9	30	SG9	BG9	PS9, Diaphragm9
CS10	30	SG10	BG10	PS10, Diaphragm10
CS11	10000	-	-	Superimposed dead

3.3.9 แสดงผลของการวิเคราะห์โครงสร้าง (Performing Structural Analysis)

3.3.9.1 Load Combination

เป็นการรวมโหลดโดยแบ่งเป็นกรณีย่อยๆ โดยไปที่คำสั่ง Results > Load Combination ที่ Tap General กด Auto Generation จะได้ผลออกมาดังรูป 3.24

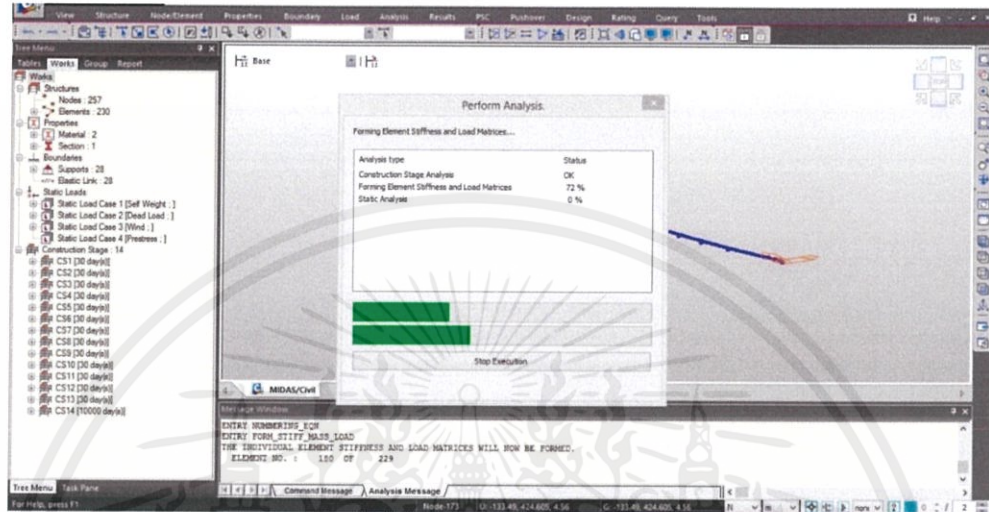


รูป 3.24 Load Combination

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.9.2 Perform Analysis

ทำการวิเคราะห์โครงสร้างโดยไปที่คำสั่ง Analysis > Perform Analysis ได้ผลออกมา ดังรูป 3.25 จากนั้นดูผลการวิเคราะห์ต่างๆ ได้ใน Tap Results



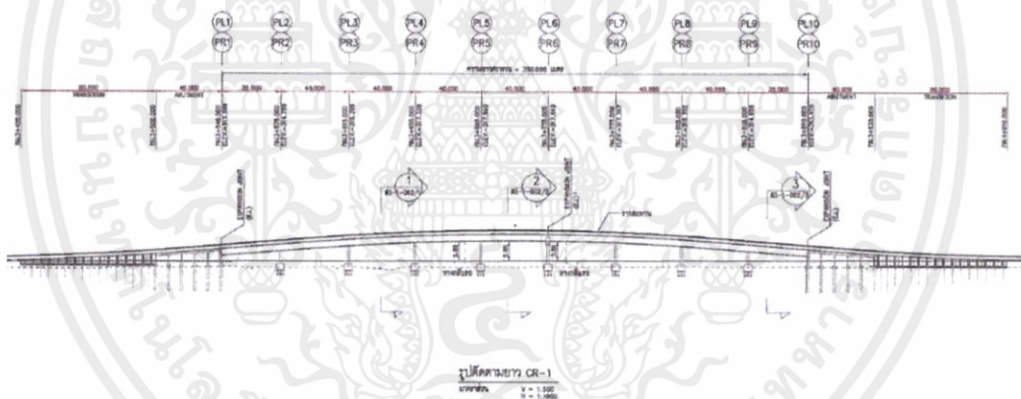
รูป 3.25 Perform Analysis

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

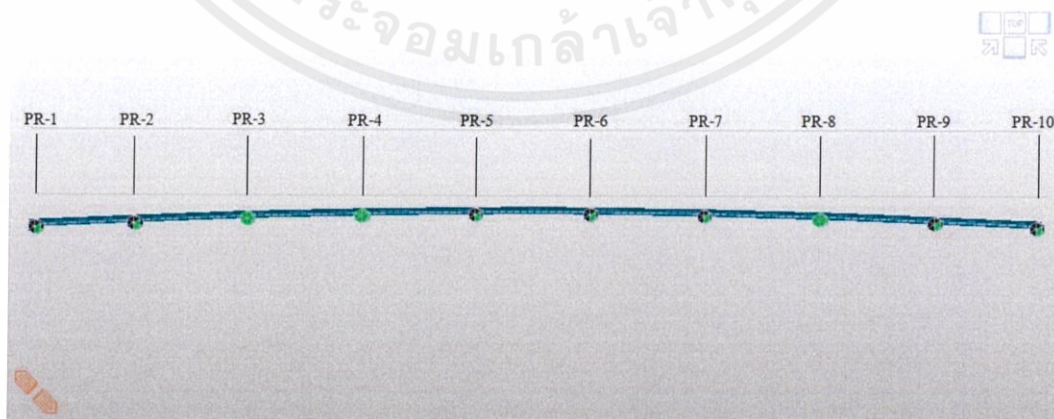
บทที่ 4

ผลการดำเนินการ

จากการสร้างแบบจำลองสะพานด้วยโปรแกรม Midas Civil [5] จากโครงการถนนเลียยเมืองแม่ริมจังหวัดเชียงใหม่ โดยเลือกวิเคราะห์ที่จุดตัด CR-1 โดยจุดตัด CR-1 มีจุดเริ่มต้นสะพานที่ กม. 3+420.000 และสิ้นสุดที่ กม.4+010.000 ตัวสะพานรองรับโดยตอม่อ 10 ตอม่อ (PR1-PR10) โดยมีจุด Expansion Joint 3 จุดคือที่ PR1 PR6 และ PR10 ตามลำดับ ดังรูป 4.1 และ 4.2 จากนั้นใช้ค่าความเร็วลมจากกรมอุตุนิยมวิทยาในพื้นที่ เพื่อนำมาคำนวณตามวิธีของมาตรฐาน AASHTO LRFD 2017 และมาตรฐานการคำนวณแรงลมกรมทางหลวงชนบท อ้างอิงมาตรฐาน AASHTO 2014 โดยกำหนดให้แกน x เป็นแกนตามความยาวของสะพาน แกน y เป็นแกนตั้งฉากกับแนวสะพาน และแกน z เป็นแกนในแนวตั้ง จากนั้นกำหนดให้ทิศทางแรงเข้าทางด้านข้างของสะพาน(แกน y) ดังรูป 4.3 ได้ผลการวิเคราะห์โครงสร้างสะพานแสดงออกมาในรูปของกราฟเปรียบเทียบระหว่าง 2 มาตรฐาน โดยแกน y ของกราฟเป็นแกนของค่าหน่วยแรงต่าง ๆ และแกน x เป็นแกนของความยาวตามแนวสะพาน

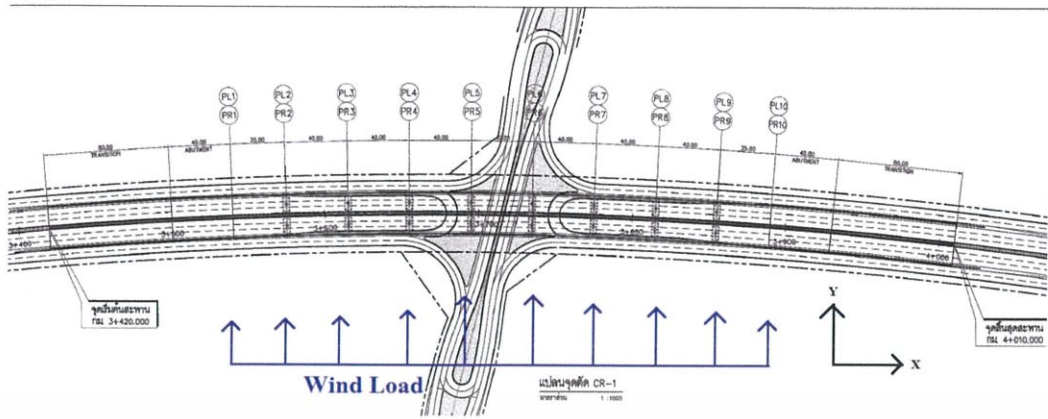


รูปที่ 4.1 รูปตัดตามยาว CR-1



รูปที่ 4.2 โมเดลสะพานในโปรแกรม Midas Civil 2019

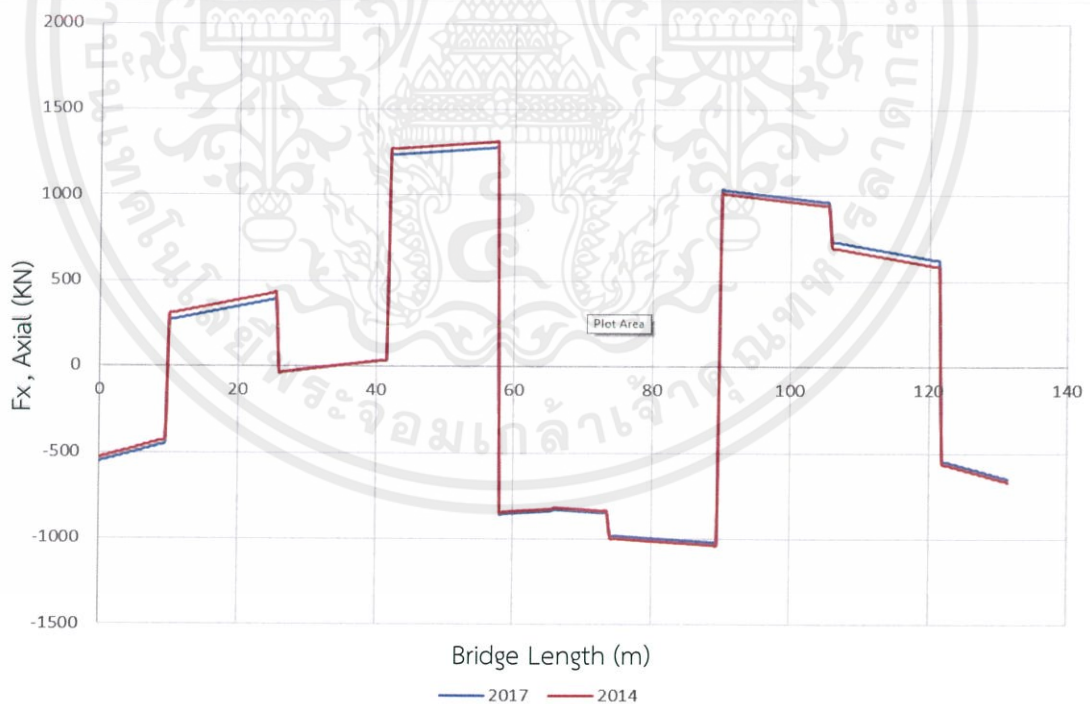
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 ทิศทางและลักษณะแรงลมที่กระทำ

4.1 ผลการวิเคราะห์เพื่อหาค่าโมเมนต์และแรงเฉือน

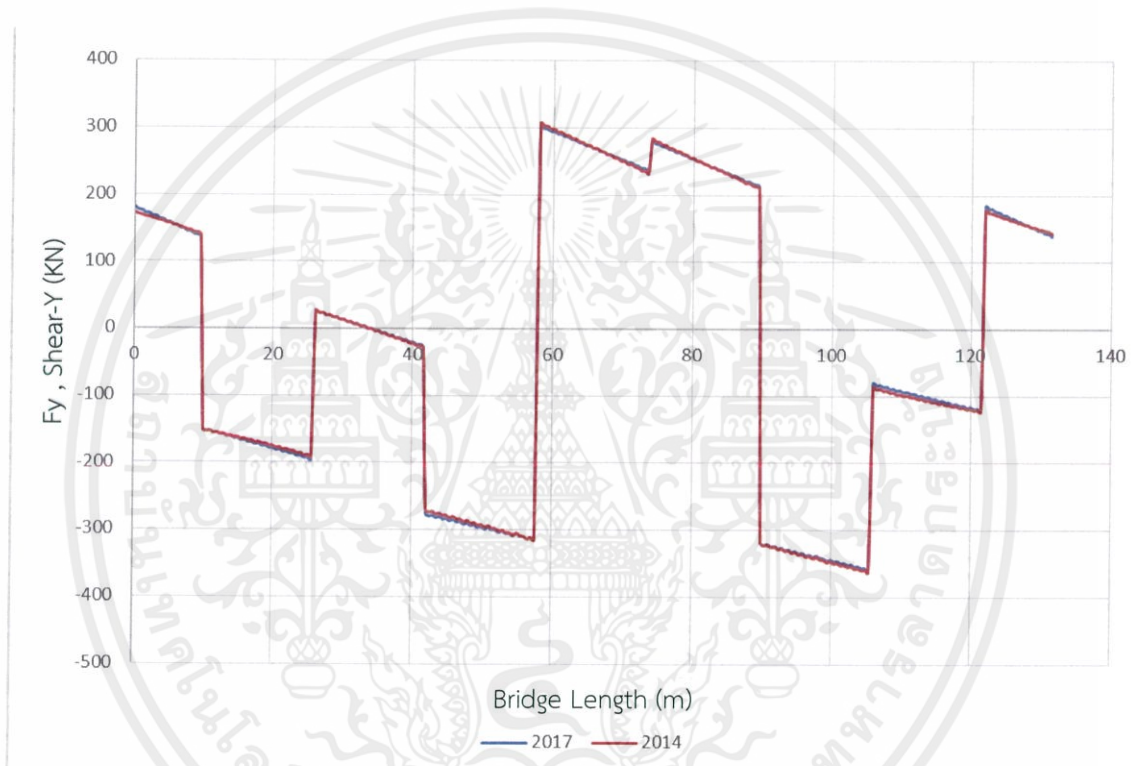
จากผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Midas Civil เพื่อเปรียบเทียบค่าแรงเฉือนและโมเมนต์ที่เกิดขึ้นในสะพานเนื่องจากแรงลม ระหว่างมาตรฐาน AASHTO LRFD 2017 และมาตรฐานการคำนวณแรงลมกรมทางหลวงชนบท อ้างอิงมาตรฐาน AASHTO 2014 สามารถแสดงได้ในรูปที่ 4.4 ถึงรูปที่ 4.9



รูป 4.4 ผลของแรงในแนวแกนทั้ง 2 มาตรฐานการออกแบบ

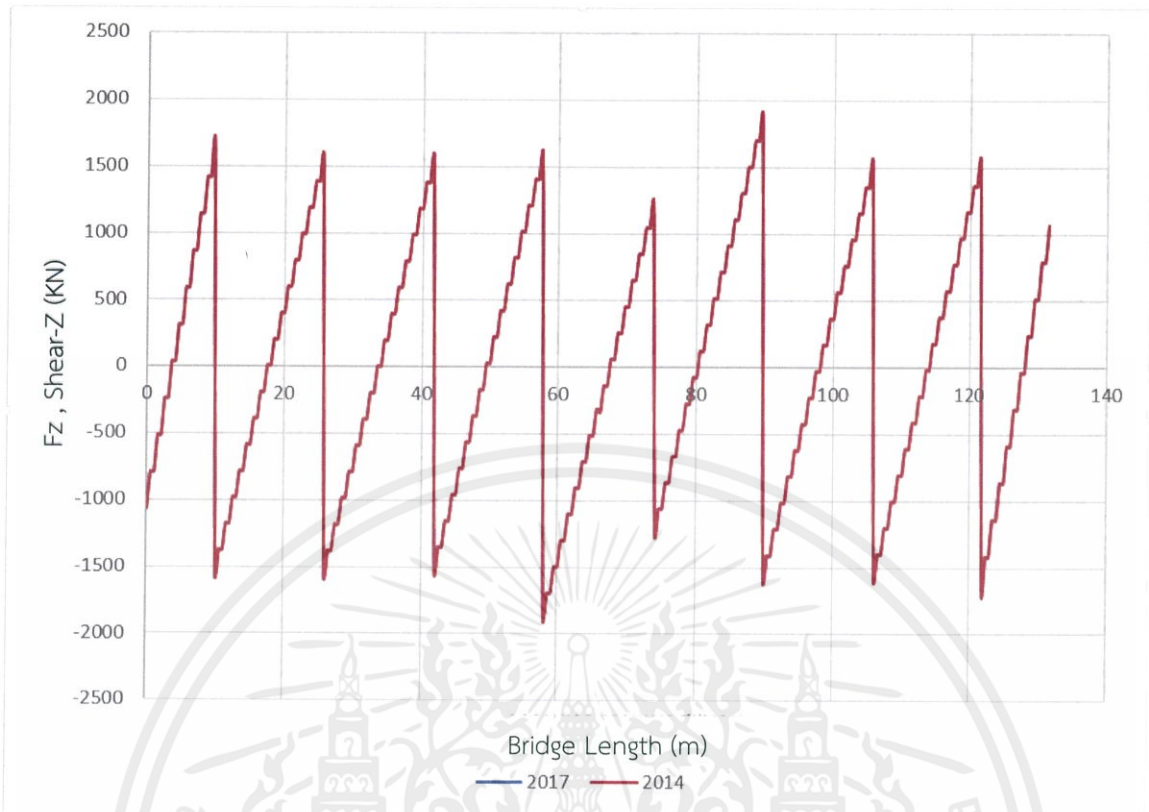
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.4 กราฟแสดงผลของแรงในแนวแกนที่เกิดขึ้น จากกราฟค่าแรงในแนวแกนบวกของมาตรฐาน 2017 และ 2014 เกิดขึ้นที่ตำแหน่งกึ่งกลางระหว่างตอม่อ PR5-PR6 โดยมีค่าเท่ากับ 1279 กิโลนิวตัน และ 1310.27 กิโลนิวตัน ตามลำดับ และค่าแรงในแนวแกนลบของมาตรฐาน 2017 และ 2014 เกิดขึ้นที่ตำแหน่งตอม่อ PR7 โดยมีค่าเท่ากับ -1023.42 กิโลนิวตัน และ -1039.15 กิโลนิวตัน ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับกันระหว่าง 2 มาตรฐานจะพบว่าค่าแรงในแนวแกนสูงสุดและต่ำสุดของทั้งสองมาตรฐาน มีค่าแตกต่างกันน้อยมากโดยค่าแรงในแนวแกนสูงสุดและต่ำสุดของ 2017 มีค่าน้อยกว่ามาตรฐาน 2014



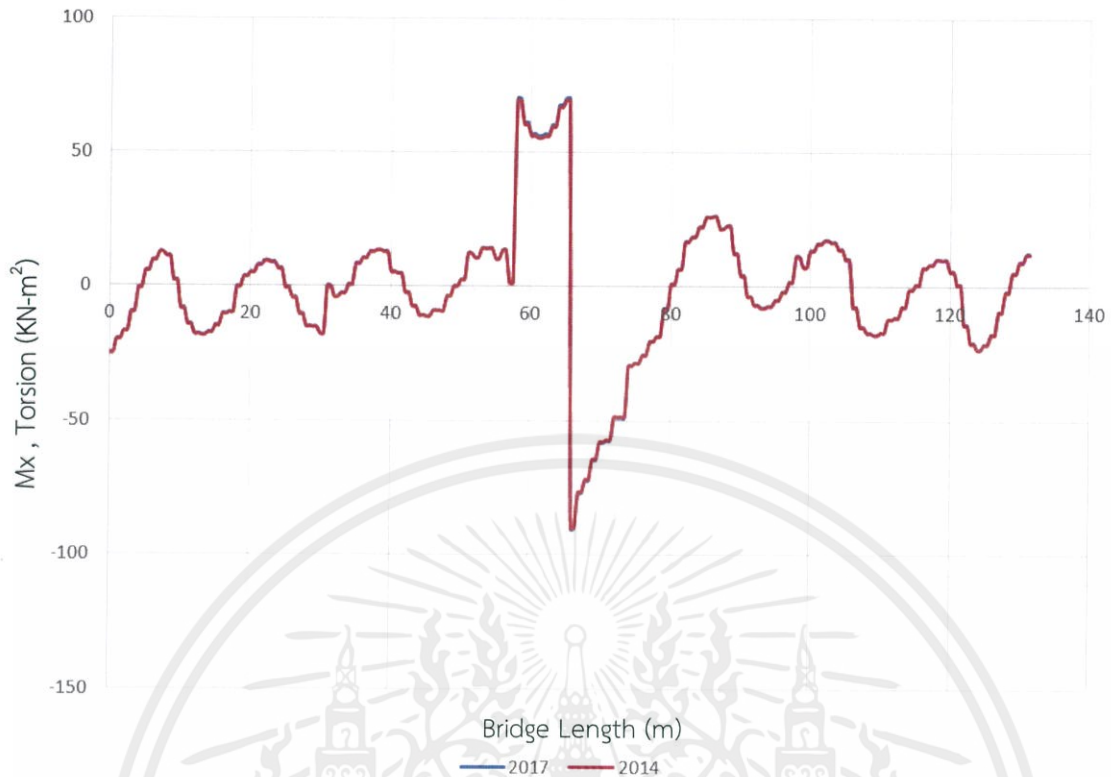
รูปที่ 4.5 ผลของแรงเฉือนในแนวแกน y ทั้ง 2 มาตรฐานการออกแบบ

จากรูปที่ 4.5 กราฟแสดงผลของแรงเฉือนในแนวแกน y ที่เกิดขึ้น จากกราฟค่าแรงเฉือนในแนวแกน y สูงสุดของมาตรฐาน 2017 และ 2014 เกิดขึ้นที่ตำแหน่งตอม่อ PR5 โดยมีค่าเท่ากับ 301.88 กิโลนิวตัน และ 307.18 กิโลนิวตัน ตามลำดับ และค่าแรงเฉือนลบในแนวแกน y สูงสุดของมาตรฐาน 2017 และ 2014 เกิดขึ้นที่ตำแหน่งตอม่อ PR8 มีค่าเท่ากับ -360.14 กิโลนิวตัน และ -363.19 กิโลนิวตัน ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับกันระหว่าง 2 มาตรฐานจะพบว่าค่าแรงเฉือนในแนวแกน y สูงสุดของมาตรฐาน 2017 มีค่าน้อยกว่ามาตรฐาน 2014



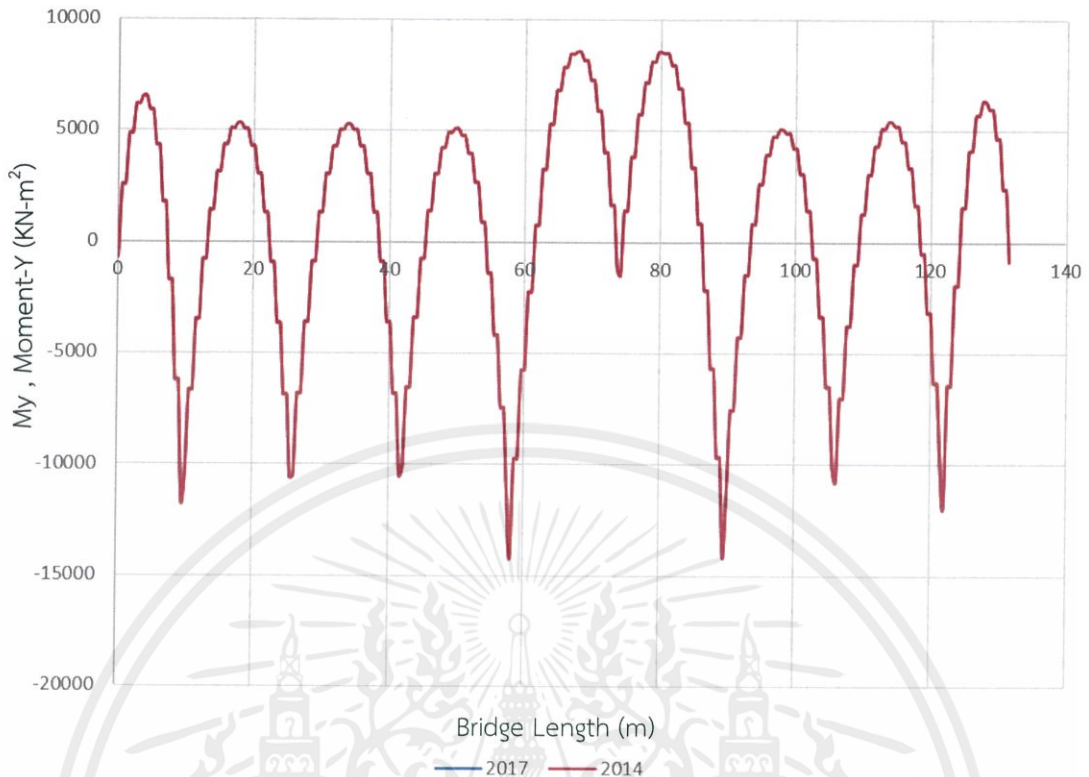
รูปที่ 4.6 ผลของแรงเฉือนในแนวแกน z ทั้ง 2 มาตรฐานการออกแบบ

จากรูปที่ 4.6 กราฟแสดงผลของแรงเฉือนในแนวแกน z ที่เกิดขึ้น จากกราฟค่าแรงเฉือนบวกในแนวแกน z สูงสุดของมาตรฐาน 2017 และ 2014 เกิดขึ้นที่ตำแหน่งตอม่อ PR7 โดยมีค่าเท่ากับ 1,893.51 กิโลนิวตัน และ 1,892.62 กิโลนิวตัน และค่าแรงเฉือนลบในแนวแกน z สูงสุดของมาตรฐาน 2017 และ 2014 เกิดขึ้นที่ตำแหน่งตอม่อ PR5 มีค่าเท่ากับ -1,694.15 กิโลนิวตัน และ -1,695.2 กิโลนิวตัน เมื่อเปรียบเทียบกันระหว่าง 2 มาตรฐานจะพบว่าค่าแรงเฉือนในแนวแกน z ของทั้ง 2 มาตรฐานแตกต่างกันน้อยมาก เนื่องจากใช้ค่า Dead Load เท่ากัน



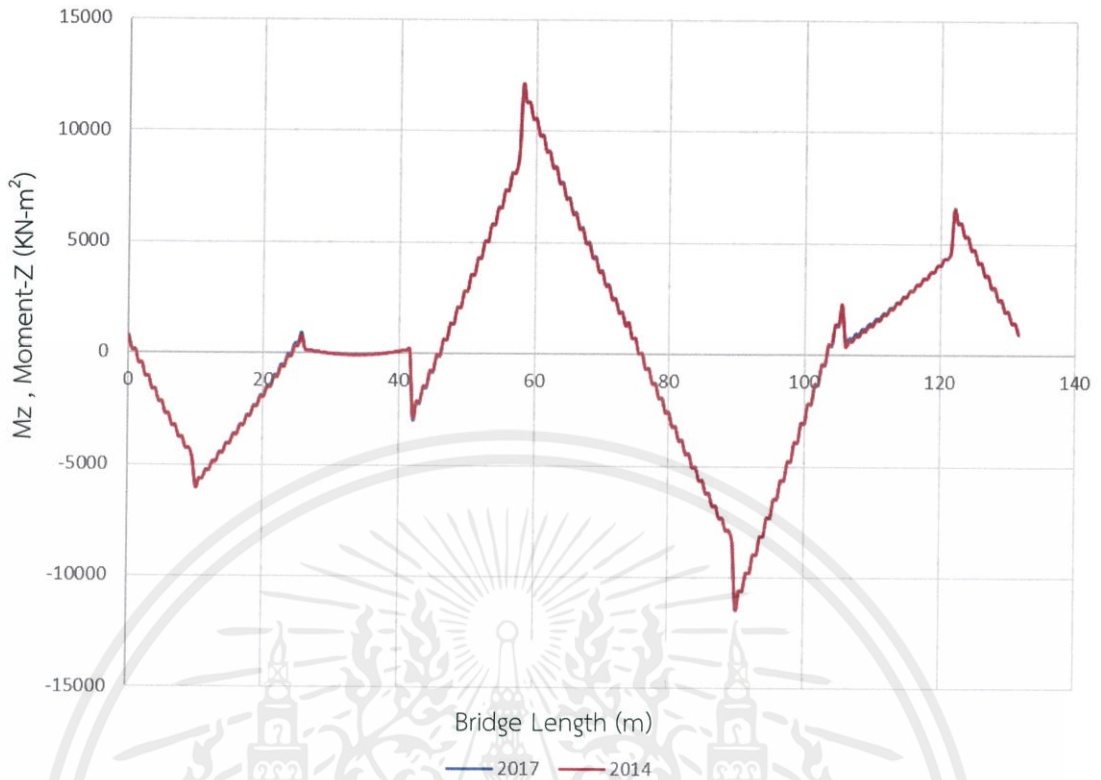
รูปที่ 4.7 ผลของแรงบิดทั้ง 2 มาตรฐานการออกแบบ

จากรูปที่ 4.7 กราฟแสดงผลของแรงบิดที่เกิดขึ้น จากกราฟค่าแรงบิดบวกสูงสุดของมาตรฐาน 2017 และ 2014 เกิดขึ้นที่ตำแหน่งกึ่งกลางระหว่างตอม่อ PR5-PR6 โดยมีค่าเท่ากับ 70.1 กิโลนิวตัน-เมตร และ 69.4 กิโลนิวตัน-เมตร ตามลำดับ และค่าแรงบิดลบสูงสุดของมาตรฐาน 2017 และ 2014 เกิดขึ้นที่ตำแหน่งกึ่งกลางระหว่างตอม่อ PR5-PR6 มีค่าเท่ากับ -90.49 กิโลนิวตัน-เมตร และ -89.9 กิโลนิวตัน-เมตร เมื่อเปรียบเทียบกันระหว่าง 2 มาตรฐานจะพบว่าค่าแรงบิดของทั้ง 2 มาตรฐานแตกต่างกันน้อยมาก



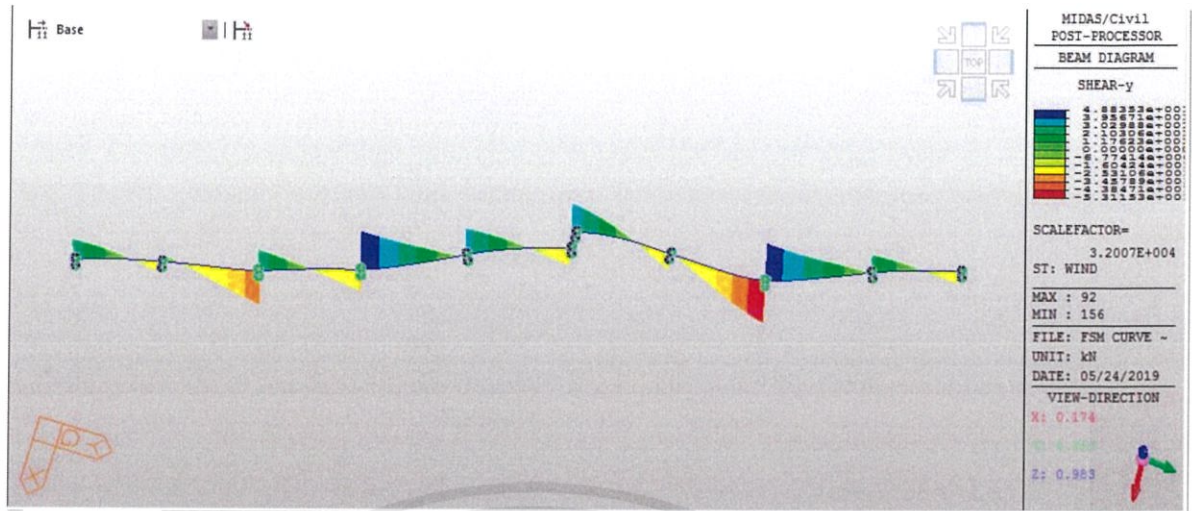
รูปที่ 4.8 ผลของโมเมนต์รอบแกน y ทั้ง 2 มาตรฐานการออกแบบ

จากรูปที่ 4.8 กราฟแสดงผลของโมเมนต์รอบแกน y ที่เกิดขึ้น จากกราฟค่าโมเมนต์บวกรอบแกน y สูงสุดของมาตรฐาน 2017 และ 2014 เกิดขึ้นที่ตำแหน่งกึ่งกลางระหว่างตอม่อ PR6-PR7 โดยมีค่าเท่ากับ 8,474.48 กิโลนิวตัน-เมตร และ 8,466.24 กิโลนิวตัน-เมตร ตามลำดับ และค่าโมเมนต์ลบรอบแกน y สูงสุดของมาตรฐาน 2017 และ 2014 เกิดขึ้นที่ตำแหน่งตอม่อ PR7 มีค่าเท่ากับ -14,180.2 กิโลนิวตัน-เมตร และ -14,168.4 กิโลนิวตัน-เมตร เมื่อเปรียบเทียบกันระหว่าง 2 มาตรฐานจะพบว่าค่าโมเมนต์รอบแกน y ของทั้ง 2 มาตรฐานแตกต่างกันน้อยมาก



รูปที่ 4.9 ผลของโมเมนต์รอบแกน z ทั้ง 2 มาตรฐานการออกแบบ

จากรูปที่ 4.9 กราฟแสดงผลของโมเมนต์รอบแกน z ที่เกิดขึ้น จากกราฟค่าโมเมนต์บวกรอบแกน z สูงสุดของมาตรฐาน 2017 และ 2014 เกิดขึ้นที่ตำแหน่งตอม่อ PR5 โดยมีค่าเท่ากับ 12,031.92 กิโลนิวตัน-เมตร และ 12,048.83 กิโลนิวตัน-เมตร ตามลำดับ และค่าโมเมนต์ลบรอบแกน z สูงสุดของมาตรฐาน 2017 และ 2014 เกิดขึ้นที่ตำแหน่งตอม่อ PR7 มีค่าเท่ากับ -11,422.4 กิโลนิวตัน-เมตรและ -11,415.4 กิโลนิวตัน-เมตร ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกันระหว่าง 2 มาตรฐาน จะพบว่าค่าโมเมนต์รอบแกน z สูงสุดของมาตรฐาน 2017 มีค่าน้อยกว่ามาตรฐาน 2014



รูปที่ 4.10 Deformed Shape และกราฟแรงเฉือนในแนวแกน y ในมุมมอง Top View



รูปที่ 4.11 Deformed Shape และกราฟโมเมนต์รอบแกน z ในมุมมอง Top View

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์โมเมนต์ดัด แรงเฉือนและแรงบิดระหว่าง 2 มาตรฐาน

<u>Beam Force</u>	มาตรฐาน AASHTO LRFD 2017	มาตรฐาน AASHTO LRFD 2014	ความแตกต่าง (%)
หน่วยแรงในแนวแกนสูงสุด (กิโลนิวตัน)			
- แรงในแนวแกนบวก	1279	1310.270	-2.445
- แรงในแนวแกนลบ	1023.420	1039.150	-1.537
หน่วยแรงเฉือนในแนวแกน y สูงสุด (กิโลนิวตัน)			
- แรงเฉือนบวกในแนวแกน y	301.880	307.180	-1.756
- แรงเฉือนลบในแนวแกน y	360.140	363.190	-0.847
หน่วยแรงเฉือนในแนวแกน z สูงสุด (กิโลนิวตัน)			
- แรงเฉือนบวกในแนวแกน z	1893.510	1892.620	0.047
- แรงเฉือนลบในแนวแกน z	1694.150	1695.200	-0.062
หน่วยแรงบิดสูงสุด (กิโลนิว ตัน-เมตร)			
- แรงบิดบวก	70.010	69.400	0.871
- แรงบิดลบ	90.490	89.900	0.652
หน่วยโมเมนต์ดัดรอบแกน y สูงสุด (กิโลนิวตัน-เมตร)			
- โมเมนต์ดัดบวกรอบแกน y	8474.480	8466.240	0.097
- โมเมนต์ดัดลบรอบแกน y	14180.200	14168.400	0.0832
หน่วยโมเมนต์ดัดรอบแกน z สูงสุด (กิโลนิวตัน-เมตร)			
- โมเมนต์ดัดบวกรอบแกน z	12031.920	12048.480	-0.138
- โมเมนต์ดัดลบรอบแกน z	-11422.400	-11415.400	0.061

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย

5.1 สรุปผลการวิเคราะห์

งานวิจัยนี้เป็นการจำลองแบบและวิเคราะห์โครงสร้างของสะพานเลีย่งเมืองแม่ริม จังหวัดเชียงใหม่ด้วยโปรแกรม Midas Civil เมื่อมีแรงลมตามมาตรฐาน AASHTO LRFD 2017 และมาตรฐานการคำนวณแรงลมกรมทางหลวงชนบท อ้างอิงมาตรฐาน AASHTO 2014 โดยผลการเปรียบเทียบสามารถสรุปได้ดังนี้

1. จากผลการวิเคราะห์หน่วยแรงเฉือนสูงสุดที่เกิดขึ้นจากการกระทำของน้ำหนักบรรทุกคงที่และแรงลมตามมาตรฐาน AASHTO LRFD 2017 และมาตรฐานการคำนวณแรงลมกรมทางหลวงชนบท อ้างอิงมาตรฐาน AASHTO 2014 พบว่าแรงเฉือนในแนวแกน y สูงสุดของมาตรฐาน AASHTO LRFD 2017 มีค่าน้อยกว่ามาตรฐานการคำนวณแรงลมกรมทางหลวงชนบท อ้างอิงมาตรฐาน AASHTO 2014 ซึ่งมีผลมาจากค่าแรงลมที่ต่างกัน

2. จากผลการวิเคราะห์หน่วยโมเมนต์ดัดสูงสุดที่เกิดขึ้นจากการกระทำของน้ำหนักรถบรรทุกที่และแรงลมตามมาตรฐาน AASHTO LRFD 2017 และมาตรฐานการคำนวณแรงลมกรมทางหลวงชนบท อ้างอิงมาตรฐาน AASHTO 2014 พบว่าหน่วยโมเมนต์ดัดรอบแกน z สูงสุดของมาตรฐาน AASHTO LRFD 2017 มีค่าน้อยกว่ามาตรฐานการคำนวณแรงลมกรมทางหลวงชนบท อ้างอิงมาตรฐาน AASHTO 2014 ซึ่งมีผลมาจากค่าแรงลมออกแบบที่ต่างกัน

3. จากผลการวิจัย พบว่าค่าแรงเฉือน โมเมนต์ และ แรงปฏิกิริยาที่ฐานรองรับที่เกิดขึ้นจากโครงสร้างสะพานเนื่องจากแรงลม ของมาตรฐาน AASHTO LRFD 2017 ให้ค่าที่น้อยกว่ามาตรฐาน AASHTO LRFD 2014 ดังนั้นในการก่อสร้างจริงหากเลือกใช้มาตรฐาน AASHTO LRFD 2017 ในการออกแบบแรงลมจะทำให้สามารถประหยัดต้นทุนทางการก่อสร้างและมีความคุ้มค่ามากกว่าการเลือกใช้ มาตรฐาน AASHTO LRFD 2014

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. มาตรฐาน AASHTO 2014 ได้มีการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงเป็น AASHTO 2017 ในหลายส่วน เช่น การคำนวณออกแบบน้ำหนักรบรรทุก การออกแบบการคำนวณเนื่องจากแรงแผ่นดินไหว เป็นต้น ทั้งนี้ ในการเปรียบเทียบมาตรฐานการออกแบบทั้งสอง ควรคำนึงถึงส่วนอื่นนอกจากแรงลมด้วย ซึ่งเป็นหัวข้อที่น่าสนใจ และจะเป็นประโยชน์ต่อการออกแบบจริงต่อไป

2. เนื่องจากการวิจัยนี้ได้ทำการเปรียบเทียบผลของแรงลมที่กระทำต่อสะพาน โดยใช้โมเดลโครงการก่อสร้างถนนเลียงเมืองแมริม จ.เซียงใหม่ผลของการวิจัยจึงสามารถนำไปใช้ได้กับการก่อสร้างสะพานที่มีลักษณะภูมิประเทศแบบชานเมืองเท่านั้น หากมีลักษณะภูมิประเทศที่ต่างไปจะต้องคำนึงถึงพื้นที่ก่อสร้างและลักษณะภูมิประเทศด้วย เพื่อเปรียบเทียบความเหมาะสมระหว่างทั้งสองมาตรฐานอีกครั้ง



เอกสารอ้างอิง

- [1] ข้อมูลความเร็วลม 50 ปี จากกรมอุตุนิยมวิทยา 1968-2018. 4353 ถนนสุขุมวิท แขวงบางนา เขตบางนา กรุงเทพมหานคร
- [2] ASSHTO LRFD Bridge Design Specifications (7th Edition, 2014)
- [3] AASHTO LRFD Bridge Design Specifications (8th Edition, 2017)
- [4] ทศพล ปิ่นแก้ว, มนเกียรติ ชนินทรลีลา. การออกแบบสะพาน. กรุงเทพฯ : บ.เอ็นจีเนียริง เอ็กซ์เพิร์ท อินเทอร์เน็ตเซ็นแนล จำกัด. 2558.
- [5] MIDAS Information Technology Co., Ltd. ALL RIGHTS RESERVED. Midas Civil, 2019, Web site: <https://en.midasuser.com/>
- [6] ภูมิเกียรติ สว่างวงศ์. “การวิเคราะห์และออกแบบโครงสร้างสะพานคอนกรีตเสริมเหล็กอัดแรงที่ก่อสร้างแบบคานยื่นสมดุลตาม AASHTO LRFD HL-93”. (วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต) สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2559.
- [7] อติวัฒน์ วิมุตตะสูงวิริยะ “แผนที่ความเร็วลม เพื่อใช้ในการวิเคราะห์และออกแบบโครงสร้างสำหรับประเทศไทย (WIND MAP FOR STRUCTURAL ANALYSIS AND DESIGN IN THAILAND)” สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. 2546
- [8] Admin Midas user. Construction Stage Analysis for FSM (Full Staging Method) using general functions. Midas Civil, 2019, Web site: <https://en.midasuser.com/>

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก.

ค่าตัวแปรต่างๆ ในการคำนวณ

ตาราง ก.1 ระบุค่าของตัวแปร V_0 และ Z_0 ตามลักษณะตำแหน่งที่ตั้งของโครงสร้าง

Condition	Open country	Suburban	City
V_0 (mph)	8.20	10.90	12.00
Z_0 (ft)	0.23	3.28	8.20

คำอธิบายลักษณะตำแหน่งที่ตั้งของพื้นที่ของตาราง ก.1

Open country: เป็นภูมิประเทศที่เปิดโล่ง มีสิ่งกีดขวางกระจัดกระจายอยู่บางส่วน อาจรวมถึงที่ราบ และทุ่งหญ้า ความสูงโดยทั่วไปไม่ถึง 30.0 ฟุต

Suburban: บริเวณชานเมือง เป็นพื้นที่ในเขตพื้นที่ที่อยู่อาศัย, บริเวณที่เป็นที่ป่า หรือภูมิประเทศอื่นๆที่มีสิ่งกีดขวางมากมายอย่างใกล้ชิดมีขนาดของครอบครัวเดี่ยวหรือขนาดใหญ่อาศัย

City: เมือง เป็นศูนย์กลางเมืองขนาดใหญ่ที่มีอย่างน้อย 50เปอร์เซ็นต์ของอาคารที่มีความสูงเกินกว่า 70 ฟุต.

ตารางที่ ก.2 แรงดันลมมาตรฐานเนื่องจากความเร็วลมพื้นฐาน กำหนดเท่ากับ 100 mph (P_B)

Superstructure Component	Windward Load, ksf	Leeward Load, ksf
Trusses, Column, and Arches	0.05	0.025
Beams	0.05	N/A
Large Flat Surface	0.04	N/A

ตารางก.3 ค่าตัวแปรสัมประสิทธิ์เนื่องจากความสูงของสะพาน (Pressure exposure and elevation coefficient), K_z

ความสูงของ โครงสร้าง, Z(ft)	Category B	Category C	Category D
≤ 33	0.71	1.00	1.15
40	0.75	1.05	1.20
50	0.81	1.10	1.25
60	0.85	1.14	1.29
70	0.89	1.18	1.32
80	0.92	1.21	1.35
90	0.95	1.24	1.38
100	0.98	1.27	1.41
120	1.03	1.32	1.45
140	1.07	1.36	1.49
160	1.11	1.40	1.52
180	1.15	1.43	1.55
200	1.18	1.46	1.58
250	1.24	1.50	1.63
300	1.30	1.57	1.68

ตารางที่ ก.4 ค่าสัมประสิทธิ์การกรรโชก (Gust Effect Factor), G

Structure Type	Gust Effect Factor , G
Sound Barriers	0.85
All other structures	1.00

ตารางที่ ก.5 ค่าสัมประสิทธิ์แรงต้านอากาศ (Drag Coefficient), C_D

Component		Drag Coefficient, C_D	
		Windward	Leeward
I-Girder and Box-Girder Bridge Superstructure		1.3	N/A
Trusses, Columns, and Arches	Sharp-Edged Member	2.0	1.0
	Round Member	1.0	0.5
Bridge Substructure		1.6	N/A
Sound Barriers		1.2	N/A

ตาราง ก.6 การเก็บข้อมูลความเร็วของกรมอุตุนิยมวิทยา

ที่	รหัสสถานี-สถานี-จังหวัด	ปี	เดือน												เฉลี่ย
			ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	
1	327501-เชียงใหม่ จ.เชียงใหม่	1968	26.0	31.0	43.0	30.0	40.0	36.0	25.0	24.0	27.0	27.0	21.0	16.0	28.8
2	327501-เชียงใหม่ จ.เชียงใหม่	1969	17.0	19.0	22.0	41.0	60.0	37.0	23.0	32.0	31.0	26.0	19.0	24.0	29.3
3	327501-เชียงใหม่ จ.เชียงใหม่	1970	20.0	17.0	42.0	40.0	37.0	34.0	26.0	21.0	26.0	23.0	19.0	18.0	26.9
4	327501-เชียงใหม่ จ.เชียงใหม่	1971	26.0	18.0	35.0	36.0	32.0	28.0	29.0	21.0	28.0	27.0	23.0	23.0	27.2
5	327501-เชียงใหม่ จ.เชียงใหม่	1972	18.0	22.0	45.0	58.0	38.0	34.0	26.0	24.0	35.0	32.0	21.0	17.0	30.8
6	327501-เชียงใหม่ จ.เชียงใหม่	1973	20.0	15.0	25.0	42.0	49.0	37.0	31.0	28.0	23.0	32.0	20.0	19.0	28.4
7	327501-เชียงใหม่ จ.เชียงใหม่	1974	18.0	18.0	34.0	41.0	30.0	27.0	24.0	25.0	29.0	34.0	21.0	17.0	26.5
8	327501-เชียงใหม่ จ.เชียงใหม่	1975	25.0	44.0	27.0	38.0	39.0	29.0	22.0	56.0	11.0	22.0	30.0	15.0	29.8
9	327501-เชียงใหม่ จ.เชียงใหม่	1976	16.0	25.0	37.0	35.0	50.0	24.0	21.0	27.0	25.0	23.0	30.0	9.0	26.8
10	327501-เชียงใหม่ จ.เชียงใหม่	1977	13.0	15.0	33.0	43.0	20.0	29.0	13.0	37.0	15.0	24.0	16.0	42.0	25.0
11	327501-เชียงใหม่ จ.เชียงใหม่	1978	21.0	41.0	25.0	28.0	40.0	33.0	26.0	46.0	16.0	34.0	16.0	22.0	29.0
12	327501-เชียงใหม่ จ.เชียงใหม่	1979	14.0	17.0	22.0	20.0	57.0	23.0	36.0	28.0	22.0	9.0	19.0	20.0	23.9
13	327501-เชียงใหม่ จ.เชียงใหม่	1980	10.0	24.0	39.0	39.0	64.0	27.0	15.0	22.0	28.0	27.0	19.0	19.0	27.8
14	327501-เชียงใหม่ จ.เชียงใหม่	1981	15.0	19.0	27.0	34.0	34.0	25.0	40.0	23.0	22.0	20.0	26.0	43.0	27.3
15	327501-เชียงใหม่ จ.เชียงใหม่	1982	15.0	19.0	25.0	28.0	36.0	28.0	28.0	22.0	25.0	24.0	23.0	22.0	24.6
16	327501-เชียงใหม่ จ.เชียงใหม่	1983	39.0	23.0	28.0	34.0	42.0	29.0	-	29.0	26.0	19.0	42.0	30.0	31.0
17	327501-เชียงใหม่ จ.เชียงใหม่	1984	16.0	17.0	17.0	46.0	34.0	24.0	25.0	30.0	22.0	40.0	15.0	14.0	25.0
18	327501-เชียงใหม่ จ.เชียงใหม่	1985	32.0	-	-	25.0	51.0	43.0	22.0	24.0	18.0	37.0	42.0	16.0	31.0
19	327501-เชียงใหม่ จ.เชียงใหม่	1986	23.0	14.0	18.0	60.0	43.0	30.0	24.0	42.0	41.0	25.0	22.0	22.0	30.3
20	327501-เชียงใหม่ จ.เชียงใหม่	1987	13.0	18.0	35.0	60.0	41.0	42.0	44.0	53.0	20.0	19.0	20.0	41.0	33.8
21	327501-เชียงใหม่ จ.เชียงใหม่	1988	8.0	11.0	16.0	38.0	21.0	28.0	16.0	28.0	28.0	15.0	10.0	7.0	18.8

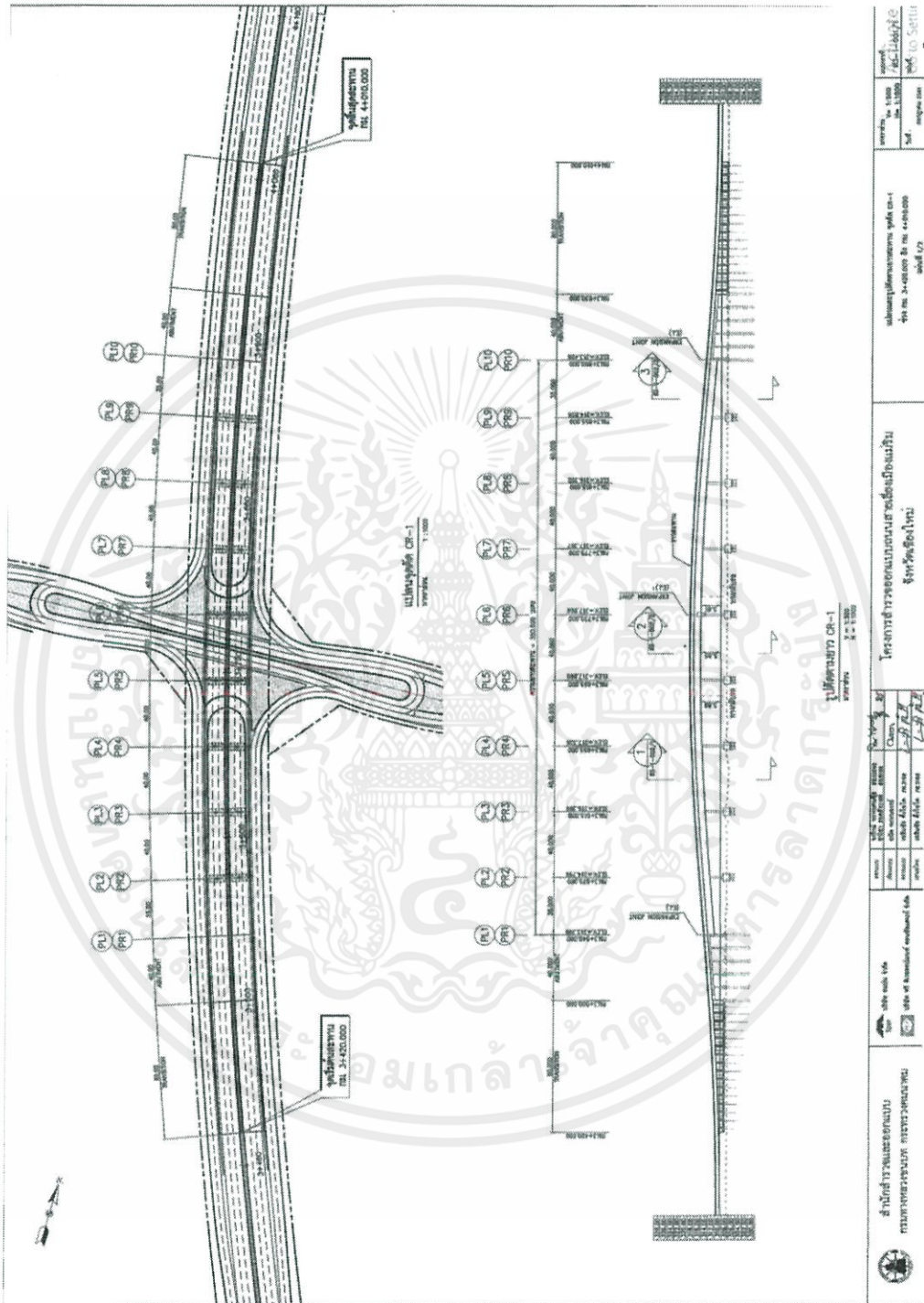
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่	รหัสสถานี-สถานี-จังหวัด	ปี	เดือน												เฉลี่ย
			ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	
22	327501-เชียงใหม่ จ.เชียงใหม่	1989	15.0	15.0	28.0	60.0	25.0	21.0	47.0	16.0	18.0	27.0	15.0	17.0	25.3
23	327501-เชียงใหม่ จ.เชียงใหม่	1990	11.0	26.0	20.0	20.0	22.0	20.0	20.0	22.0	35.0	16.0	45.0	16.0	22.8
24	327501-เชียงใหม่ จ.เชียงใหม่	1991	30.0	15.0	22.0	48.0	40.0	30.0	28.0	21.0	30.0	16.0	12.0	16.0	25.7
25	327501-เชียงใหม่ จ.เชียงใหม่	1992	11.0	18.0	14.0	50.0	35.0	34.0	24.0	24.0	24.0	20.0	28.0	26.0	25.7
26	327501-เชียงใหม่ จ.เชียงใหม่	1993	20.0	13.0	25.0	30.0	41.0	30.0	24.0	20.0	16.0	16.0	12.0	16.0	21.9
27	327501-เชียงใหม่ จ.เชียงใหม่	1994	10.0	15.0	20.0	42.0	32.0	23.0	24.0	20.0	30.0	25.0	14.0	30.0	23.8
28	327501-เชียงใหม่ จ.เชียงใหม่	1995	11.0	16.0	22.0	42.0	37.0	30.0	20.0	24.0	20.0	22.0	23.0	15.0	23.5
29	327501-เชียงใหม่ จ.เชียงใหม่	1996	12.0	15.0	20.0	28.0	28.0	29.0	17.0	26.0	18.0	23.0	15.0	13.0	20.3
30	327501-เชียงใหม่ จ.เชียงใหม่	1997	21.0	15.0	34.0	33.0	43.0	25.0	22.0	20.0	20.0	25.0	14.0	9.0	23.4
31	327501-เชียงใหม่ จ.เชียงใหม่	1998	15.0	19.0	18.0	46.0	49.0	29.0	23.0	25.0	30.0	18.0	28.0	22.0	26.8
32	327501-เชียงใหม่ จ.เชียงใหม่	1999	10.0	32.0	20.0	17.0	35.0	25.0	23.0	21.0	23.0	16.0	12.0	21.0	21.3
33	327501-เชียงใหม่ จ.เชียงใหม่	2000	11.0	27.0	22.0	21.0	23.0	20.0	22.0	23.0	20.0	25.0	13.0	10.0	19.8
34	327501-เชียงใหม่ จ.เชียงใหม่	2001	18.0	15.0	19.0	25.0	23.0	30.0	29.0	28.0	25.0	22.0	18.0	15.0	22.3
35	327501-เชียงใหม่ จ.เชียงใหม่	2002	22.0	17.0	17.0	39.0	26.0	25.0	22.0	23.0	25.0	25.0	22.0	28.0	24.3
36	327501-เชียงใหม่ จ.เชียงใหม่	2003	9.0	11.0	26.0	54.0	32.0	23.0	25.0	19.0	22.0	15.0	20.0	13.0	22.4
37	327501-เชียงใหม่ จ.เชียงใหม่	2004	16.0	14.0	18.0	35.0	30.0	19.0	23.0	21.0	17.0	15.0	25.0	15.0	20.7
38	327501-เชียงใหม่ จ.เชียงใหม่	2005	13.0	14.0	26.0	35.0	32.0	26.0	20.0	23.0	23.0	24.0	15.0	18.0	22.4
39	327501-เชียงใหม่ จ.เชียงใหม่	2006	10.0	16.0	26.0	34.0	37.0	31.0	20.0	22.0	18.0	16.0	14.0	18.0	21.8
40	327501-เชียงใหม่ จ.เชียงใหม่	2007	17.0	14.0	28.0	36.0	35.0	25.0	22.0	20.0	18.0	19.0	21.0	12.0	22.3
41	327501-เชียงใหม่ จ.เชียงใหม่	2008	22.0	19.0	26.0	26.0	23.0	23.0	18.0	22.0	22.0	24.0	19.0	11.0	21.3
42	327501-เชียงใหม่ จ.เชียงใหม่	2009	13.0	15.0	24.0	37.0	28.0	20.0	20.0	26.0	21.0	27.0	20.0	16.0	22.3
43	327501-เชียงใหม่ จ.เชียงใหม่	2010	14.0	19.0	27.0	35.0	32.0	33.0	23.0	18.0	20.0	20.0	18.0	20.0	23.3
44	327501-เชียงใหม่ จ.เชียงใหม่	2011	14.0	15.0	22.0	26.0	30.0	20.0	27.0	18.0	18.0	15.0	17.0	14.0	19.7
45	327501-เชียงใหม่ จ.เชียงใหม่	2012	17.0	14.0	27.0	23.0	34.0	27.0	23.0	21.0	17.0	22.0	27.0	18.0	22.5
46	327501-เชียงใหม่ จ.เชียงใหม่	2013	27.0	24.0	19.0	19.0	30.0	24.0	22.0	20.0	19.0	18.0	15.0	21.0	21.5
47	327501-เชียงใหม่ จ.เชียงใหม่	2014	15.0	13.0	34.0	29.0	27.0	18.0	19.0	20.0	18.0	15.0	11.0	15.0	19.5
48	327501-เชียงใหม่ จ.เชียงใหม่	2015	15.0	15.0	29.0	36.0	23.0	22.0	20.0	18.0	17.0	17.0	19.0	21.0	21.0
49	327501-เชียงใหม่ จ.เชียงใหม่	2016	16.0	15.0	16.0	22.0	34.0	21.0	18.0	17.0	15.0	15.0	14.0	16.0	18.3
50	327501-เชียงใหม่ จ.เชียงใหม่	2017	19.0	15.0	19.0	19.0	24.0	18.0	18.0	19.0	21.0	19.0	21.0	16.0	19.0
51	327501-เชียงใหม่ จ.เชียงใหม่	2018	13.0	18.0	16.0	25.0	20.0	19.0	18.0	19.0	24.0	15.0	14.0	-	18.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

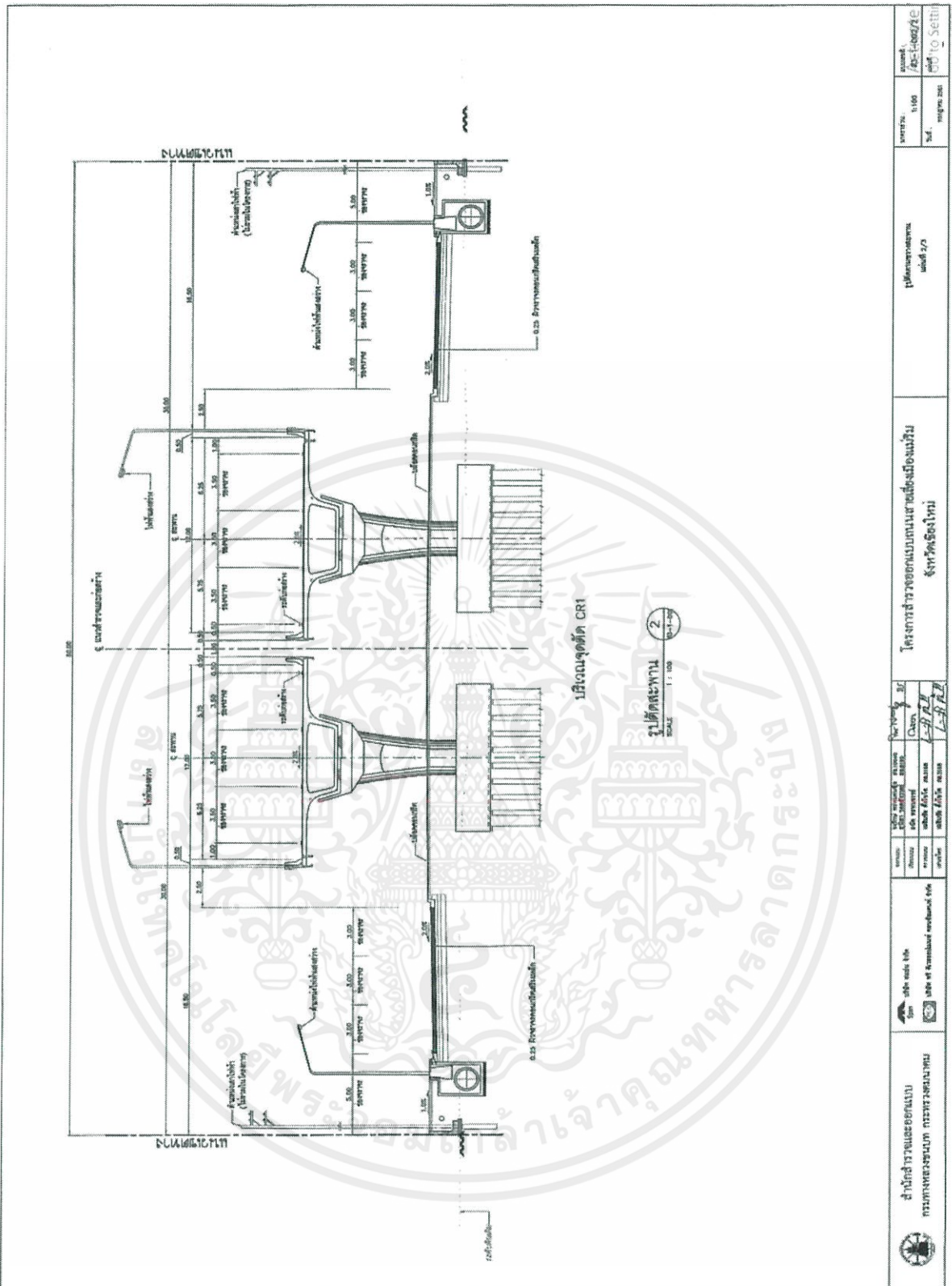
ภาคผนวก ข.

แบบโครงการก่อสร้างถนนเลี่ยงเมืองแมริม จังหวัดเชียงใหม่



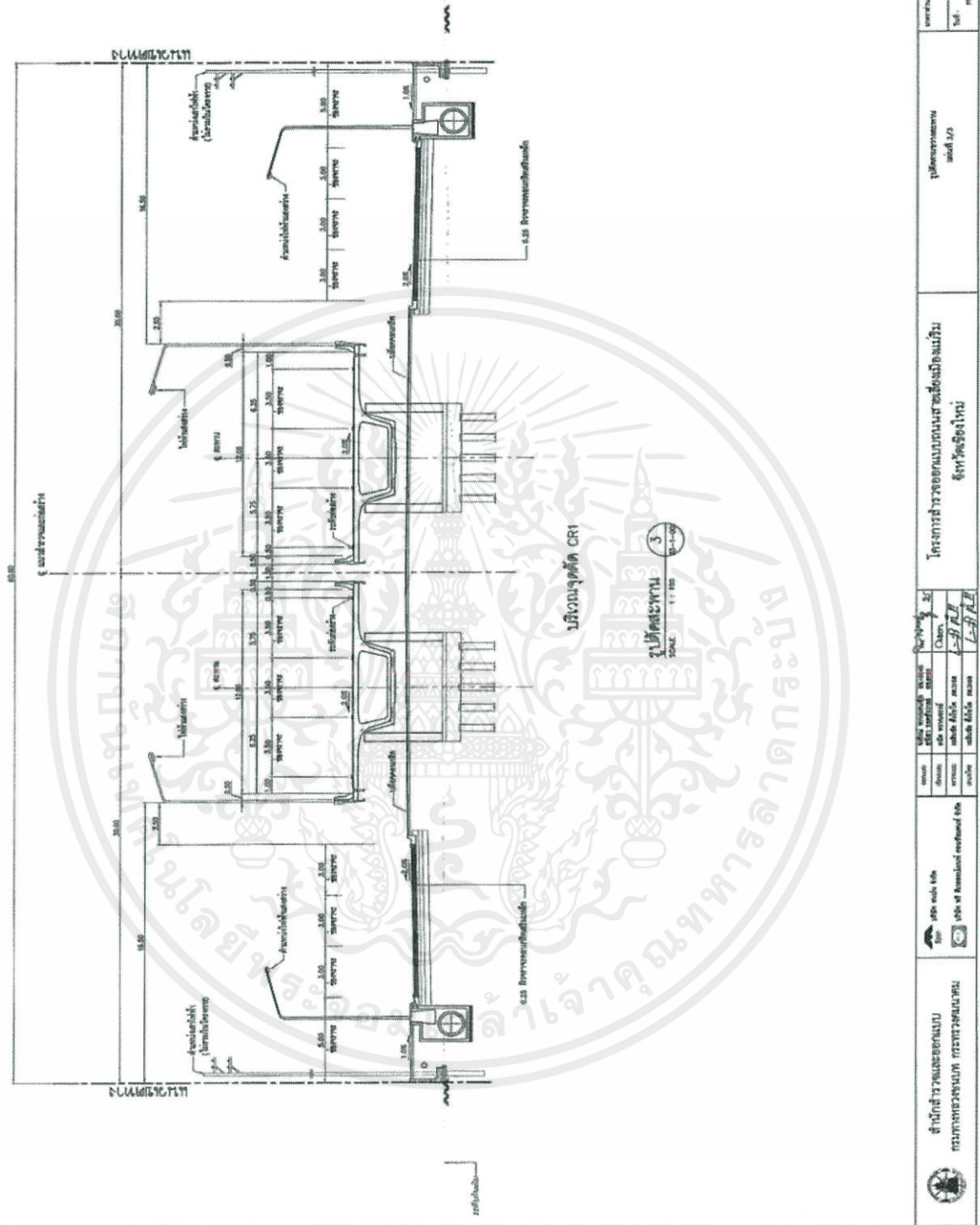
รูป ข.1 แพลนและรูปตัดตามยาวสะพาน จุดตัด CR-1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



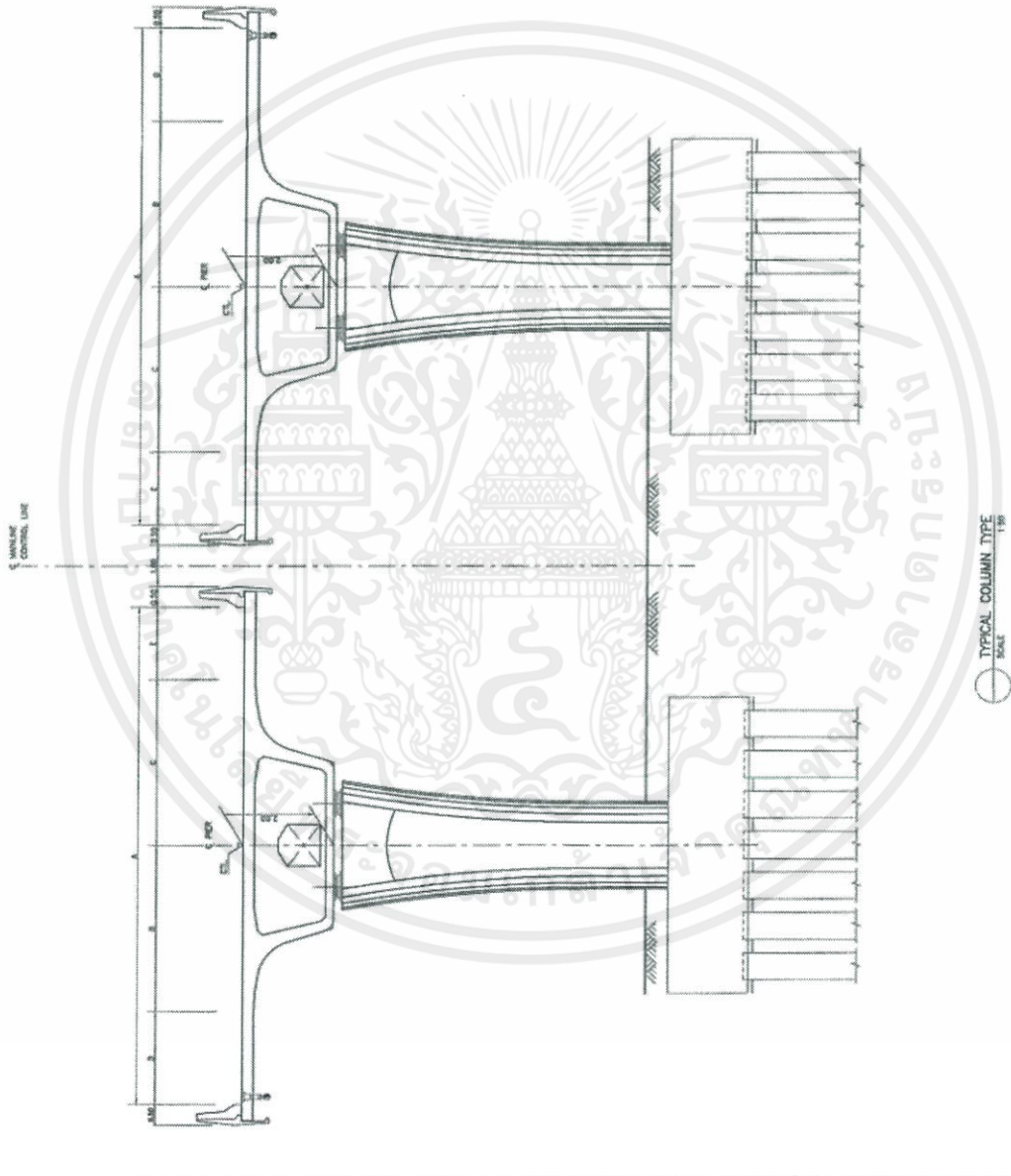
รูป ข.3 รูปตัดสะพานตามขวาง 2/3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป ข.4 รูปตัดสะพานตามขวาง 3/3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



NO.	STATION	PIER TYPE	BEARING TYPE	E.L. TYPE
PK.1	3+442.000	ABUTMENT	GA	1
PK.2	3+479.000	A1	GB	
PK.3	3+515.000	A1	F2	
PK.4	3+455.000	A1	F2	
PK.5	3+485.000	A1	GB	
PK.6	3+325.000	B1	G3	2
PK.7	3+375.000	A1	GB	
PK.8	3+415.000	A1	F2	
PK.9	3+455.000	A1	GB	
PK.10	3+490.000	ABUTMENT	GA	1

SCALE = 22 SIZES

NO.	STATION	PIER TYPE	BEARING TYPE	E.L. TYPE
PK.1	3+442.000	ABUTMENT	GA	1
PK.2	3+325.000	A1	GB	
PK.3	3+415.000	A1	F2	
PK.4	3+455.000	A1	GB	
PK.5	3+485.000	A1	GB	
PK.6	3+325.000	B1	G3	2
PK.7	3+375.000	A1	GB	
PK.8	3+415.000	A1	F2	
PK.9	3+455.000	A1	GB	
PK.10	3+490.000	ABUTMENT	GA	1

SCALE = 22 SIZES

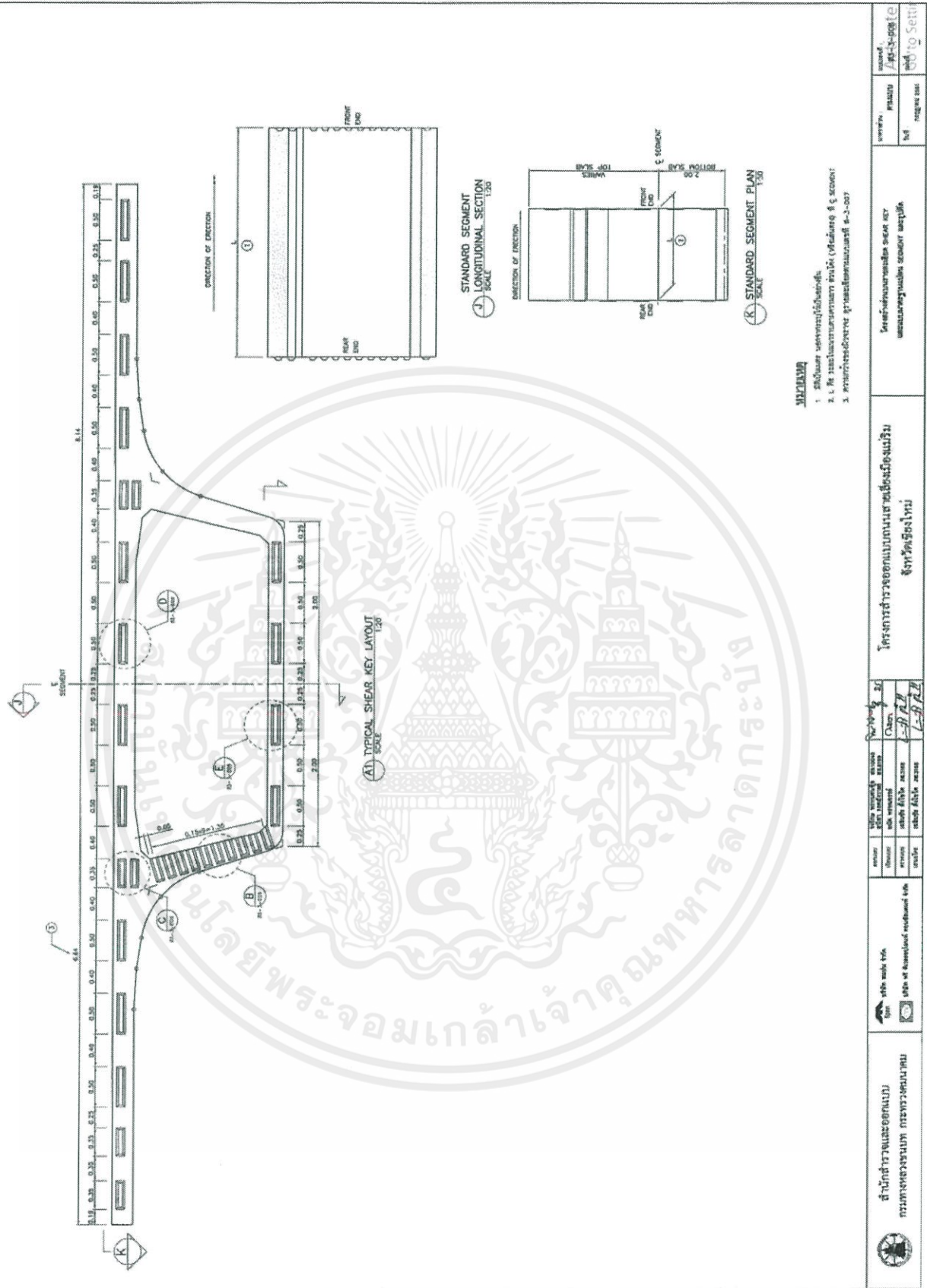
หมายเหตุ -

1. ปรึกษาและ ปรึกษาแบบก่อสร้าง
2. ปรึกษาแบบก่อสร้าง ปรึกษาแบบก่อสร้าง 6-3-05

<p>สำนักงานโครงการแบบ กรมทางหลวงชนบท กระทรวงคมนาคม</p>	<p>โครงการสำรวจออกแบบถนนสายรังษีอโศก จังหวัดศรีสะเกษ</p>	<p>แบบแปลน: 0000000000</p> <p>และ 0000000000 (0000000000)</p>	<p>เลขที่: 0000000000</p> <p>ชื่อ: 0000000000</p>
		<p>วันที่: 00/00/00</p> <p>ชื่อ: 0000000000</p>	<p>ชื่อ: 0000000000</p> <p>ชื่อ: 0000000000</p>

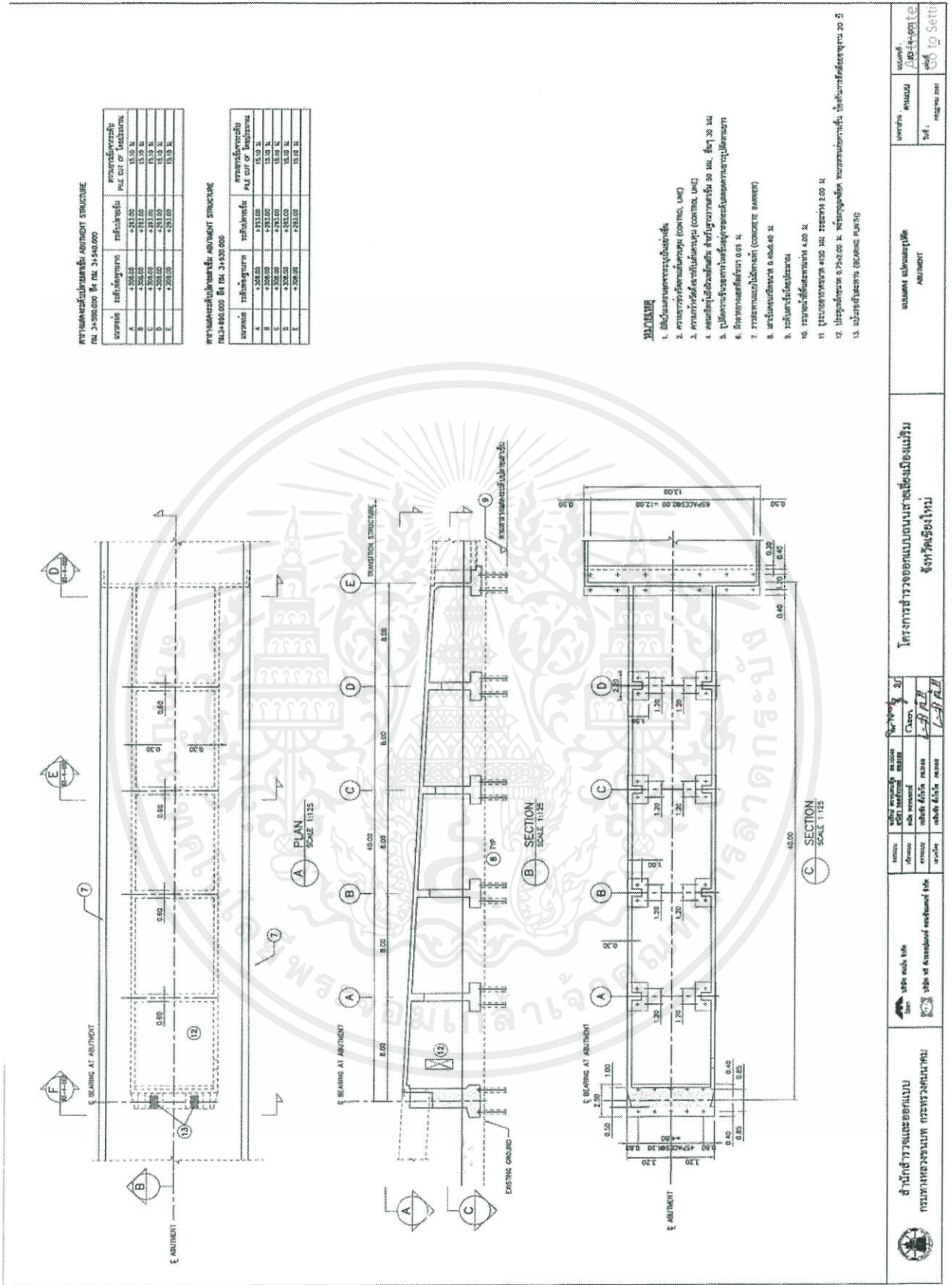
รูปที่ ข.5 แบบเสาทั่วไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



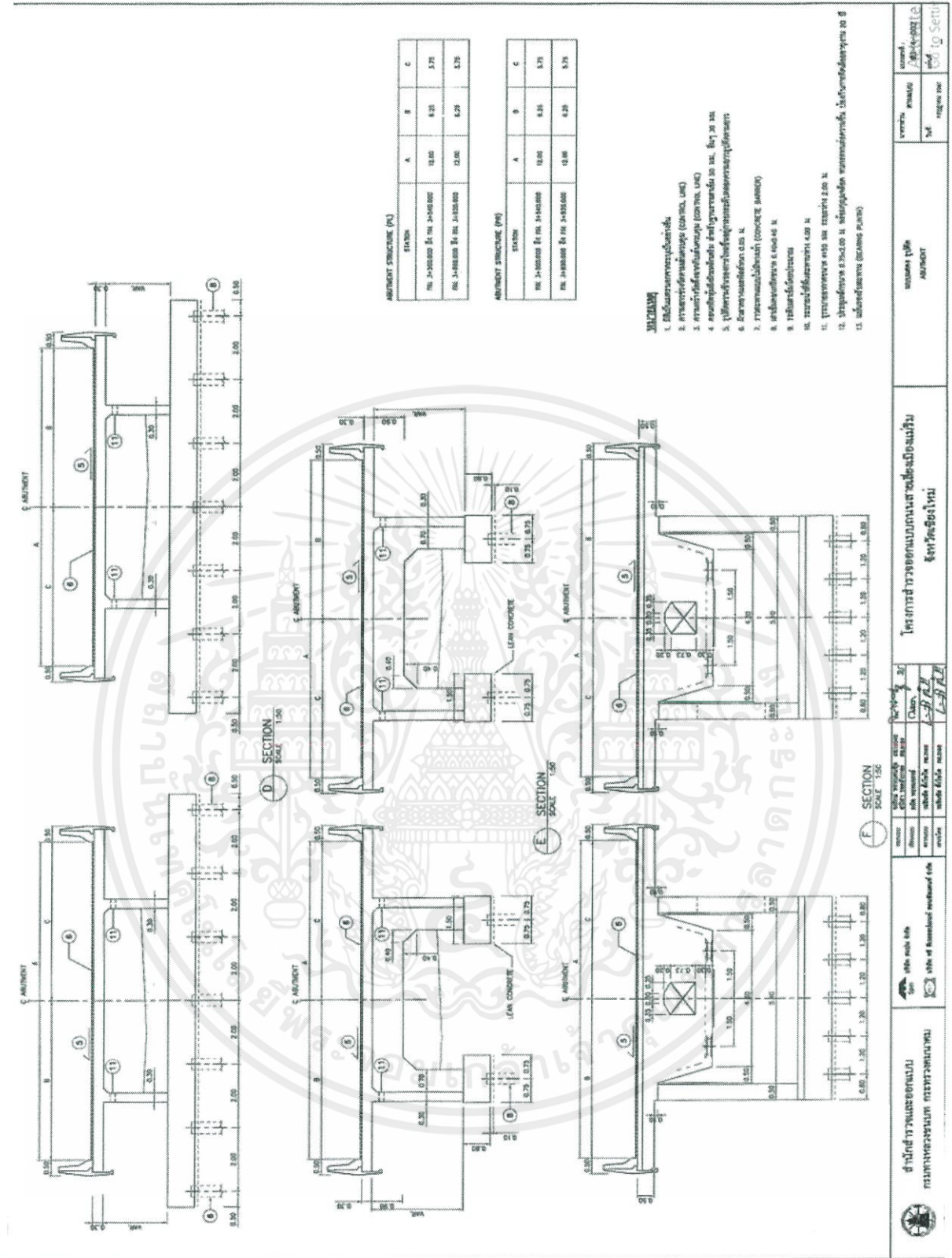
รูปที่ ข.6 รายละเอียดโครงสร้างส่วนบน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

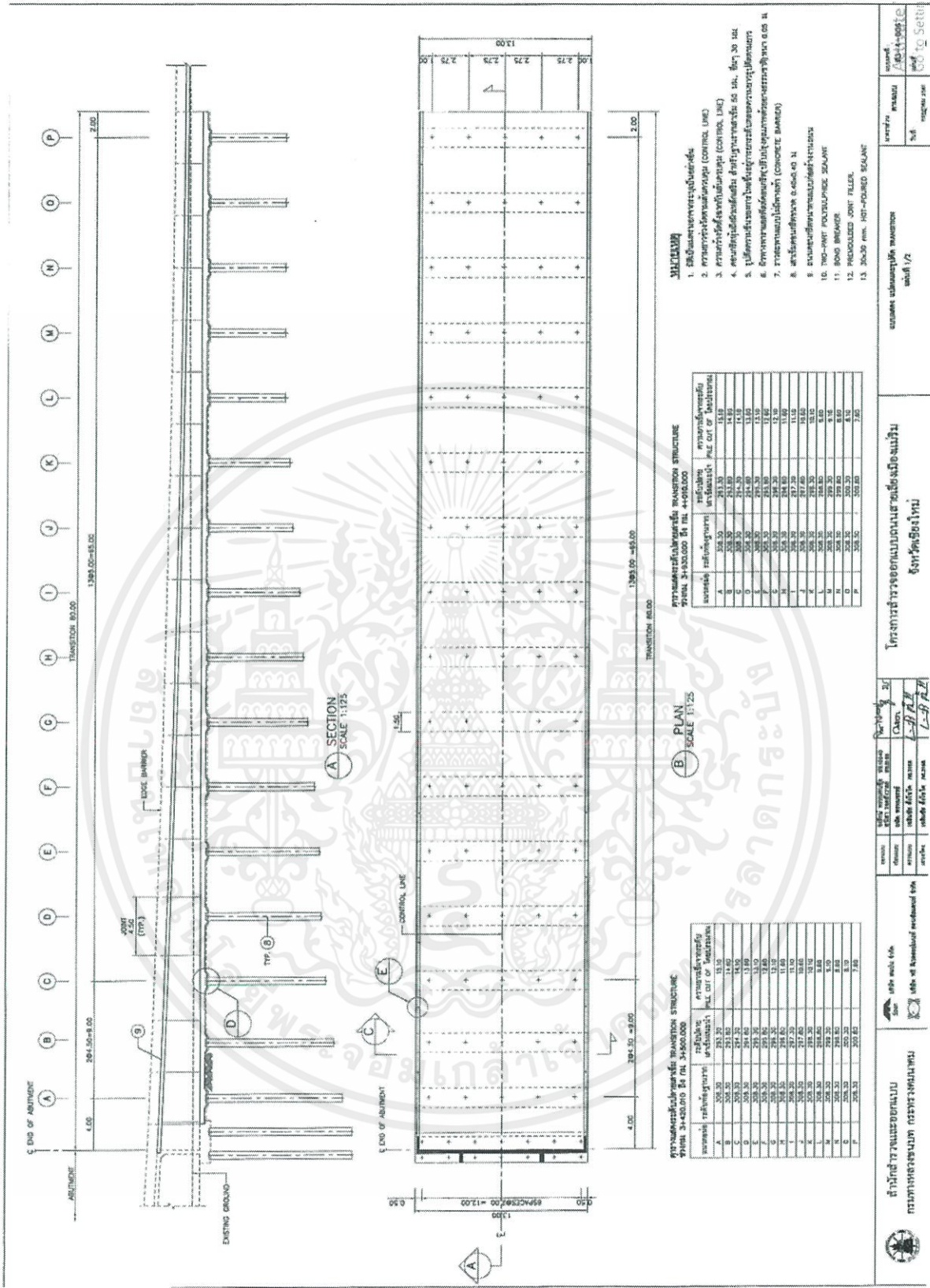


รูปที่ ข.7 แบบแสดงแปลนและรูปตัด ABUMENT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

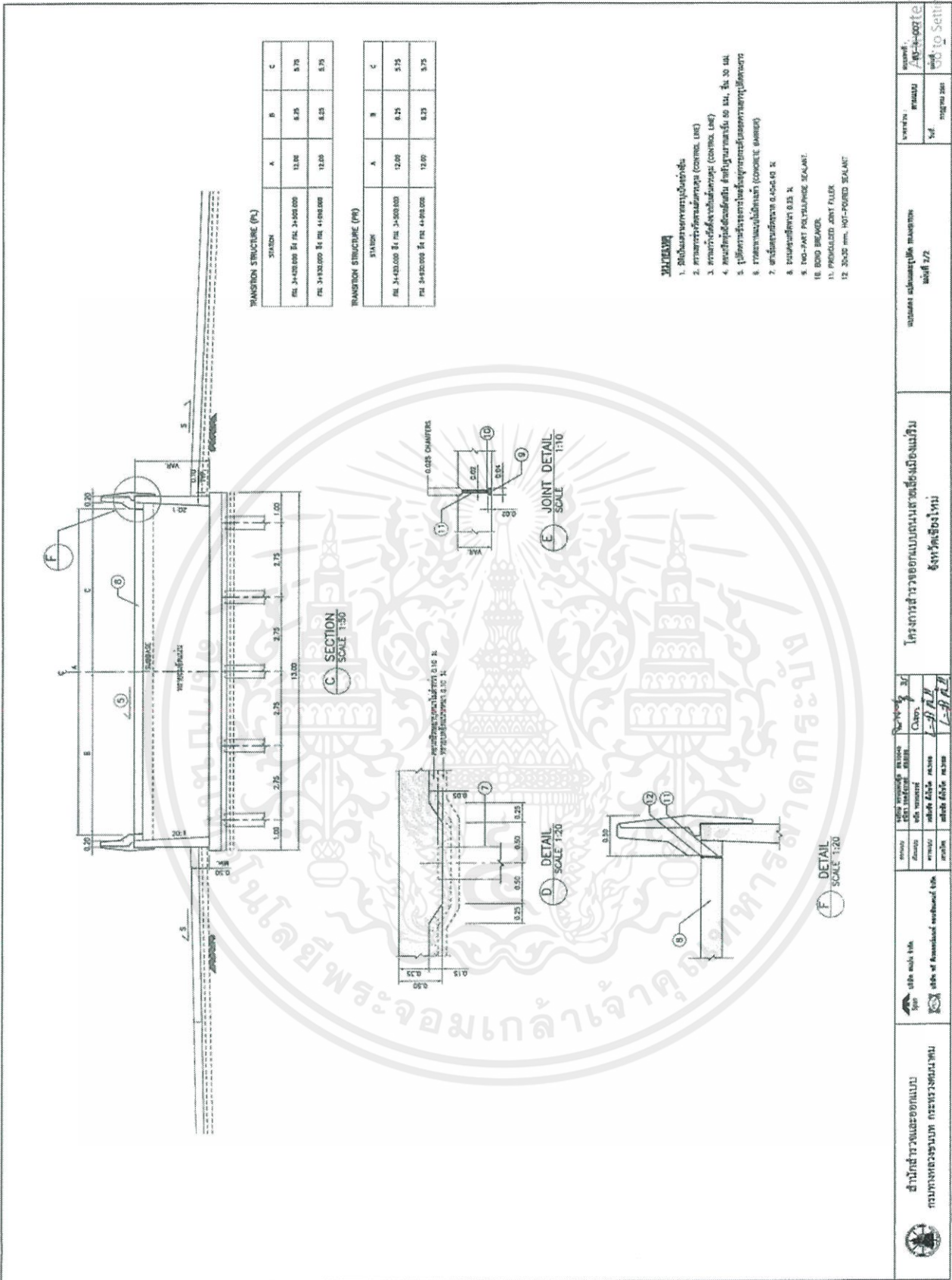


รูป ข.8 แบบแสดงรูปตัดตามขวาง ABUMENT



รูป ข.9 แบบแสดงแปลนและรูปตัด TRANSITION 1/2

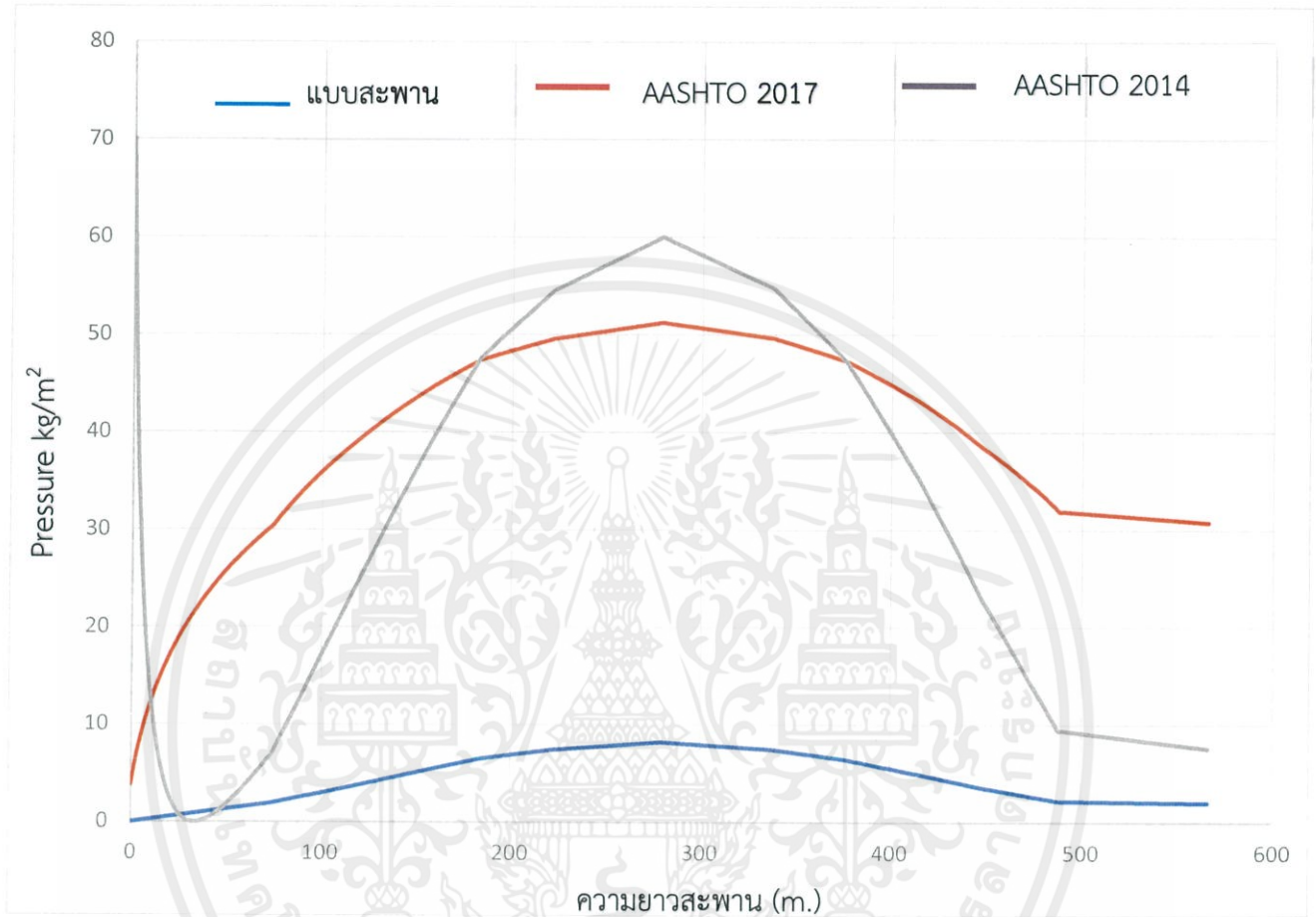
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.10 แบบแสดงแปลนและรูปตัด TRANSITION 2/2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค.
ผลการคำนวณโครงสร้างสะพาน



รูป ค.1 กราฟแสดงความแตกต่างระหว่าง Pressure ทั้ง 2 มาตรฐาน เทียบกับแบบสะพาน

ตารางที่ ค.1 ค่าพิกัดสะพานและ Pressure ที่ความสูงต่างๆ

	x	y	z (m)	z (ft)	ความสูง สะพาน	Pressure 2017 kg/m ²	Pressure 2014 kg/m ²
PR1,PL1	-42.142	112.351	3.5210	11.5517	11.8827	38.1446	22.0898
	-43.305	115.653	3.6610	12.0110	12.3420	38.6988	23.4106
	-44.461	118.956	3.8010	12.4703	12.8013	39.2365	24.7195
	-45.615	122.26	3.9410	12.9296	13.2606	39.7588	26.0159
	-46.765	125.565	4.0810	13.3889	13.7199	40.2665	27.2996
	-47.911	128.873	4.2210	13.8483	14.1793	40.7606	28.5705
	-49.053	132.181	4.3610	14.3076	14.6386	41.2418	29.8284
	-50.192	135.49	4.5010	14.7669	15.0979	41.7109	31.0733
	-51.326	138.802	4.6410	15.2262	15.5572	42.1684	32.3052
	-52.457	142.114	4.7810	15.6855	16.0165	42.6150	33.5241
PR2,PL2	-53.583	145.427	4.9210	16.1448	16.4758	43.0512	34.7302
	-54.386	147.795	5.0210	16.4729	16.8039	43.3567	35.5839
	-55.187	150.164	5.1210	16.8010	17.1320	43.6574	36.4312
	-55.985	152.532	5.2210	17.1291	17.4601	43.9534	37.2721
	-56.782	154.903	5.3210	17.4571	17.7881	44.2448	38.1066
	-57.576	157.272	5.4210	17.7852	18.1162	44.5318	38.9349
	-58.369	159.644	5.5210	18.1133	18.4443	44.8146	39.7570
	-59.159	162.015	5.6210	18.4414	18.7724	45.0933	40.5730
	-59.949	164.387	5.7210	18.7695	19.1005	45.3680	41.3829
	-60.735	166.761	5.8210	19.0975	19.4285	45.6388	42.1868
	-61.519	169.135	5.9210	19.4256	19.7566	45.9059	42.9847
	-62.302	171.509	6.0210	19.7537	20.0847	46.1693	43.7769
	-63.083	173.884	6.1210	20.0818	20.4128	46.4292	44.5632
	-63.861	176.259	6.2210	20.4099	20.7409	46.6857	45.3439
	-64.638	178.636	6.3210	20.7379	21.0689	46.9388	46.1189
	-65.413	181.012	6.4210	21.0660	21.3970	47.1887	46.8883
PR3,PL3	-66.186	183.39	6.5210	21.3941	21.7251	47.4354	47.6523
	-66.957	185.768	6.5797	21.5866	21.9176	47.5788	48.0981
	-67.726	188.147	6.6384	21.7792	22.1102	47.7211	48.5421
	-68.492	190.527	6.6971	21.9717	22.3027	47.8624	48.9843
	-69.257	192.907	6.7558	22.1643	22.4953	48.0027	49.4246
	-70.027	195.287	6.8144	22.3568	22.6878	48.1420	49.8631
	-70.782	197.668	6.8731	22.5493	22.8803	48.2804	50.2998
	-71.54	200.051	6.9318	22.7419	23.0729	48.4177	50.7347
	-72.297	202.433	6.9905	22.9344	23.2654	48.5541	51.1679
	-73.053	204.817	7.0492	23.1270	23.4580	48.6896	51.5993
	-73.805	207.201	7.1079	23.3195	23.6505	48.8242	52.0290

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	x	y	z (m)	z (ft)	ความสูง สะพาน	Pressure 2017 kg/m ²	Pressure 2014 kg/m ²
	-74.556	209.586	7.1666	23.5121	23.8431	48.9578	52.4570
	-75.305	211.971	7.2253	23.7046	24.0356	49.0906	52.8832
	-76.053	214.357	7.2839	23.8971	24.2281	49.2224	53.3078
	-76.799	216.743	7.3426	24.0897	24.4207	49.3534	53.7306
	-77.54	219.13	7.4013	24.2822	24.6132	49.4836	54.1518
PR4,PL4	-78.281	221.518	7.4600	24.4748	24.8058	49.6129	54.5714
	-79.02	223.906	7.4926	24.5818	24.9128	49.6844	54.8039
	-79.757	226.294	7.5253	24.6888	25.0198	49.7557	55.0359
	-80.492	228.684	7.5579	24.7959	25.1269	49.8267	55.2674
	-81.226	231.075	7.5905	24.9029	25.2339	49.8975	55.4984
	-81.956	233.466	7.6231	25.0099	25.3409	49.9680	55.7289
	-82.686	235.857	7.6558	25.1170	25.4480	50.0382	55.9589
	-83.413	238.249	7.6884	25.2240	25.5550	50.1082	56.1885
	-84.138	240.641	7.7210	25.3311	25.6621	50.1780	56.4175
	-84.862	243.034	7.7536	25.4381	25.7691	50.2475	56.6460
	-85.581	245.428	7.7863	25.5451	25.8761	50.3168	56.8741
	-86.301	247.822	7.8189	25.6522	25.9832	50.3859	57.1016
	-87.018	250.217	7.8515	25.7592	26.0902	50.4547	57.3287
	-87.735	252.612	7.8841	25.8662	26.1972	50.5233	57.5553
	-88.446	255.01	7.9168	25.9733	26.3043	50.5916	57.7814
	-89.158	257.405	7.9494	26.0803	26.4113	50.6597	58.0070
PR5,PL5	-89.867	259.804	7.9820	26.1873	26.5183	50.7276	58.2322
	-90.574	262.202	8.0146	26.2944	26.6254	50.7953	58.4569
	-91.278	264.598	8.0473	26.4014	26.7324	50.8627	58.6811
	-91.982	267	8.0799	26.5085	26.8395	50.9299	58.9048
	-92.684	269.399	8.1125	26.6155	26.9465	50.9969	59.1281
	-93.384	271.8	8.1451	26.7225	27.0535	51.0637	59.3509
	-94.081	274.2	8.1778	26.8296	27.1606	51.1302	59.5733
	-94.775	276.602	8.2104	26.9366	27.2676	51.1965	59.7952
	-95.468	279.004	8.2430	27.0436	27.3746	51.2626	60.0166
	-96.16	281.407	8.2106	26.9374	27.2684	51.1970	59.7969
	-96.848	283.808	8.1793	26.8345	27.1655	51.1332	59.5835
	-97.536	286.214	8.1479	26.7315	27.0625	51.0693	59.3697
	-98.221	288.618	8.1165	26.6286	26.9596	51.0051	59.1555
	-98.904	291.023	8.0851	26.5257	26.8567	50.9407	58.9408
	-99.586	293.426	8.0538	26.4227	26.7537	50.8761	58.7257
	-100.264	295.834	8.0224	26.3198	26.6508	50.8113	58.5102
PR6,PL6	-100.941	298.24	7.9910	26.2169	26.5479	50.7463	58.2942
	-101.616	300.647	7.9596	26.1139	26.4449	50.6811	58.0778
	-102.289	303.055	7.9283	26.0110	26.3420	50.6157	57.8610

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	x	y	z (m)	z (ft)	ความสูง สะพาน	Pressure 2017 kg/m ²	Pressure 2014 kg/m ²
	-102.96	305.463	7.8969	25.9081	26.2391	50.5500	57.6437
	-103.629	307.872	7.8655	25.8051	26.1361	50.4842	57.4260
	-104.297	310.28	7.8341	25.7022	26.0332	50.4181	57.2078
	-104.962	312.689	7.8028	25.5993	25.9303	50.3518	56.9892
	-105.625	315.101	7.7714	25.4963	25.8273	50.2853	56.7701
	-106.286	317.512	7.7400	25.3934	25.7244	50.2185	56.5506
	-106.944	319.924	7.7086	25.2905	25.6215	50.1516	56.3307
	-107.601	322.335	7.6773	25.1875	25.5185	50.0844	56.1103
	-108.257	324.749	7.6459	25.0846	25.4156	50.0170	55.8894
	-108.91	327.162	7.6145	24.9817	25.3127	49.9493	55.6680
	-109.562	329.575	7.5831	24.8787	25.2097	49.8815	55.4463
	-110.209	331.989	7.5518	24.7758	25.1068	49.8134	55.2240
	-110.857	334.405	7.5204	24.6728	25.0038	49.7451	55.0013
PR7,PL7	-111.502	336.82	7.4890	24.5699	24.9009	49.6765	54.7781
	-112.145	339.236	7.4256	24.3618	24.6928	49.5371	54.3254
	-112.785	341.651	7.3621	24.1537	24.4847	49.3968	53.8708
	-113.424	344.069	7.2987	23.9455	24.2765	49.2555	53.4142
	-114.061	346.487	7.2353	23.7374	24.0684	49.1131	52.9557
	-114.696	348.905	7.1718	23.5293	23.8603	48.9697	52.4952
	-115.329	351.324	7.1084	23.3212	23.6522	48.8253	52.0327
	-115.96	353.743	7.0449	23.1130	23.4440	48.6798	51.5682
	-116.589	356.162	6.9815	22.9049	23.2359	48.5333	51.1016
	-117.216	358.593	6.9181	22.6968	23.0278	48.3856	50.6330
	-117.84	361.003	6.8546	22.4887	22.8197	48.2369	50.1623
	-118.463	363.424	6.7912	22.2805	22.6115	48.0870	49.6896
	-119.084	365.846	6.7278	22.0724	22.4034	47.9359	49.2147
	-119.703	368.269	6.6643	21.8643	22.1953	47.7837	48.7377
	-120.319	370.69	6.6009	21.6562	21.9872	47.6303	48.2586
	-120.934	373.115	6.5374	21.4480	21.7790	47.4757	47.7774
PR8,PL8	-121.547	375.538	6.4740	21.2399	21.5709	47.3199	47.2939
	-122.158	377.963	6.3806	20.9336	21.2646	47.0882	46.5783
	-122.766	380.387	6.2873	20.6272	20.9582	46.8537	45.8579
	-123.373	382.813	6.1939	20.3209	20.6519	46.6164	45.1327
	-123.978	385.239	6.1005	20.0145	20.3455	46.3762	44.4025
	-124.581	387.665	6.0071	19.7082	20.0392	46.1330	43.6673
	-125.18	390.091	5.9138	19.4018	19.7328	45.8866	42.9271
	-125.779	392.519	5.8204	19.0955	19.4265	45.6371	42.1818
	-126.376	394.947	5.7270	18.7891	19.1201	45.3843	41.4313
	-126.97	397.375	5.6336	18.4828	18.8138	45.1282	40.6755
	-127.563	399.803	5.5403	18.1765	18.5075	44.8686	39.9145

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	x	y	z (m)	z (ft)	ความสูง สะพาน	Pressure 2017 kg/m ²	Pressure 2014 kg/m ²
	-128.153	402.233	5.4469	17.8701	18.2011	44.6054	39.1482
	-128.742	404.663	5.3535	17.5638	17.8948	44.3385	38.3765
	-129.328	407.093	5.2601	17.2574	17.5884	44.0679	37.5993
	-129.913	409.523	5.1668	16.9511	17.2821	43.7934	36.8167
	-130.435	411.955	5.0734	16.6447	16.9757	43.5148	36.0285
PR9,PL9	-131.075	414.387	4.9800	16.3384	16.6694	43.2321	35.2347
	-131.884	417.793	4.8400	15.8791	16.2101	42.8001	34.0340
	-132.689	421.198	4.7000	15.4198	15.7508	42.3579	32.8204
	-133.49	424.605	4.5600	14.9604	15.2914	41.9051	31.5940
	-134.287	428.013	4.4200	14.5011	14.8321	41.4410	30.3546
	-135.081	431.422	4.2800	14.0418	14.3728	40.9650	29.1022
	-135.87	434.832	4.1400	13.5825	13.9135	40.4764	27.8368
	-136.655	438.243	4.0000	13.1232	13.4542	39.9745	26.5585
	-137.436	441.655	3.8600	12.6639	12.9949	39.4584	25.2674
	-138.214	445.068	3.7200	12.2046	12.5356	38.9274	23.9637
PR10, PL10 (Finish)	-138.987	448.479	3.5800	11.7453	12.0763	38.3803	22.6479

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.2 Beam Force ที่เกิดจากมาตรฐาน AASHTO LRFD 2017

Element	Load	Part	Axial (kN)	Shear-y (kN)	Shear-z (kN)	Torsion (kN*m)	Moment-y (kN*m)	Moment-z (kN*m)
50	gLCB1	I[49]	-554.14	180	-1067.27	-24.82	-716.43	764.21
50	gLCB1	J[50]	-543.11	176.3	-791.34	-24.82	2539.51	140.02
51	gLCB1	I[50]	-543.47	175.29	-791.32	-19.82	2539.58	139.84
51	gLCB1	J[51]	-532.43	171.54	-515.5	-19.82	4827.98	-467.51
52	gLCB1	I[51]	-532.54	171.21	-515.5	-16.77	4827.98	-467.63
52	gLCB1	J[52]	-521.5	167.41	-239.65	-16.77	6150.44	-1060.68
53	gLCB1	I[52]	-521.7	166.81	-239.64	-9.57	6150.41	-1060.95
53	gLCB1	J[53]	-510.67	162.96	36.17	-9.57	6506.7	-1638.44
54	gLCB1	I[53]	-510.89	162.27	36.17	-0.69	6506.62	-1638.78
54	gLCB1	J[54]	-499.85	158.37	312.11	-0.69	5896.48	-2200.51
55	gLCB1	I[54]	-500.02	157.82	312.12	5.65	5896.38	-2200.75
55	gLCB1	J[55]	-488.98	153.87	587.96	5.65	4320.18	-2746.6
56	gLCB1	I[55]	-489.12	153.41	587.96	9.56	4320.07	-2746.74
56	gLCB1	J[56]	-478.09	149.42	863.79	9.56	1777.8	-3277.07
57	gLCB1	I[56]	-478.34	148.58	863.79	12.53	1777.58	-3277.16
57	gLCB1	J[57]	-467.31	144.55	1139.72	12.53	-1732.13	-3790.69
58	gLCB1	I[57]	-467.41	144.13	1139.73	11.1	-1732.27	-3790.62
58	gLCB1	J[58]	-456.38	140.05	1415.58	11.1	-6207.36	-4288.33
59	gLCB1	I[58]	-456.57	139.31	1415.59	2.15	-6207.62	-4287.96
59	gLCB1	J[59]	-445.53	135.19	1691.39	2.15	-11647.8	-4768.63
60	gLCB1	I[59]	266.52	-150.67	-1570.47	-8.12	-10356.9	-6025.85
60	gLCB1	J[60]	274.4	-153.64	-1373.39	-8.12	-6673.42	-5645.1
61	gLCB1	I[60]	274.55	-153.35	-1373.4	-14.03	-6673.62	-5644.87
61	gLCB1	J[61]	282.43	-156.34	-1176.29	-14.03	-3483	-5257.33
62	gLCB1	I[61]	282.55	-156.01	-1176.3	-17.72	-3483.18	-5257.2
62	gLCB1	J[62]	290.43	-159.02	-979.35	-17.72	-787.7	-4863.29
63	gLCB1	I[62]	290.59	-158.77	-979.34	-18.14	-787.86	-4863.27
63	gLCB1	J[63]	298.47	-161.8	-782.19	-18.14	1417.02	-4462.03
64	gLCB1	I[63]	298.58	-161.51	-782.21	-17.11	1416.9	-4462.08
64	gLCB1	J[64]	306.46	-164.56	-585.28	-17.11	3126.61	-4054.42
65	gLCB1	I[64]	306.61	-164.31	-585.27	-14.58	3126.48	-4054.53
65	gLCB1	J[65]	314.49	-167.38	-388.14	-14.58	4344.73	-3639.43
66	gLCB1	I[65]	314.65	-167.04	-388.16	-10.31	4344.6	-3639.61
66	gLCB1	J[66]	322.53	-170.13	-191.18	-10.31	5069.1	-3217.95
67	gLCB1	I[66]	322.56	-170.09	-191.17	-9.62	5069.08	-3217.98
67	gLCB1	J[67]	330.44	-173.2	5.88	-9.62	5300.89	-2788.51
68	gLCB1	I[67]	330.74	-172.61	5.87	-0.22	5300.7	-2788.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Element	Load	Part	Axial (kN)	Shear-y (kN)	Shear-z (kN)	Torsion (kN*m)	Moment-y (kN*m)	Moment-z (kN*m)
68	gLCB1	J[68]	338.63	-175.74	202.98	-0.22	5039.35	-2352.98
69	gLCB1	I[68]	338.76	-175.49	202.97	3.59	5039.27	-2353.14
69	gLCB1	J[69]	346.64	-178.64	400.02	3.59	4284.9	-1910.11
70	gLCB1	I[69]	346.71	-178.51	400.02	5.21	4284.87	-1910.18
70	gLCB1	J[70]	354.6	-181.68	597.05	5.21	3037.63	-1459.63
71	gLCB1	I[70]	354.75	-181.38	597.05	7.91	3037.58	-1459.74
71	gLCB1	J[71]	362.63	-184.57	794.1	7.91	1297.17	-1001.92
72	gLCB1	I[71]	362.86	-184.19	794.09	9.4	1297.11	-1001.99
72	gLCB1	J[72]	370.74	-187.39	991.07	9.4	-935.39	-537.31
73	gLCB1	I[72]	370.83	-187.18	991.08	8.84	-935.4	-537.29
73	gLCB1	J[73]	378.71	-190.4	1188.18	8.84	-3662.49	-64.8
74	gLCB1	I[73]	378.86	-190.19	1188.17	6.52	-3662.51	-64.71
74	gLCB1	J[74]	386.75	-193.42	1385.15	6.52	-6880.71	415.02
75	gLCB1	I[74]	386.91	-193.09	1385.15	-0.39	-6880.68	415.29
75	gLCB1	J[75]	394.79	-196.34	1582.24	-0.39	-10593.6	902.54
76	gLCB1	I[75]	-36.58	25.83	-1576.41	-4.23	-10512.6	164.72
76	gLCB1	J[76]	-31.95	22.57	-1379.37	-4.23	-6817.02	104.19
77	gLCB1	I[76]	-31.96	22.57	-1379.37	-10.28	-6817.02	104.34
77	gLCB1	J[77]	-27.34	19.3	-1182.31	-10.28	-3613.78	51.98
78	gLCB1	I[77]	-27.36	19.3	-1182.31	-14.87	-3613.77	52.09
78	gLCB1	J[78]	-22.74	16.02	-985.24	-14.87	-903.33	7.93
79	gLCB1	I[78]	-22.75	16.02	-985.24	-15.21	-903.33	7.93
79	gLCB1	J[79]	-18.12	12.72	-788.2	-15.21	1314.02	-28
80	gLCB1	I[79]	-18.09	12.72	-788.2	-17.69	1313.98	-27.94
80	gLCB1	J[80]	-13.46	9.42	-591.04	-17.69	3039.51	-55.65
81	gLCB1	I[80]	-13.53	9.42	-591.04	0	3039.57	-56.06
81	gLCB1	J[81]	-8.91	6.11	-394.16	0	4270.34	-75.47
82	gLCB1	I[81]	-8.89	6.11	-394.16	-3.85	4270.33	-75.38
82	gLCB1	J[82]	-4.27	2.79	-197.06	-3.85	5009.76	-86.51
83	gLCB1	I[82]	-4.27	2.79	-197.06	-2.55	5009.76	-86.54
83	gLCB1	J[83]	0.36	-0.54	-0.06	-2.55	5256.18	-89.36
84	gLCB1	I[83]	0.36	-0.54	-0.06	0.73	5256.18	-89.43
84	gLCB1	J[84]	4.98	-3.88	197.06	0.73	5009.76	-83.91
85	gLCB1	I[84]	4.99	-3.88	197.06	8.37	5009.75	-84.09
85	gLCB1	J[85]	9.62	-7.23	394.09	8.37	4270.67	-70.2
86	gLCB1	I[85]	9.62	-7.23	394.09	10.52	4270.66	-70.25
86	gLCB1	J[86]	14.24	-10.59	591.17	10.52	3038.52	-47.97
87	gLCB1	I[86]	14.25	-10.59	591.17	12.84	3038.51	-48.03
87	gLCB1	J[87]	18.88	-13.95	788.21	12.84	1313.92	-17.34
88	gLCB1	I[87]	18.88	-13.95	788.21	13.5	1313.91	-17.36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Element	Load	Part	Axial (kN)	Shear-y (kN)	Shear-z (kN)	Torsion (kN*m)	Moment-y (kN*m)	Moment-z (kN*m)
88	gLCB1	J[88]	23.51	-17.33	985.29	13.5	-904.02	21.76
89	gLCB1	I[88]	23.53	-17.33	985.29	12.82	-904.03	21.78
89	gLCB1	J[89]	28.15	-20.72	1182.33	12.82	-3614.21	69.35
90	gLCB1	I[89]	28.2	-20.72	1182.33	5.53	-3614.23	69.52
90	gLCB1	J[90]	32.83	-24.11	1379.33	5.53	-6816.38	125.55
91	gLCB1	I[90]	32.82	-24.11	1379.33	4.72	-6816.37	125.57
91	gLCB1	J[91]	37.44	-27.51	1576.4	4.72	-10512.5	190.12
92	gLCB1	I[91]	1234.08	-276.53	-1549.98	-2.3	-10169.6	-2947.07
92	gLCB1	J[92]	1236.65	-279.94	-1352.95	-2.3	-6541.04	-2251.51
93	gLCB1	I[92]	1236.86	-278.98	-1352.96	-7.31	-6541.06	-2251.45
93	gLCB1	J[93]	1239.43	-282.39	-1155.98	-7.31	-3405.7	-1549.92
94	gLCB1	I[93]	1239.72	-281.14	-1155.97	-10.72	-3405.72	-1549.88
94	gLCB1	J[94]	1242.3	-284.56	-958.89	-10.72	-761.43	-842.57
95	gLCB1	I[94]	1242.44	-283.93	-958.89	-11.1	-761.43	-842.57
95	gLCB1	J[95]	1245.01	-287.36	-761.75	-11.1	1390.52	-128.08
96	gLCB1	I[95]	1245.45	-285.44	-761.76	-8.98	1390.54	-128.13
96	gLCB1	J[96]	1248.02	-288.87	-564.72	-8.98	3048.75	589.8
97	gLCB1	I[96]	1248.02	-288.87	-564.72	-8.98	3048.75	589.8
97	gLCB1	J[97]	1250.59	-292.3	-367.68	-8.98	4214.33	1316.3
98	gLCB1	I[97]	1250.96	-290.71	-367.68	-3.66	4214.36	1316.22
98	gLCB1	J[98]	1253.53	-294.15	-170.63	-3.66	4887.31	2047.37
99	gLCB1	I[98]	1253.75	-293.19	-170.64	0.09	4887.33	2047.32
99	gLCB1	J[99]	1256.32	-296.63	26.37	0.09	5067.65	2784.5
100	gLCB1	I[99]	1256.47	-296.01	26.37	2.61	5067.67	2784.46
100	gLCB1	J[100]	1259.04	-299.45	223.43	2.61	4755.38	3528.88
101	gLCB1	I[100]	1259.65	-296.9	223.41	12.28	4755.46	3528.74
101	gLCB1	J[101]	1262.22	-300.36	420.43	12.28	3950.7	4275.27
102	gLCB1	I[101]	1262.11	-300.84	420.44	10.76	3950.68	4275.29
102	gLCB1	J[102]	1264.68	-304.3	617.48	10.76	2653.22	5031.75
103	gLCB1	I[102]	1265.06	-302.71	617.47	14.11	2653.28	5031.69
103	gLCB1	J[103]	1267.63	-306.17	814.52	14.11	863.12	5792.86
104	gLCB1	I[103]	1267.63	-306.17	814.52	14.11	863.12	5792.86
104	gLCB1	J[104]	1270.2	-309.64	1011.57	14.11	-1419.71	6562.69
105	gLCB1	I[104]	1271.01	-306.31	1011.57	10.34	-1419.51	6562.71
105	gLCB1	J[105]	1273.58	-309.79	1208.71	10.34	-4196.41	7333.27
106	gLCB1	I[105]	1273.37	-310.7	1208.69	13.48	-4196.48	7333.24
106	gLCB1	J[106]	1275.95	-314.18	1405.63	13.48	-7462.82	8113.96
107	gLCB1	I[106]	1276.43	-312.16	1405.64	1.39	-7462.65	8114.1
107	gLCB1	J[107]	1279	-315.64	1602.81	1.39	-11225.9	8899.4
108	gLCB1	I[107]	-858.29	301.88	-1891.2	69.96	-14230.2	12031.92

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Element	Load	Part	Axial (kN)	Shear-y (kN)	Shear-z (kN)	Torsion (kN*m)	Moment-y (kN*m)	Moment-z (kN*m)
108	gLCB1	J[108]	-855.71	298.4	-1694.15	69.96	-9748.07	11281.49
109	gLCB1	I[108]	-856.02	297.63	-1694.14	61.09	-9747.98	11281.61
109	gLCB1	J[109]	-853.44	294.14	-1497.3	61.09	-5762.68	10542.64
110	gLCB1	I[109]	-853.6	293.58	-1497.33	56.87	-5762.65	10542.7
110	gLCB1	J[110]	-851.03	290.08	-1300.04	56.87	-2261.39	9812.18
111	gLCB1	I[110]	-851.17	289.72	-1300.02	56.07	-2261.35	9812.19
111	gLCB1	J[111]	-848.6	286.22	-1103.01	56.07	742.21	9092.32
112	gLCB1	I[111]	-848.88	285.39	-1103.01	56.73	742.27	9092.32
112	gLCB1	J[112]	-846.31	281.89	-905.89	56.73	3254.57	8382.89
113	gLCB1	I[112]	-846.61	281.02	-905.87	60.19	3254.63	8382.85
113	gLCB1	J[113]	-844.04	277.51	-708.89	60.19	5272.58	7684.87
114	gLCB1	I[113]	-844.41	276.36	-708.89	67.39	5272.63	7684.78
114	gLCB1	J[114]	-841.84	272.85	-511.83	67.39	6798.81	6998.15
115	gLCB1	I[114]	-841.95	272.53	-511.82	70.01	6798.82	6998.12
115	gLCB1	J[115]	-839.38	269.01	-314.78	70.01	7832.15	6321.15
116	gLCB1	I[115]	-831.04	268.59	-336.49	-90.49	7827.49	6324.74
116	gLCB1	J[116]	-833.6	265.07	-139.39	-90.49	8422.55	5657.42
117	gLCB1	I[116]	-834	263.97	-139.08	-77.22	8422.59	5657.53
117	gLCB1	J[117]	-836.47	260.46	57.78	-77.22	8524.13	5002.56
118	gLCB1	I[117]	-836.61	260	57.8	-72.4	8524.13	5002.61
118	gLCB1	J[118]	-839.08	256.49	255.04	-72.4	8132.67	4356.31
119	gLCB1	I[118]	-839.33	255.71	255.02	-64.87	8132.68	4356.41
119	gLCB1	J[119]	-841.8	252.21	452.05	-64.87	7248.89	3721.54
120	gLCB1	I[119]	-842.02	251.47	452.05	-58.5	7248.9	3721.62
120	gLCB1	J[120]	-844.49	247.97	649.1	-58.5	5872.3	3097.24
121	gLCB1	I[120]	-844.54	247.83	649.09	-57.55	5872.31	3097.25
121	gLCB1	J[121]	-847.02	244.34	845.97	-57.55	4004.89	2482.51
122	gLCB1	I[121]	-847.51	242.59	845.98	-49.17	4004.93	2482.6
122	gLCB1	J[122]	-849.98	239.1	1043.16	-49.17	1641.78	1880.05
123	gLCB1	I[122]	-850.04	239	1043.13	-49.04	1641.8	1880.05
123	gLCB1	J[123]	-852.51	235.52	1239.81	-49.04	-1206.74	1287.97
125	gLCB1	I[124]	-980.79	279.33	-1258.71	-29.59	-1485.32	1398.37
125	gLCB1	J[125]	-983.27	275.86	-1062.17	-29.59	1408.52	706.12
126	gLCB1	I[125]	-983.51	275.11	-1062.14	-28.5	1408.56	706.12
126	gLCB1	J[126]	-985.98	271.64	-865.07	-28.5	3818.04	22.55
127	gLCB1	I[126]	-986.19	270.87	-865.08	-25.55	3818.05	22.59
127	gLCB1	J[127]	-988.66	267.4	-668.05	-25.55	5734.42	-650.23
128	gLCB1	I[127]	-988.9	266.52	-668.05	-20.51	5734.45	-650.17
128	gLCB1	J[128]	-991.37	263.06	-470.99	-20.51	7158.47	-1312.25
129	gLCB1	I[128]	-991.44	262.78	-471	-18.51	7158.48	-1312.23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Element	Load	Part	Axial (kN)	Shear-y (kN)	Shear-z (kN)	Torsion (kN*m)	Moment-y (kN*m)	Moment-z (kN*m)
129	gLCB1	J[129]	-993.92	259.32	-274.04	-18.51	8089.45	-1964.63
130	gLCB1	I[129]	-994.24	258.06	-274.04	-8.29	8089.5	-1964.51
130	gLCB1	J[130]	-996.72	254.61	-77.07	-8.29	8528.26	-2605.17
131	gLCB1	I[130]	-996.99	253.52	-77.06	0.98	8528.3	-2605.06
131	gLCB1	J[131]	-999.47	250.07	120.11	0.98	8474.46	-3234.96
132	gLCB1	I[131]	-999.63	249.4	120.1	6.64	8474.48	-3234.9
132	gLCB1	J[132]	-1002.11	245.96	317.14	6.64	7927.9	-3854.14
133	gLCB1	I[132]	-1002.42	244.7	317.14	16.64	7927.95	-3854.02
133	gLCB1	J[133]	-1004.89	241.25	514.2	16.64	6888.64	-4461.54
134	gLCB1	I[133]	-1004.96	240.97	514.19	18.6	6888.65	-4461.52
134	gLCB1	J[134]	-1007.43	237.54	711.15	18.6	5357.52	-5059.45
135	gLCB1	I[134]	-1007.59	236.84	711.16	22.29	5357.55	-5059.41
135	gLCB1	J[135]	-1010.06	233.4	908.33	22.29	3331.78	-5647.62
136	gLCB1	I[135]	-1010.32	232.35	908.32	25.84	3331.83	-5647.58
136	gLCB1	J[136]	-1012.79	228.92	1105.35	25.84	814.76	-6224.17
137	gLCB1	I[136]	-1012.88	228.54	1105.35	26.16	814.78	-6224.17
137	gLCB1	J[137]	-1015.35	225.12	1302.36	26.16	-2194.53	-6791.18
138	gLCB1	I[137]	-1015.81	223.08	1302.35	21.69	-2194.4	-6791.25
138	gLCB1	J[138]	-1018.28	219.66	1499.33	21.69	-5695.66	-7344.55
139	gLCB1	I[138]	-1018.23	219.84	1499.34	22.63	-5695.68	-7344.53
139	gLCB1	J[139]	-1020.7	216.43	1696.5	22.63	-9693.02	-7890.22
140	gLCB1	I[139]	-1020.94	215.37	1696.49	12.45	-9692.93	-7890.35
140	gLCB1	J[140]	-1023.42	211.97	1893.51	12.45	-14180.2	-8424.49
141	gLCB1	I[140]	1033.95	-319.23	-1606.5	4.24	-11329.8	-11422.4
141	gLCB1	J[141]	1028.95	-322.63	-1409.45	4.24	-7558.47	-10619.8
142	gLCB1	I[141]	1029.32	-321.58	-1409.42	-3.54	-7558.2	-10620
142	gLCB1	J[142]	1024.32	-324.97	-1212.51	-3.54	-4281.88	-9812.08
143	gLCB1	I[142]	1024.51	-324.28	-1212.53	-6.76	-4281.69	-9812.14
143	gLCB1	J[143]	1019.51	-327.66	-1015.4	-6.76	-1494.76	-8996.63
144	gLCB1	I[143]	1019.77	-326.89	-1015.39	-7.86	-1494.58	-8996.65
144	gLCB1	J[144]	1014.77	-330.26	-818.3	-7.86	798.73	-8174.79
145	gLCB1	I[144]	1015.03	-329.49	-818.29	-7.19	798.89	-8174.76
145	gLCB1	J[145]	1010.03	-332.85	-621.24	-7.19	2598.89	-7346.58
146	gLCB1	I[145]	1010.31	-331.98	-621.24	-4.95	2599.06	-7346.51
146	gLCB1	J[146]	1005.31	-335.33	-424.16	-4.95	3906.46	-6511.95
147	gLCB1	I[146]	1005.58	-334.56	-424.15	-1.88	3906.59	-6511.87
147	gLCB1	J[147]	1000.58	-337.9	-227.11	-1.88	4720.9	-5671.05
148	gLCB1	I[147]	1000.84	-337.13	-227.09	1.8	4721.01	-5670.95
148	gLCB1	J[148]	995.84	-340.45	-30.09	1.8	5042.53	-4823.88
149	gLCB1	I[148]	996.5	-338.49	-30.19	11.21	5042.76	-4823.59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Element	Load	Part	Axial (kN)	Shear-y (kN)	Shear-z (kN)	Torsion (kN*m)	Moment-y (kN*m)	Moment-z (kN*m)
149	gLCB1	J[149]	991.5	-341.82	167.69	11.21	4870.09	-3969.33
150	gLCB1	I[149]	991.15	-342.76	167.9	7.49	4870.03	-3969.5
150	gLCB1	J[150]	986.15	-346.05	364.11	7.49	4207.6	-3111.83
151	gLCB1	I[150]	986.7	-344.57	364.02	13.42	4207.68	-3111.63
151	gLCB1	J[151]	981.7	-347.87	561.06	13.42	3051.01	-2245.85
152	gLCB1	I[151]	982.01	-347	561.06	16.07	3051.05	-2245.77
152	gLCB1	J[152]	977.01	-350.28	758.14	16.07	1401.29	-1373.76
153	gLCB1	I[152]	977.31	-349.41	758.14	17.27	1401.31	-1373.72
153	gLCB1	J[153]	972.31	-352.69	955.25	17.27	-741.82	-495.52
154	gLCB1	I[153]	972.63	-351.73	955.29	16.56	-741.81	-495.53
154	gLCB1	J[154]	967.63	-354.99	1152.19	16.56	-3375.04	387.51
155	gLCB1	I[154]	967.95	-354.21	1152.16	13.92	-3375.08	387.46
155	gLCB1	J[155]	962.95	-357.47	1349.34	13.92	-6505.18	1277.99
156	gLCB1	I[155]	963.12	-356.9	1349.37	10.12	-6505.18	1277.89
156	gLCB1	J[156]	958.12	-360.14	1546.37	10.12	-10125.1	2174.24
157	gLCB1	I[156]	734.19	-81.13	-1596.28	-7.53	-10773	525.98
157	gLCB1	J[157]	726.83	-84.36	-1399.17	-7.53	-7024.91	733.05
158	gLCB1	I[157]	726.96	-83.64	-1399.14	-15	-7024.95	732.78
158	gLCB1	J[158]	719.6	-86.85	-1202.17	-15	-3772.22	945.96
159	gLCB1	I[158]	719.62	-86.45	-1202.19	-17.16	-3772.22	945.89
159	gLCB1	J[159]	712.26	-89.65	-1005.08	-17.16	-1010.35	1166.25
160	gLCB1	I[159]	712.33	-89.13	-1005.07	-17.93	-1010.37	1166.23
160	gLCB1	J[160]	704.97	-92.31	-808	-17.93	1257.81	1393.21
161	gLCB1	I[160]	705.05	-91.78	-807.99	-16.96	1257.78	1393.26
161	gLCB1	J[161]	697.69	-94.94	-610.96	-16.96	3032.58	1626.82
162	gLCB1	I[161]	697.85	-93.9	-610.94	-12.25	3032.5	1627.02
162	gLCB1	J[162]	690.49	-97.04	-413.99	-12.25	4313.97	1865.75
163	gLCB1	I[162]	690.49	-96.91	-414.01	-11.37	4313.96	1865.79
163	gLCB1	J[163]	683.13	-100.04	-216.9	-11.37	5103.39	2112.23
164	gLCB1	I[163]	683.21	-99.51	-216.89	-7.42	5103.34	2112.39
164	gLCB1	J[164]	675.85	-102.63	-19.82	-7.42	5399.46	2365.27
165	gLCB1	I[164]	675.97	-101.84	-19.8	-1.16	5399.36	2365.52
165	gLCB1	J[165]	668.61	-104.93	177.21	-1.16	5202.5	2624.13
166	gLCB1	I[165]	668.65	-104.67	177.22	0.85	5202.46	2624.21
166	gLCB1	J[166]	661.29	-107.74	374.21	0.85	4512.87	2889.85
167	gLCB1	I[166]	661.44	-106.83	374.21	7.01	4512.72	2890.1
167	gLCB1	J[167]	654.08	-109.88	571.3	7.01	3329.73	3161.24
168	gLCB1	I[167]	654.12	-109.62	571.3	8.29	3329.68	3161.3
168	gLCB1	J[168]	646.77	-112.66	768.38	8.29	1653.67	3439.39
169	gLCB1	I[168]	646.89	-111.87	768.39	10.16	1653.51	3439.47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Element	Load	Part	Axial (kN)	Shear-y (kN)	Shear-z (kN)	Torsion (kN*m)	Moment-y (kN*m)	Moment-z (kN*m)
169	gLCB1	J[169]	639.53	-114.89	965.41	10.16	-514.96	3723.09
170	gLCB1	I[169]	639.57	-114.63	965.41	9.94	-515.01	3723.09
170	gLCB1	J[170]	632.21	-117.63	1162.42	9.94	-3176.04	4013.55
171	gLCB1	I[170]	632.39	-116.71	1162.41	5.68	-3176.27	4013.41
171	gLCB1	J[171]	625.03	-119.69	1359.51	5.68	-6331.71	4309.21
172	gLCB1	I[171]	625.11	-119.17	1359.52	0.71	-6331.83	4309.04
172	gLCB1	J[172]	617.75	-122.13	1556.58	0.71	-9979.8	4610.9
173	gLCB1	I[172]	-541.79	183.61	-1694.69	-14	-11909.5	6545.8
173	gLCB1	J[173]	-552.83	179.52	-1418.77	-14	-6455.39	5909.69
174	gLCB1	I[173]	-552.98	178.88	-1418.79	-20.84	-6455.64	5909.41
174	gLCB1	J[174]	-564.02	174.83	-1143.01	-20.84	-1970.37	5290.15
175	gLCB1	I[174]	-564.25	174.07	-1143.01	-23.2	-1970.6	5290.04
175	gLCB1	J[175]	-575.28	170.06	-867.15	-23.2	1549.9	4687.37
176	gLCB1	I[175]	-575.48	169.34	-867.16	-21.35	1549.7	4687.43
176	gLCB1	J[176]	-586.52	165.38	-591.3	-21.35	4104.02	4101.23
177	gLCB1	I[176]	-586.67	164.83	-591.3	-17.63	4103.89	4101.37
177	gLCB1	J[177]	-597.7	160.91	-315.42	-17.63	5692.04	3530.85
178	gLCB1	I[177]	-597.94	160.02	-315.43	-9.35	5691.85	3531.16
178	gLCB1	J[178]	-608.97	156.15	-39.56	-9.35	6313.59	2977.43
179	gLCB1	I[178]	-609.15	155.43	-39.56	-1.92	6313.45	2977.71
179	gLCB1	J[179]	-620.19	151.61	236.32	-1.92	5968.85	2439.95
180	gLCB1	I[179]	-620.37	150.89	236.31	5.1	5968.73	2440.21
180	gLCB1	J[180]	-631.4	147.12	512.19	5.1	4657.71	1918.26
181	gLCB1	I[180]	-631.53	146.57	512.19	9.29	4657.64	1918.41
181	gLCB1	J[181]	-642.56	142.85	788.1	9.29	2379.95	1411.46
182	gLCB1	I[181]	-642.77	142.08	788.07	12.23	2379.88	1411.56
182	gLCB1	J[182]	-653.81	138.41	1063.74	12.23	-861.05	920.69

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.3 Beam Force ที่เกิดจากมาตรฐาน AASHTO LRFD 2014

Element	Load	Part	Axial (kN)	Shear-y (kN)	Shear-z (kN)	Torsion (kN*m)	Moment-y (kN*m)	Moment-z (kN*m)
50	gLCB1	I[49]	-531.65	172.1	-1065.85	-24.86	-684.01	730.73
50	gLCB1	J[50]	-520.61	169.91	-789.92	-24.86	2566.94	131.53
51	gLCB1	I[50]	-520.96	168.94	-789.89	-19.81	2567	131.35
51	gLCB1	J[51]	-509.93	166.63	-514.07	-19.81	4850.41	-456.33
52	gLCB1	I[51]	-510.03	166.32	-514.07	-16.74	4850.41	-456.45
52	gLCB1	J[52]	-499	163.88	-238.22	-16.74	6167.87	-1034.77
53	gLCB1	I[52]	-499.19	163.3	-238.21	-9.52	6167.84	-1035.04
53	gLCB1	J[53]	-488.15	160.74	37.6	-9.52	6519.13	-1602.53
54	gLCB1	I[53]	-488.37	160.07	37.6	-0.63	6519.05	-1602.87
54	gLCB1	J[54]	-477.34	157.39	313.54	-0.63	5903.92	-2159.06
55	gLCB1	I[54]	-477.5	156.86	313.55	5.72	5903.82	-2159.3
55	gLCB1	J[55]	-466.47	154.05	589.38	5.72	4322.62	-2703.81
56	gLCB1	I[55]	-466.61	153.61	589.39	9.63	4322.51	-2703.96
56	gLCB1	J[56]	-455.57	150.68	865.22	9.63	1775.25	-3236.86
57	gLCB1	I[56]	-455.83	149.88	865.22	12.6	1775.03	-3236.96
57	gLCB1	J[57]	-444.79	146.83	1141.15	12.6	-1739.68	-3756.77
58	gLCB1	I[57]	-444.9	146.43	1141.16	11.17	-1739.82	-3756.71
58	gLCB1	J[58]	-433.87	143.26	1417	11.17	-6219.91	-4264.1
59	gLCB1	I[58]	-434.06	142.56	1417.02	2.2	-6220.17	-4263.73
59	gLCB1	J[59]	-423.03	139.27	1692.81	2.2	-11665.4	-4757.25
60	gLCB1	I[59]	302.84	-151.27	-1570.38	-8.2	-10354.3	-6035.16
60	gLCB1	J[60]	310.72	-153.69	-1373.3	-8.2	-6671.11	-5653.6
61	gLCB1	I[60]	310.86	-153.37	-1373.3	-14.11	-6671.31	-5653.37
61	gLCB1	J[61]	318.74	-155.84	-1176.2	-14.11	-3480.92	-5266.45
62	gLCB1	I[61]	318.86	-155.47	-1176.21	-17.8	-3481.1	-5266.31
62	gLCB1	J[62]	326.74	-158	-979.26	-17.8	-785.85	-4874.35
63	gLCB1	I[62]	326.9	-157.73	-979.25	-18.22	-786.01	-4874.34
63	gLCB1	J[63]	334.79	-160.32	-782.09	-18.22	1418.64	-4476.27
64	gLCB1	I[63]	334.89	-159.99	-782.12	-17.19	1418.52	-4476.32
64	gLCB1	J[64]	342.77	-162.64	-585.19	-17.19	3128	-4072.96
65	gLCB1	I[64]	342.92	-162.36	-585.18	-14.66	3127.87	-4073.07
65	gLCB1	J[65]	350.8	-165.07	-388.05	-14.66	4345.89	-3663.3
66	gLCB1	I[65]	350.96	-164.7	-388.06	-10.38	4345.76	-3663.48
66	gLCB1	J[66]	358.84	-167.46	-191.08	-10.38	5070.03	-3248.12
67	gLCB1	I[66]	358.86	-167.41	-191.08	-9.7	5070.01	-3248.15
67	gLCB1	J[67]	366.75	-170.23	5.97	-9.7	5301.58	-2825.77
68	gLCB1	I[67]	367.05	-169.58	5.97	-0.29	5301.39	-2826.16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Element	Load	Part	Axial (kN)	Shear-y (kN)	Shear-z (kN)	Torsion (kN*m)	Moment-y (kN*m)	Moment-z (kN*m)
68	gLCB1	J[68]	374.93	-172.45	203.07	-0.29	5039.81	-2398.17
69	gLCB1	I[68]	375.06	-172.17	203.06	3.52	5039.74	-2398.33
69	gLCB1	J[69]	382.94	-175.1	400.12	3.52	4285.13	-1963.9
70	gLCB1	I[69]	383.01	-174.96	400.11	5.14	4285.1	-1963.96
70	gLCB1	J[70]	390.89	-177.94	597.14	5.14	3037.63	-1522.54
71	gLCB1	I[70]	391.05	-177.62	597.14	7.84	3037.57	-1522.66
71	gLCB1	J[71]	398.93	-180.65	794.19	7.84	1296.93	-1074.46
72	gLCB1	I[71]	399.15	-180.23	794.18	9.32	1296.87	-1074.53
72	gLCB1	J[72]	407.03	-183.32	991.16	9.32	-935.87	-619.89
73	gLCB1	I[72]	407.12	-183.09	991.17	8.76	-935.87	-619.87
73	gLCB1	J[73]	415	-186.23	1188.28	8.76	-3663.2	-157.72
74	gLCB1	I[73]	415.15	-186	1188.26	6.45	-3663.22	-157.63
74	gLCB1	J[74]	423.03	-189.2	1385.25	6.45	-6881.65	311.57
75	gLCB1	I[74]	423.19	-188.82	1385.25	-0.46	-6881.63	311.84
75	gLCB1	J[75]	431.07	-192.07	1582.33	-0.46	-10594.8	788.42
76	gLCB1	I[75]	-36.55	26.75	-1576.41	-4.23	-10512.6	172.76
76	gLCB1	J[76]	-31.93	23.47	-1379.37	-4.23	-6817.02	109.96
77	gLCB1	I[76]	-31.94	23.47	-1379.37	-10.28	-6817.02	110.11
77	gLCB1	J[77]	-27.32	20.15	-1182.31	-10.28	-3613.78	55.56
78	gLCB1	I[77]	-27.34	20.15	-1182.31	-14.87	-3613.77	55.67
78	gLCB1	J[78]	-22.72	16.8	-985.24	-14.87	-903.34	9.46
79	gLCB1	I[78]	-22.73	16.8	-985.24	-15.21	-903.33	9.47
79	gLCB1	J[79]	-18.1	13.42	-788.2	-15.21	1314.02	-28.32
80	gLCB1	I[79]	-18.06	13.42	-788.2	-17.69	1313.98	-28.26
80	gLCB1	J[80]	-13.44	10.01	-591.04	-17.69	3039.51	-57.58
81	gLCB1	I[80]	-13.52	10.01	-591.04	0	3039.57	-57.99
81	gLCB1	J[81]	-8.89	6.57	-394.16	0	4270.34	-78.71
82	gLCB1	I[81]	-8.87	6.57	-394.16	-3.85	4270.33	-78.62
82	gLCB1	J[82]	-4.25	3.1	-197.06	-3.85	5009.76	-90.73
83	gLCB1	I[82]	-4.25	3.1	-197.06	-2.55	5009.76	-90.76
83	gLCB1	J[83]	0.37	-0.4	-0.06	-2.55	5256.18	-94.14
84	gLCB1	I[83]	0.38	-0.4	-0.06	0.73	5256.18	-94.22
84	gLCB1	J[84]	5	-3.93	197.06	0.73	5009.76	-88.82
85	gLCB1	I[84]	5.01	-3.93	197.06	8.37	5009.75	-89
85	gLCB1	J[85]	9.63	-7.49	394.09	8.37	4270.67	-74.73
86	gLCB1	I[85]	9.64	-7.49	394.09	10.52	4270.66	-74.78
86	gLCB1	J[86]	14.26	-11.08	591.17	10.52	3038.52	-51.57
87	gLCB1	I[86]	14.27	-11.08	591.17	12.84	3038.51	-51.63
87	gLCB1	J[87]	18.9	-14.69	788.21	12.84	1313.91	-19.42
88	gLCB1	I[87]	18.9	-14.69	788.21	13.5	1313.91	-19.43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Element	Load	Part	Axial (kN)	Shear-y (kN)	Shear-z (kN)	Torsion (kN*m)	Moment-y (kN*m)	Moment-z (kN*m)
88	gLCB1	J[88]	23.53	-18.34	985.29	13.5	-904.02	21.87
89	gLCB1	I[88]	23.55	-18.34	985.29	12.82	-904.03	21.89
89	gLCB1	J[89]	28.17	-22.02	1182.33	12.82	-3614.21	72.34
90	gLCB1	I[89]	28.22	-22.02	1182.33	5.53	-3614.23	72.51
90	gLCB1	J[90]	32.85	-25.72	1379.33	5.53	-6816.38	132.18
91	gLCB1	I[90]	32.84	-25.72	1379.33	4.72	-6816.37	132.19
91	gLCB1	J[91]	37.47	-29.46	1576.4	4.72	-10512.5	201.18
92	gLCB1	I[91]	1265.39	-270.35	-1550.32	-2.29	-10174.1	-2831.31
92	gLCB1	J[92]	1267.96	-274.11	-1353.29	-2.29	-6544.65	-2150.75
93	gLCB1	I[92]	1268.17	-273.13	-1353.3	-7.3	-6544.66	-2150.69
93	gLCB1	J[93]	1270.74	-276.9	-1156.32	-7.3	-3408.44	-1463.35
94	gLCB1	I[93]	1271.02	-275.61	-1156.32	-10.71	-3408.46	-1463.31
94	gLCB1	J[94]	1273.6	-279.4	-959.23	-10.71	-763.3	-769.36
95	gLCB1	I[94]	1273.74	-278.76	-959.23	-11.09	-763.3	-769.37
95	gLCB1	J[95]	1276.31	-282.56	-762.09	-11.09	1389.5	-67.34
96	gLCB1	I[95]	1276.74	-280.59	-762.11	-8.98	1389.52	-67.39
96	gLCB1	J[96]	1279.31	-284.41	-565.06	-8.98	3048.6	638.92
97	gLCB1	I[96]	1279.31	-284.41	-565.06	-8.98	3048.6	638.92
97	gLCB1	J[97]	1281.88	-288.25	-368.02	-8.98	4215.04	1354.79
98	gLCB1	I[97]	1282.24	-286.62	-368.03	-3.65	4215.07	1354.71
98	gLCB1	J[98]	1284.81	-290.47	-170.98	-3.65	4888.89	2076.15
99	gLCB1	I[98]	1285.04	-289.49	-170.98	0.1	4888.91	2076.09
99	gLCB1	J[99]	1287.61	-293.35	26.02	0.1	5070.09	2804.54
100	gLCB1	I[99]	1287.75	-292.71	26.02	2.62	5070.1	2804.5
100	gLCB1	J[100]	1290.32	-296.59	223.08	2.62	4758.68	3541.23
101	gLCB1	I[100]	1290.92	-293.98	223.07	12.29	4758.76	3541.08
101	gLCB1	J[101]	1293.5	-297.88	420.09	12.29	3954.86	4280.86
102	gLCB1	I[101]	1293.38	-298.37	420.09	10.77	3954.84	4280.88
102	gLCB1	J[102]	1295.95	-302.28	617.13	10.77	2658.24	5031.73
103	gLCB1	I[102]	1296.33	-300.66	617.13	14.13	2658.31	5031.68
103	gLCB1	J[103]	1298.91	-304.58	814.18	14.13	869	5788.29
104	gLCB1	I[103]	1298.91	-304.58	814.18	14.13	869	5788.29
104	gLCB1	J[104]	1301.48	-308.53	1011.23	14.13	-1412.96	6554.76
105	gLCB1	I[104]	1302.28	-305.13	1011.22	10.38	-1412.77	6554.78
105	gLCB1	J[105]	1304.85	-309.09	1208.36	10.38	-4188.8	7322.97
106	gLCB1	I[105]	1304.64	-310.02	1208.35	13.51	-4188.87	7322.94
106	gLCB1	J[106]	1307.22	-314	1405.28	13.51	-7454.35	8102.58
107	gLCB1	I[106]	1307.7	-311.93	1405.3	1.43	-7454.18	8102.72
107	gLCB1	J[107]	1310.27	-315.92	1602.47	1.43	-11216.6	8888.09
108	gLCB1	I[107]	-845.86	307.18	-1892.25	69.39	-14248.2	12048.83

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Element	Load	Part	Axial (kN)	Shear-y (kN)	Shear-z (kN)	Torsion (kN*m)	Moment-y (kN*m)	Moment-z (kN*m)
108	gLCB1	J[108]	-843.29	303.17	-1695.2	69.39	-9763.39	11285.81
109	gLCB1	I[108]	-843.59	302.41	-1695.18	60.5	-9763.3	11285.93
109	gLCB1	J[109]	-841.02	298.39	-1498.35	60.5	-5775.38	10535.67
110	gLCB1	I[109]	-841.18	297.84	-1498.37	56.28	-5775.35	10535.73
110	gLCB1	J[110]	-838.61	293.79	-1301.09	56.28	-2271.47	9795.23
111	gLCB1	I[110]	-838.76	293.44	-1301.07	55.47	-2271.43	9795.24
111	gLCB1	J[111]	-836.18	289.39	-1104.05	55.47	734.76	9066.75
112	gLCB1	I[111]	-836.46	288.57	-1104.06	56.13	734.81	9066.75
112	gLCB1	J[112]	-833.89	284.5	-906.93	56.13	3249.73	8350.06
113	gLCB1	I[112]	-834.2	283.65	-906.92	59.58	3249.79	8350.02
113	gLCB1	J[113]	-831.62	279.57	-709.94	59.58	5270.36	7646.18
114	gLCB1	I[113]	-832	278.43	-709.94	66.78	5270.41	7646.09
114	gLCB1	J[114]	-829.43	274.34	-512.88	66.78	6799.21	6955
115	gLCB1	I[114]	-829.54	274.02	-512.87	69.4	6799.22	6954.96
115	gLCB1	J[115]	-826.97	269.91	-315.83	69.4	7835.18	6275
116	gLCB1	I[115]	-818.61	269.5	-337.22	-89.9	7830.5	6278.6
116	gLCB1	J[116]	-821.16	265.38	-140.12	-89.9	8427.38	5609.78
117	gLCB1	I[116]	-821.57	264.3	-139.81	-76.64	8427.42	5609.89
117	gLCB1	J[117]	-824.04	260.2	57.05	-76.64	8530.78	4954.84
118	gLCB1	I[117]	-824.18	259.75	57.07	-71.83	8530.78	4954.89
118	gLCB1	J[118]	-826.65	255.66	254.31	-71.83	8141.15	4309.95
119	gLCB1	I[118]	-826.9	254.89	254.29	-64.28	8141.16	4310.04
119	gLCB1	J[119]	-829.37	250.82	451.32	-64.28	7259.19	3677.93
120	gLCB1	I[119]	-829.59	250.1	451.32	-57.9	7259.2	3678.01
120	gLCB1	J[120]	-832.06	246.04	648.37	-57.9	5884.43	3057.76
121	gLCB1	I[120]	-832.11	245.91	648.36	-56.95	5884.44	3057.77
121	gLCB1	J[121]	-834.58	241.87	845.24	-56.95	4018.85	2448.52
122	gLCB1	I[121]	-835.07	240.15	845.25	-48.55	4018.88	2448.61
122	gLCB1	J[122]	-837.54	236.12	1042.43	-48.55	1657.56	1852.84
123	gLCB1	I[122]	-837.6	236.02	1042.4	-48.41	1657.58	1852.84
123	gLCB1	J[123]	-840.08	232.02	1239.08	-48.41	-1189.14	1268.84
125	gLCB1	I[124]	-996.52	283.75	-1259.6	-29.52	-1509.12	1420.47
125	gLCB1	J[125]	-999	279.77	-1063.06	-29.52	1386.93	717.83
126	gLCB1	I[125]	-999.24	279.01	-1063.03	-28.44	1386.97	717.84
126	gLCB1	J[126]	-1001.72	275.04	-865.96	-28.44	3798.67	25.15
127	gLCB1	I[126]	-1001.93	274.26	-865.97	-25.51	3798.69	25.18
127	gLCB1	J[127]	-1004.4	270.31	-668.94	-25.51	5717.29	-655.52
128	gLCB1	I[127]	-1004.64	269.42	-668.94	-20.49	5717.31	-655.46
128	gLCB1	J[128]	-1007.11	265.49	-471.88	-20.49	7143.56	-1324.19
129	gLCB1	I[128]	-1007.18	265.2	-471.89	-18.49	7143.57	-1324.17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Element	Load	Part	Axial (kN)	Shear-y (kN)	Shear-z (kN)	Torsion (kN*m)	Moment-y (kN*m)	Moment-z (kN*m)
129	gLCB1	J[129]	-1009.65	261.28	-274.93	-18.49	8076.77	-1982.05
130	gLCB1	I[129]	-1009.98	260	-274.93	-8.28	8076.81	-1981.93
130	gLCB1	J[130]	-1012.46	256.1	-77.95	-8.28	8517.8	-2626.87
131	gLCB1	I[130]	-1012.74	254.99	-77.95	0.97	8517.84	-2626.76
131	gLCB1	J[131]	-1015.21	251.1	119.22	0.97	8466.22	-3259.8
132	gLCB1	I[131]	-1015.38	250.43	119.21	6.63	8466.24	-3259.73
132	gLCB1	J[132]	-1017.85	246.55	316.25	6.63	7921.89	-3880.99
133	gLCB1	I[132]	-1018.16	245.27	316.25	16.62	7921.93	-3880.87
133	gLCB1	J[133]	-1020.63	241.41	513.31	16.62	6884.85	-4489.3
134	gLCB1	I[133]	-1020.7	241.12	513.3	18.58	6884.86	-4489.28
134	gLCB1	J[134]	-1023.18	237.28	710.26	18.58	5355.96	-5087.07
135	gLCB1	I[134]	-1023.33	236.57	710.27	22.27	5355.99	-5087.03
135	gLCB1	J[135]	-1025.81	232.74	907.44	22.27	3332.44	-5674.06
136	gLCB1	I[135]	-1026.06	231.67	907.43	25.82	3332.49	-5674.02
136	gLCB1	J[136]	-1028.53	227.85	1104.46	25.82	817.64	-6248.42
137	gLCB1	I[136]	-1028.62	227.46	1104.46	26.14	817.66	-6248.42
137	gLCB1	J[137]	-1031.09	223.66	1301.47	26.14	-2189.42	-6812.25
138	gLCB1	I[137]	-1031.55	221.6	1301.46	21.68	-2189.29	-6812.32
138	gLCB1	J[138]	-1034.02	217.81	1498.44	21.68	-5688.32	-7361.45
139	gLCB1	I[138]	-1033.97	217.99	1498.45	22.62	-5688.35	-7361.43
139	gLCB1	J[139]	-1036.44	214.22	1695.61	22.62	-9683.46	-7902.04
140	gLCB1	I[139]	-1036.68	213.15	1695.6	12.45	-9683.37	-7902.18
140	gLCB1	J[140]	-1039.15	209.4	1892.62	12.45	-14168.4	-8430.33
141	gLCB1	I[140]	1009.66	-319.53	-1606.53	4.2	-11330.4	-11415.4
141	gLCB1	J[141]	1004.66	-323.25	-1409.47	4.2	-7559	-10611.7
142	gLCB1	I[141]	1005.02	-322.23	-1409.45	-3.58	-7558.73	-10611.8
142	gLCB1	J[142]	1000.02	-325.91	-1212.53	-3.58	-4282.35	-9801.93
143	gLCB1	I[142]	1000.22	-325.24	-1212.55	-6.8	-4282.15	-9801.99
143	gLCB1	J[143]	995.21	-328.89	-1015.42	-6.8	-1495.17	-8983.73
144	gLCB1	I[143]	995.47	-328.14	-1015.41	-7.9	-1494.99	-8983.75
144	gLCB1	J[144]	990.47	-331.76	-818.32	-7.9	798.37	-8158.43
145	gLCB1	I[144]	990.73	-331.01	-818.31	-7.23	798.54	-8158.41
145	gLCB1	J[145]	985.73	-334.6	-621.27	-7.23	2598.58	-7326.11
146	gLCB1	I[145]	986.02	-333.75	-621.26	-4.99	2598.75	-7326.04
146	gLCB1	J[146]	981.02	-337.31	-424.18	-4.99	3906.22	-6486.78
147	gLCB1	I[146]	981.29	-336.56	-424.17	-1.93	3906.35	-6486.69
147	gLCB1	J[147]	976.29	-340.09	-227.13	-1.93	4720.71	-5640.61
148	gLCB1	I[147]	976.55	-339.34	-227.12	1.76	4720.82	-5640.51
148	gLCB1	J[148]	971.55	-342.83	-30.11	1.76	5042.39	-4787.71
149	gLCB1	I[148]	972.22	-340.91	-30.21	11.17	5042.62	-4787.41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Element	Load	Part	Axial (kN)	Shear-y (kN)	Shear-z (kN)	Torsion (kN*m)	Moment-y (kN*m)	Moment-z (kN*m)
149	gLCB1	J[149]	967.22	-344.39	167.67	11.17	4870	-3926.87
150	gLCB1	I[149]	966.86	-345.3	167.87	7.44	4869.94	-3927.04
150	gLCB1	J[150]	961.86	-348.72	364.09	7.44	4207.57	-3062.88
151	gLCB1	I[150]	962.42	-347.27	364	13.37	4207.65	-3062.68
151	gLCB1	J[151]	957.42	-350.67	561.04	13.37	3051.04	-2190.01
152	gLCB1	I[151]	957.73	-349.82	561.04	16.02	3051.07	-2189.92
152	gLCB1	J[152]	952.73	-353.18	758.11	16.02	1401.37	-1310.76
153	gLCB1	I[152]	953.04	-352.33	758.12	17.23	1401.38	-1310.71
153	gLCB1	J[153]	948.04	-355.67	955.23	17.23	-741.69	-425.13
154	gLCB1	I[153]	948.36	-354.73	955.26	16.51	-741.68	-425.14
154	gLCB1	J[154]	943.36	-358.02	1152.16	16.51	-3374.85	465.44
155	gLCB1	I[154]	943.68	-357.26	1152.14	13.88	-3374.9	465.39
155	gLCB1	J[155]	938.68	-360.53	1349.32	13.88	-6504.94	1363.57
156	gLCB1	I[155]	938.85	-359.97	1349.35	10.07	-6504.95	1363.48
156	gLCB1	J[156]	933.85	-363.19	1546.35	10.07	-10124.8	2267.49
157	gLCB1	I[156]	694.71	-86.78	-1595.9	-7.45	-10768.2	379.5
157	gLCB1	J[157]	687.35	-89.96	-1398.79	-7.45	-7021.07	600.67
158	gLCB1	I[157]	687.48	-89.28	-1398.77	-14.91	-7021.1	600.4
158	gLCB1	J[158]	680.12	-92.41	-1201.8	-14.91	-3769.31	827.61
159	gLCB1	I[158]	680.15	-92.04	-1201.81	-17.07	-3769.3	827.53
159	gLCB1	J[159]	672.79	-95.12	-1004.7	-17.07	-1008.36	1061.73
160	gLCB1	I[159]	672.87	-94.62	-1004.7	-17.85	-1008.38	1061.71
160	gLCB1	J[160]	665.51	-97.65	-807.63	-17.85	1258.87	1302.26
161	gLCB1	I[160]	665.59	-97.16	-807.62	-16.87	1258.84	1302.31
161	gLCB1	J[161]	658.23	-100.13	-610.59	-16.87	3032.7	1549.09
162	gLCB1	I[161]	658.39	-99.15	-610.57	-12.16	3032.63	1549.29
162	gLCB1	J[162]	651.03	-102.07	-413.61	-12.16	4313.17	1800.88
163	gLCB1	I[162]	651.04	-101.95	-413.63	-11.28	4313.17	1800.92
163	gLCB1	J[163]	643.68	-104.82	-216.52	-11.28	5101.66	2059.65
164	gLCB1	I[163]	643.76	-104.33	-216.51	-7.33	5101.61	2059.81
164	gLCB1	J[164]	636.4	-107.15	-19.44	-7.33	5396.8	2324.39
165	gLCB1	I[164]	636.53	-106.41	-19.43	-1.07	5396.7	2324.64
165	gLCB1	J[165]	629.17	-109.18	177.58	-1.07	5198.9	2594.28
166	gLCB1	I[165]	629.21	-108.93	177.59	0.94	5198.87	2594.36
166	gLCB1	J[166]	621.85	-111.65	374.58	0.94	4508.34	2870.22
167	gLCB1	I[166]	622.01	-110.78	374.58	7.08	4508.19	2870.47
167	gLCB1	J[167]	614.65	-113.45	571.67	7.08	3324.26	3151.04
168	gLCB1	I[167]	614.69	-113.2	571.68	8.36	3324.22	3151.09
168	gLCB1	J[168]	607.33	-115.81	768.75	8.36	1647.27	3437.62
169	gLCB1	I[168]	607.46	-115.07	768.76	10.22	1647.11	3437.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Element	Load	Part	Axial (kN)	Shear-y (kN)	Shear-z (kN)	Torsion (kN*m)	Moment-y (kN*m)	Moment-z (kN*m)
169	gLCB1	J[169]	600.1	-117.63	965.78	10.22	-522.29	3728.75
170	gLCB1	I[169]	600.14	-117.38	965.79	10	-522.35	3728.75
170	gLCB1	J[170]	592.78	-119.88	1162.79	10	-3184.31	4025.49
171	gLCB1	I[170]	592.96	-119.02	1162.78	5.74	-3184.54	4025.34
171	gLCB1	J[171]	585.6	-121.47	1359.88	5.74	-6340.92	4326.27
172	gLCB1	I[171]	585.69	-120.98	1359.89	0.75	-6341.04	4326.09
172	gLCB1	J[172]	578.33	-123.36	1556.95	0.75	-9989.94	4631.77
173	gLCB1	I[172]	-559.7	177.23	-1693.35	-14.08	-11888.4	6534.21
173	gLCB1	J[173]	-570.73	174.01	-1417.43	-14.08	-6439	5918.96
174	gLCB1	I[173]	-570.88	173.36	-1417.45	-20.91	-6439.25	5918.68
174	gLCB1	J[174]	-581.92	170.26	-1141.67	-20.91	-1958.66	5317.12
175	gLCB1	I[174]	-582.14	169.48	-1141.67	-23.25	-1958.89	5317.01
175	gLCB1	J[175]	-593.18	166.5	-865.82	-23.25	1556.92	4728.65
176	gLCB1	I[175]	-593.37	165.76	-865.82	-21.39	1556.73	4728.71
176	gLCB1	J[176]	-604.41	162.9	-589.96	-21.39	4106.35	4153.15
177	gLCB1	I[176]	-604.56	162.33	-589.97	-17.67	4106.22	4153.29
177	gLCB1	J[177]	-615.59	159.6	-314.08	-17.67	5689.68	3589.47
178	gLCB1	I[177]	-615.82	158.68	-314.09	-9.39	5689.49	3589.79
178	gLCB1	J[178]	-626.86	156.06	-38.22	-9.39	6306.54	3038.58
179	gLCB1	I[178]	-627.04	155.32	-38.23	-1.97	6306.41	3038.86
179	gLCB1	J[179]	-638.07	152.83	237.65	-1.97	5957.12	2499.19
180	gLCB1	I[179]	-638.25	152.09	237.65	5.04	5957	2499.45
180	gLCB1	J[180]	-649.29	149.72	513.53	5.04	4641.29	1970.87
181	gLCB1	I[180]	-649.42	149.16	513.53	9.21	4641.21	1971.02
181	gLCB1	J[181]	-660.46	146.92	789.44	9.21	2358.84	1452.46
182	gLCB1	I[181]	-660.67	146.12	789.41	12.12	2358.77	1452.56
182	gLCB1	J[182]	-671.7	142.45	1065.07	12.12	-886.84	947.54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้