ปัจจัยที่ส่งผลต่อการออกแบบอาคารโครงสร้างเหล็กรูปพรรณ
: กรณีศึกษาสถานีรถไฟฟ้าสายสีแดง ตลิ่งชัน-บางซื่อ-รังสิต

FACTOR AFFECTING STEEL STRUCTURE BUILDING DESIGN
: A CASE STUDY OF THE RED LINE SKYTRAIN STATIONS TALING CHAN-BANG SUE-RANGSIT

ดวงกมล ชื้อมีชัย

DUANGKAMON CHUEMEECHAI

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีสถาปัตยกรรม

คณะสถาปัตยกรรม ศิลปะและการออกแบบ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2566

KMITL-2023-AR-M-006-029

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FACTOR AFFECTING STEEL STRUCTURE BUILDING DESIGN
: A CASE STUDY OF THE RED LINE SKYTRAIN STATIONS
TALING CHAN-BANG SUE-RANGSIT

DUANGKAMON CHUEMEECHAI

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

MASTER OF ARCHITECTURE PROGRAM IN ARCHITECTURAL TECHNOLOGY

SCHOOL OF ARCHITECTURE, ART, AND DESIGN

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2023

KMITL-2023-AR-M-006-029

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2023

SCHOOL OF ARCHITECTURE, ART, AND DESIGN

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ปัจจัยที่ส่งผลต่อการออกแบบอาคารโครงสร้างเหล็กรูปพรรณ : กรณีศึกษาสถานีรถไฟฟ้าสายสีแดง ตลิ่งชัน-บางซื่อ-รังสิต
นักศึกษา	นางสาวดวงกมล ชื้อมีชัย
รหัสประจำตัว	64602019
ปริญญา	สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	เทคโนโลยีสถาปัตยกรรม
พ.ศ.	2566
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รองศาสตราจารย์ ดร.ทรงเกียรติ เที้ยธิทรัพย์

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการออกแบบอาคารโครงสร้างเหล็กรูปพรรณช่วงพาดกว้างของสถานีรถไฟฟ้าสายสีแดง ตลิ่งชัน-บางซื่อ-รังสิต เพื่อวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อการออกแบบโครงสร้างหลังคาเหล็กรูปพรรณ ทั้งในเรื่องของปัจจัยทางสถาปัตยกรรม และปัจจัยทางด้านโครงสร้าง รูปแบบจุดต่อและฐานรองรับ อันจะเป็นประโยชน์ต่อผู้ออกแบบและผู้ที่สนใจในอนาคต ในเรื่องการออกแบบโครงสร้างเหล็กหรือโครงการที่เกี่ยวข้อง

มีกระบวนการศึกษา 3 ส่วน ดังนี้ ส่วนที่ 1 การศึกษาข้อมูลจากเอกสารทางวิชาการเพื่อให้เข้าใจทฤษฎีด้านโครงสร้าง ส่วนที่ 2 การเก็บข้อมูล โดยทำการลงพื้นที่เก็บข้อมูลจากสถานที่จริง รวมถึงการสัมภาษณ์บุคคลที่เกี่ยวข้องในการออกแบบ เพื่อให้เข้าใจปัจจัยในการออกแบบของแต่ละโครงการ ส่วนที่ 3 วิเคราะห์ข้อมูล แบ่งเป็น 2 ประเด็น ได้แก่ วิเคราะห์ปัจจัยด้านการออกแบบ โดยการนำบทสรุประหว่างทฤษฎีที่เกี่ยวข้องวิเคราะห์ร่วมกับบทสรุปการสัมภาษณ์ และวิเคราะห์ปัจจัยด้านโครงสร้าง จำแนกรูปทรงโครงสร้าง ทดสอบแรงที่เกิดขึ้นภายในโครงสร้างผ่านโปรแกรม SAP2000 และสุดท้ายเปรียบเทียบผลของจุดต่อฐานรองรับ วิเคราะห์ผลที่เกิดขึ้น

จากการศึกษาพบว่าโครงสร้างหลังคาของสถานีรถไฟสายสีแดง ใช้โครงสร้าง 2 ประเภทคือ โครงสร้างแบบโครงข้อแข็งเกร็ง และโครงเสารูปตัว T ซึ่งระยะพาดช่วงกว้างสอดคล้องกับรูปแบบชานชาลา ส่งผลให้แต่ละสถานีมีระยะพาดช่วงกว้างและขนาดเหล็กแตกต่างกัน และจากการศึกษาพฤติกรรมโครงสร้างบริเวณจุดต่อที่ฐานรองรับด้วยโปรแกรม SAP2000 พบว่าโครงสร้าง DM1, CC1 และ BS1 เป็นโครงสร้างพาดช่วงกว้าง โดยฐานรองรับแบบยึดแน่นจะส่งผลให้เกิดการเสียรูปของโครงสร้างลดลงและมีการกระจายโมเมนต์มากยิ่งขึ้น และรูปแบบที่ DM2 และ TC1 เป็นโครงสร้างเสารูปตัว T พบว่ามีการกระจายโมเมนต์ทั้งองค์อาคาร เกิดเสียรูปมากที่สุดบริเวณระยะยื่นชายคา และสามารถสรุปได้ว่าปัจจัยที่ส่งผลต่อการออกแบบโครงสร้างหลังคา ประกอบไปด้วย ระยะปลอดภัยของรถไฟฟ้า (Rolling Stock) ชานชาลา (Platform) และระบบราง (Track)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis	Factor Affecting Steel Structure Building Design : A Case Study of the Red Line Skytrain Stations (Taling Chan-Bang Sue-Rangsit)
Student	Miss. Duangkamon Chuemeechai
Student ID	64602019
Degree	Master of Architecture
Program	Architectural Technology
Year	2023
Thesis Advisor	Associate Professor Dr.Songkiat Teartisup

ABSTRACT

The paper examines the factors that affect the design of structural steel buildings, specifically focusing on the wide-span frame of the Red Line Skytrain Stations (Taling Chan-Bang Sue-Rangsit). The study analyzes the structure of the wide-span steel roof, which includes design factors and structural elements such as joints and supporting structures. This research will benefit future designers and individuals interested in designing steel structures or related projects.

The study process is divided into three steps. Firstly, the structural theory was reviewed through academic literature. Next, data was collected from the actual site to understand the physical characteristics of the buildings, and interviews were conducted with relevant individuals. In the last step, the results were analyzed and categorized into two groups: design factors and structural elements. Design factors were analyzed by combining relevant theoretical conclusions with the interview findings, while the structure was examined, classified, and tested for internal forces. The internal forces of the structure were tested using the SAP2000 program to compare and analyze the results of the joints at the support base.

The study found that two types of structures were used for the Red Line station's roof structure: a portal frame and a T-shaped column structure. The wide-span structure is consistent with the platform design, resulting in different wide-span distances and a variety of steel sizes for each station. Additionally, a behavioral study of the joints in the supporting structure, tested using the SAP2000 program, revealed that DM1, CC1, and BS1 are wide-span structures with fixed bases that reduce structural deformation and increase momentum distribution. The DM2 and TC1 structures are T-shaped column structures with moment distribution throughout the building, and the most deformed structure was found at the eaves. Based on the analysis, factors that affect the roof structural design include rolling stock, platforms, and tracks

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความอนุเคราะห์ จากอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร.ทรงเกียรติ เที้ยธิทรัพย์ ที่กรุณาให้คำแนะนำปรึกษา ตลอดจนปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความเอาใจใส่อย่างดียิ่ง จนเกิดเป็นการพัฒนาขึ้นเป็นลำดับ ผู้วิจัยตระหนักถึงความตั้งใจจริงและความทุ่มเทของอาจารย์ จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ วัชรพงษ์ ประสานเกลียว ที่ได้เสียสละเวลาให้คำปรึกษาแนะนำความรู้ที่เป็นประโยชน์ ชี้แนะแนวทางในการดำเนินงานวิจัย และขอขอบพระคุณคณาจารย์สาขาเทคโนโลยีสถาปัตยกรรม ที่ได้ทุ่มเทให้ความรู้แก่ข้าพเจ้าเป็นอย่างดี รวมทั้งกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่ได้เสียสละเวลาในการตรวจวิทยานิพนธ์ครั้งนี้ด้วย

ขอขอบพระคุณ นายวิทัญญู นาควงษ์ วิศวกรอำนวยการ บริษัทรถไฟฟ้า ร.ฟ.ท. จำกัด ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์สำเนาแบบก่อสร้างจริงบางส่วนของโครงสร้างหลังคาสถานีรถไฟชานเมืองสายสีแดง และช่วยประสานงานฝ่ายงานอื่นด้วยความไมตรี

ขอขอบพระคุณ นายเอกสิทธิ์ กฤษณะสมิต ผู้จัดการส่วนงานสถาปัตยกรรม บริษัท ระบบขนส่งมวลชนกรุงเทพ จำกัด (มหาชน) ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับโครงสร้างในหลากหลายแง่มุม และได้เสียสละเวลามาให้สัมภาษณ์ในอีกหลายครั้ง ทำให้งานวิจัยในครั้งนี้ดำเนินไปได้อย่างราบรื่น

ขอขอบพระคุณ นายวรวุฒิ กิจสิริวิศาล สถาปนิก บริษัท ไอที อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด นางวินีตา กัลยาณมิตร ผู้จัดการส่วนงานสถาปัตยกรรม บริษัท ดีไซน์ คอนเซป จำกัด และคณะผู้ออกแบบสถาปนิก วิศวกรที่เกี่ยวข้อง บริษัท เออีซีเอ็นจิเนียริง จำกัด ที่ได้เสียสละเวลา ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลในการสัมภาษณ์

สำหรับคุณประโยชน์และคุณงามความดีอันใดที่เกิดจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบให้บิดา มารดา และครอบครัวอันเป็นที่รักยิ่ง ตลอดจนครูอาจารย์ที่เคารพทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ และถ่ายทอดประสบการณ์ที่ดีให้แก่ข้าพเจ้า

ดวงกมล ชื้อมีชัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II
กิตติกรรมประกาศ III
สารบัญ IV
สารบัญตาราง V
สารบัญรูปภาพ VI

บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย 1
1.2 วัตถุประสงค์งานวิจัย 3
1.3 สมมติฐาน 4
1.4 ระเบียบวิธีวิจัย 4
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 5
1.6 ขอบเขตของการวิจัย 5
1.7 คำจำกัดความที่ใช้ในการศึกษา 6

บทที่ 2 ทบทวนวรรณกรรม 8
2.1 โครงการสถานีรถไฟฟ้าสายสีแดง 9
2.2 การออกแบบสถาปัตยกรรม 12
2.3 ทฤษฎีสมดุลของแรงในโครงสร้าง 16
2.4 อุตสาหกรรมเหล็กโครงสร้างรูปพรรณ 19
2.5 ประเภทของโครงสร้างเหล็กรูปพรรณ 26
2.6 รอยต่อหรือจุดต่อของโครงสร้าง 31
2.7 รูปทรงโครงสร้าง 36
2.8 การวิเคราะห์โครงสร้าง 39
2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 45

3.1 การศึกษาข้อมูลเบื้องต้น 45

3.2 กรอบแนวคิดในการวิจัย 46

3.3 การเลือกตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา 46

3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล 47

3.5 เครื่องมือในการวิจัย 48

3.6 วิเคราะห์ข้อมูล 49

3.7 การสรุป อภิปราย และเสนอแนะ 51

3.8 การดำเนินการวิจัย 51

บทที่ 4 การศึกษาที่มาและรูปแบบโครงสร้างหลังคาของอาคารสถานีรถไฟฟ้า 55

4.1 ข้อมูลทั่วไปโครงการรถไฟชานเมืองสายสีแดง 56

4.1.1 ข้อมูลเบื้องต้น 56

4.1.2 รูปแบบสถานี 59

4.1.3 การศึกษาพื้นที่การใช้งาน 64

4.2 รูปแบบโครงสร้างหลังคา 69

4.2.1 สถานีรถไฟสายสีแดงเข้ม 71

4.2.2 สถานีรถไฟสายสีแดงอ่อน 106

4.3 ปัจจัยที่ส่งผลต่อการออกแบบโครงสร้างหลังคาเหล็กรูปพรรณ 116

บทที่ 5 ผลการศึกษารูปแบบโครงสร้างหลังคาโครงการรถไฟชานเมืองสายสีแดง 124

5.1 วิเคราะห์แรงภายในด้านโครงสร้าง 125

5.1.1 สถานีรถไฟสายสีแดงเข้ม 125

5.1.2 สถานีรถไฟสายสีแดงอ่อน 144

5.1.3 สรุปผลการศึกษาแรงภายในโครงสร้าง 150

5.2 วิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อการออกแบบสถาปัตยกรรม 155

5.2.1 ปัจจัยด้านการออกแบบสถานีรถไฟฟ้า 155

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

5.2.2 ขนาดและรูปทรงโครงสร้างหลังคา 158
5.2.3 ปัจจัยด้านการออกแบบโครงสร้างหลังคาเหล็กรูปพรรณ 161
5.2.4 วิเคราะห์ข้อดี ข้อเสียของรูปแบบโครงสร้างหลังคา 163

บทที่ 6 สรุปและข้อเสนอแนะ 166
6.1 ข้อค้นพบที่สำคัญ 167
6.1.1 รูปแบบโครงสร้างหลังคาเหล็กรูปพรรณ 167
6.1.2 รูปแบบ และแรงภายในโครงสร้างหลังคา 169
6.1.3 ปัจจัยที่ส่งผลต่อการออกแบบโครงสร้างหลังคาเหล็กรูปพรรณ 171
6.2 ข้อเสนอแนะ 172

บรรณานุกรม 174
ภาคผนวก 176
ประวัติผู้เขียน 189

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

1.1 แผนการดำเนินงาน 7
2.1 แสดงการสรุปแนวคิดของปัจจัยที่ส่งผลต่อการออกแบบสถาปัตยกรรมจากผู้เชี่ยวชาญ 16
2.2 แสดงรูปตัดของเหล็กโครงสร้างรูปพรรณขึ้นรูปร้อน 20
2.3 แสดงรูปตัดของเหล็กโครงสร้างรูปพรรณขึ้นรูปเย็น 21
2.4 เปรียบเทียบข้อได้เปรียบและข้อเสียเปรียบของวิธีการยึดต่อเหล็ก 24
2.5 แสดงประเภทของรูปทรงเบื้องต้น 37
3.1 แสดงตัวอย่างการวิเคราะห์จำแนกลักษณะทางกายภาพกรณีศึกษา 50
3.2 ตัวอย่างแรงภายในโครงสร้างหลังคาของกรณีศึกษา 50
3.3 ตัวอย่างการเปรียบเทียบจุดต่อบริเวณฐานรองรับของกรณีศึกษา 51
4.1 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างตัวรถของสายสีแดงเข้มและสายสีแดงอ่อน 59
4.2 แสดงผลการสำรวจสถานีรถไฟสายสีแดงเข้ม 60
4.3 แสดงผลการสำรวจสถานีรถไฟสายสีแดงอ่อน 63
4.4 รูปแบบโครงสร้างหลังคาอาคารกรณีศึกษา (สายสีแดงเข้ม) 70
4.5 รูปแบบโครงสร้างหลังคาอาคารกรณีศึกษา (สายสีแดงอ่อน) 70
4.6 แสดงองค์อาคารและจุดต่อโครงสร้างหลังคาสถานีดอนเมือง DM1 79
4.7 แสดงองค์อาคารและจุดต่อโครงสร้างหลังคาสถานีดอนเมือง DM2 90
4.8 แสดงองค์อาคารและจุดต่อโครงสร้างหลังคาสถานีจตุจักร CC1 99
4.9 แสดงองค์อาคารและจุดต่อโครงสร้างหลังคาสถานีบางซ่อน BS1 110
4.10 แสดงองค์อาคารและจุดต่อโครงสร้างหลังคาสถานีตลิ่งชัน TC1 115
4.11 แสดงประเด็นคำถามและผลการสัมภาษณ์ 117
4.12 แสดงการสรุปแนวคิดปัจจัยที่ส่งผลต่อการออกแบบสถานีรถไฟฟ้า 120
5.1 แสดงการเปรียบเทียบผลจากฐานรองรับของโครงสร้างหลังคาสถานีดอนเมือง DM1 127
5.2 แสดงการเปรียบเทียบผลจากฐานรองรับของโครงสร้างหลังคาสถานีดอนเมือง DM2 136
5.3 แสดงการเปรียบเทียบผลจากฐานรองรับของโครงสร้างหลังคาสถานีจตุจักร 139
5.4 แสดงการเปรียบเทียบผลจากฐานรองรับของโครงสร้างหลังคาสถานีบางซ่อน 146
5.5 แสดงการเปรียบเทียบผลจากฐานรองรับของโครงสร้างหลังคาสถานีตลิ่งชัน 149
5.6 แสดงการเปรียบเทียบผลทดสอบโมเมนต์แรงดัด (Moment) 151

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

5.7 แสดงการเปรียบเทียบผลทดสอบแรงเฉือน (Shear)..... 152
5.8 แสดงการเปรียบเทียบผลทดสอบการเสียรูป (Deformed)..... 153
5.9 สรุปผลของประเภทจุดต่อบริเวณฐานรองรับ..... 154
5.10 แสดงข้อดี ข้อเสียของรูปแบบโครงสร้างหลังคาสถานีรถไฟชานเมืองสายสีแดง..... 164
6.1 รูปแบบโครงข้อแข็ง (Portal Frame)..... 167
6.2 รูปแบบโครงเสารูปตัว T..... 168
6.3 แสดงการเปรียบเทียบผลทดสอบโมเมนต์แรงดัด (Moment)..... 169

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

1.1 แสดงเส้นทางรถไฟฟ้าสายสีแดง 1
1.2 แสดงความแตกต่างของการกระจายโมเมนต์ดัดในการใช้จุดต่อต่างกัน 2
1.3 แสดงรูปแบบสถานี และรูปแบบโครงสร้างหลังคาสถานีรถไฟฟ้าสายสีแดง 3
1.4 แสดงกรอบความคิดในการศึกษาปัญหา 6
2.1 แสดงแผนผังทบทวนวรรณกรรม 8
2.2 แสดงปัจจัยและองค์ประกอบต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องในงานสถาปัตยกรรม 13
2.3 แสดงแผนภาพกระบวนการผลิตเหล็กรูปพรรณรีดร้อน 19
2.4 แสดงแผนภาพกระบวนการผลิตเหล็กรูปพรรณรีดเย็น 20
2.5 แสดงแผนภาพกระบวนการเชื่อมประกอบเหล็กรูปพรรณ 21
2.6 แสดงการเชื่อมประกอบเหล็กรูปพรรณ 22
2.7 แสดงการเชื่อมประกอบเหล็กรูปพรรณ 22
2.8 แสดงการเชื่อมด้วยลวดเชื่อม 23
2.9 แสดง Fixed Base Portal Frame โครงสร้างภายใน Ponthieu Garage 27
2.10 แสดงรูปตัด และฐานเสา AEG Turbine Factory 28
2.11 แสดงอาคาร Balduin Foundry 28
2.12 แสดงการเปรียบเทียบขนาดคานเมื่อขนาดช่วงเท่ากัน 29
2.13 แสดงโครงข้อแข็งที่มีช่วงคานยาว 30
2.14 แสดงความแตกต่างของการกระจายโมเมนต์ดัดในการยึดโคนเสาแต่ละแบบ 30
2.15 แสดงโมเมนต์ดัดของโครงเสารูปตัวที 31
2.16 แสดงตำแหน่งรอยต่อในโครงอาคารเหล็ก 32
2.17 แสดงข้อต่อหมุน 32
2.18 แสดงข้อต่อยึดแน่น 33
2.19 แสดงข้อต่อเลื่อน 33
2.20 แสดงการทำรอยต่อฐานเสา 34
2.21 แสดงตัวอย่างของฐานเสาแบบยึดแน่นสำหรับโครงสร้างเหล็ก 35
2.22 แสดงตัวอย่างของฐานแบบหุ้มโคนเสา 35
2.23 แสดงตัวอย่างของฐานแบบหมุนได้ 36
2.24 แสดงตัวอย่างของฐานแบบหมุนได้ 36
2.25 แสดง ก คือ ภาพแสดงลักษณะจุดต่อ 2 จุด เชื่อมกันด้วยขอบ (มี 2 จุดต่อ) 40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

ข คือ ภาพแสดงลักษณะจุดต่อ 2 จุด เชื่อมกันด้วยขอบ และมีจุดเชื่อมกลาง.....40
2.26 แสดงลักษณะพื้นฐานรูปร่างเอลิเมนต์ 2 มิติ 41
2.27 แสดงลักษณะพื้นฐานรูปร่างเอลิเมนต์ 3 มิติ 41
2.28 แสดงแผนผังขั้นตอนการทำงานโดยใช้โปรแกรม SAP2000.....42
3.1 แสดงกรอบแนวคิดในการวิจัย 46
3.2 แสดงแผนผังดำเนินการศึกษา.....53
3.3 แสดงรายระเอียดการวิเคราะห์ข้อมูล 54
4.1 แสดงแผนที่เส้นทางแผนที่เส้นทางรถไฟสายสีแดง 56
4.2 แสดงรถไฟขนส่งสินค้า (Freight Train).....57
4.3 แสดงรถไฟทางไกล (Long Distance Train).....58
4.4 แสดงรถไฟชานเมือง (Commuter Train).....58
4.5 แสดงการใช้งานพื้นที่ของสถานีจตุจักร.....64
4.6 แสดงการใช้งานพื้นที่ของสถานีหลักหก.....65
4.7 แสดงการใช้งานพื้นที่ของสถานีบางซ่อน.....66
4.8 แสดงการใช้งานพื้นที่ของสถานีดอนเมือง.....67
4.9 แสดงการใช้งานพื้นที่ของสถานีรังสิต.....68
4.10 แสดงการใช้งานพื้นที่ของสถานีตลิ่งชัน.....69
4.11 สถานที่ตั้งสถานีดอนเมือง.....71
4.12 แผนผังการใช้งานสถานีดอนเมือง.....72
4.13 ส่วนประกอบของโครงสร้างหลังคาสถานีดอนเมือง รูปแบบ DM1.....72
4.14 ส่วนประกอบของโครงสร้างหลังคาสถานีดอนเมือง รูปแบบ DM1.....73
4.15 โครงแข็งเกร็ง (Portal Frame).....77
4.16 แสดงคานยึดรั้ง แป และโครงช่องรับแสง.....78
4.17 แสดงเหล็กยึดแป 78
4.18 แสดงฐานรองรับโครงสร้างหลังคาสถานีดอนเมือง (DM1).....79
4.19 แสดงส่วนประกอบของโครงสร้างหลังคาสถานีดอนเมือง รูปแบบ DM2.....87
4.20 แสดงส่วนประกอบของโครงสร้างหลังคาสถานีดอนเมือง รูปแบบ DM2.....87
4.21 แสดงโครงเสารูปตัว T 88
4.22 แสดงคานยึดรั้ง และแปตามลำดับ.....88

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

4.23 แสดงโครงยึดรั้ง 89
4.24 แสดงฐานรองรับโครงสร้างหลังคาสถานีดอนเมือง (DM2) 89
4.25 สถานที่ตั้งสถานีจตุจักร 91
4.26 แผนผังการใช้งานสถานีจตุจักร 91
4.27 ส่วนประกอบของโครงสร้างหลังคาสถานีจตุจักร รูปแบบ CC1 92
4.28 ส่วนประกอบของโครงสร้างหลังคาสถานีดอนเมือง รูปแบบ CC1 93
4.29 แสดงเหล็กยึดแป 97
4.30 แสดงคานยึดรั้ง แป และโครงช่องรับแสง 98
4.31 แสดงโครงยึดรั้ง 98
4.32 แสดงฐานรองรับโครงสร้างหลังคาสถานีจตุจักร (CC1) 99
4.33 แสดงสถานที่ตั้งสถานีบางซ่อน 106
4.34 แผนผังการใช้งานสถานีบางซ่อน 106
4.35 ส่วนประกอบของโครงสร้างหลังคาสถานีบางซ่อน รูปแบบ BS1 107
4.36 รูปตัดขวางโครงสร้างหลังคาสถานีบางซ่อน รูปแบบ BS1 107
4.37 แสดงโครงแข็งเกร็ง 108
4.38 แสดงคานยึดรั้ง และแปตามลำดับ 109
4.39 แสดงเหล็กยึดแป และค้ำทแยงตามลำดับ 109
4.40 แสดงฐานรองรับโครงสร้างหลังคาสถานีบางซ่อน 110
4.41 แสดงสถานที่ตั้งสถานีตลิ่งชัน 112
4.42 แสดงแผนผังการใช้งานสถานีตลิ่งชัน 112
4.43 แสดงส่วนประกอบของโครงสร้างหลังคาสถานีตลิ่งชัน รูปแบบ TC1 113
4.44 แสดงรูปตัดขวางโครงสร้างหลังคาสถานีบางซ่อน รูปแบบ TC1 113
4.45 แสดงโครงเสารูปตัว T 114
4.46 แสดงคานยึดรั้ง และแป ตามลำดับ 114
4.47 แสดงฐานรองรับโครงสร้างหลังคาสถานีตลิ่งชัน 115
5.1 แสดงตัวอย่างการจำลองโครงสร้างสถานีดอนเมือง ชั้นชานชาลารถชานเมือง (DM1) 125
5.2 แสดงผลการทดสอบโครงสร้างหลังคาสถานีดอนเมือง (DM1) 126
5.3 แสดงตัวอย่างการจำลองโครงสร้างสถานีดอนเมือง ชั้นชานชาลารถไฟทางไกล (DM2) 133
5.4 แสดงผลการทดสอบโครงสร้างหลังคาสถานีดอนเมือง (LD-01) 134

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

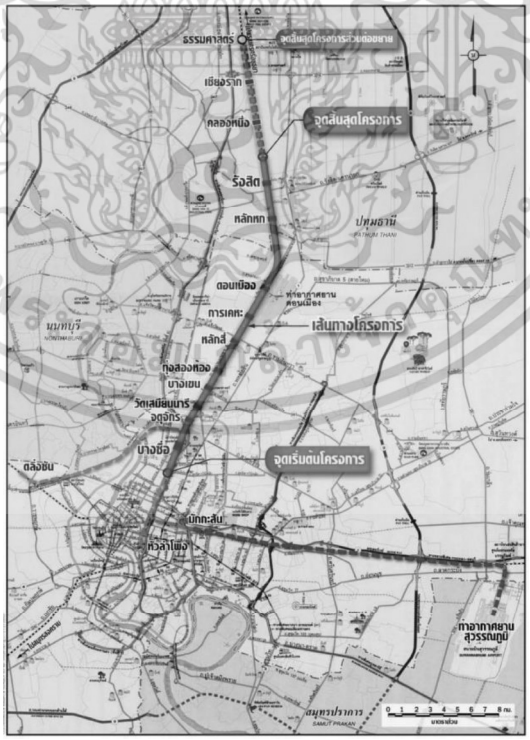
5.5 แสดงผลการทดสอบโครงสร้างหลังคาสถานีดอนเมือง (LD-02) 135
5.6 แสดงตัวอย่างการจำลองโครงสร้างหลังคาสถานีจตุจักร (CC1) 137
5.7 แสดงผลการทดสอบโครงสร้างหลังคาสถานีดอนเมือง (CT-12) 138
5.8 แสดงตัวอย่างการจำลองโครงสร้างสถานีบางซ่อนด้วยโปรแกรม SAP2000 144
5.9 แสดงผลการทดสอบโครงสร้างหลังคาสถานีบางซ่อน 145
5.10 แสดงตัวอย่างการจำลองโครงสร้างสถานีตลิ่งชันด้วยโปรแกรม SAP2000 147
5.11 แสดงผลการทดสอบโครงสร้างหลังคาสถานีบางซ่อน 148
5.12 แสดงปัจจัยที่ส่งผลต่อการออกแบบสถานีรถไฟฟ้า 155
5.13 แสดงรูปแบบและความสูงของสถานีรถไฟฟ้า 158
5.14 แสดงรูปแบบโครงสร้างหลังคาและระยะ 158
5.15 แสดงปัจจัยที่ส่งผลต่อการออกแบบโครงสร้างหลังคา 161
5.16 แสดงระยะปลอดภัยของรถไฟ (Rolling stock) 162
5.17 แสดงปัจจัยที่ส่งผลต่อการออกแบบโครงสร้างหลังคา 163
6.1 แสดงปัจจัยที่ส่งผลต่อการออกแบบโครงสร้างหลังคา 171
6.2 แสดงปัจจัยที่ส่งผลต่อการออกแบบโครงสร้างหลังคา 172

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

ความสำคัญของโครงการสถานีรถไฟฟ้าสายสีแดง เนื่องจากในกรุงเทพมหานคร เป็นเมืองหลวงที่มีประชากรมากที่สุดของประเทศไทย มีการเติบโตทางด้านเศรษฐกิจ และสังคม ส่งผลถึงที่พักอาศัยที่มีการขยายตัวไปยังเขตชานเมืองปริมณฑล เพื่อลดความหนาแน่นที่เกิดภายในกรุงเทพมหานคร ดังนั้นผู้ที่อาศัยในเขตชานเมืองปริมณฑล มีความจำเป็นอย่างยิ่งในการเดินทางไปทำงาน หรือเดินทางไปยังสถานศึกษา เพื่อเข้าไปยังศูนย์กลางเมือง และสถานีรถไฟฟ้าสายสีแดงยังเป็นโครงการที่มีขนาดใหญ่ที่สุด เนื่องจากเป็นสถานีที่รองรับ รถไฟหลายรูปแบบ ทั้งรถไฟทางไกลและรถไฟชานเมือง เพื่อให้ผู้คนที่อาศัยในเขตชานเมืองปริมณฑลมีทางเลือกในการเดินทาง โดยใช้ระบบรางเป็นตัวเชื่อมโยง โครงการรถไฟฟ้าสายสีแดงถูกสร้างขึ้นเพื่อเป็นการวางรากฐานของรถไฟทางไกลของประเทศในอนาคต ซึ่งเป็นการใช้รูปแบบรถไฟพื้นฐานที่รองรับได้ทั้งรูปแบบดีเซลและไฟฟ้า โดยตัวรางยังคงใช้ขนาด 1 ม. อยู่เพื่อให้รถเดิมสามารถวิ่งได้ เนื่องจากงบประมาณที่มียังไม่สามารถเปลี่ยนเป็นแบบ 1.435 ม. ได้



ภาพที่ 1.1 แสดงเส้นทางรถไฟฟ้าสายสีแดง

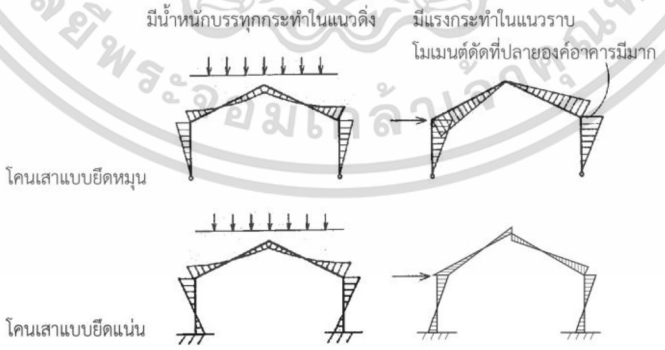
ที่มา : สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร (2550)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รถไฟฟ้าสายสีแดง มีทั้งหมด 2 สาย หรือ 13 สถานี ระยะทางรวมตลอดทั้งสาย (ตลิ่งชัน-บางซื่อ-รังสิต) อยู่ที่ 41 กม. ประกอบไปด้วย สายสีแดงอ่อน 3 สถานี คือ สถานีบางซ่อน, สถานีบางบำหรุ และสถานีตลิ่งชัน ระยะทางทั้งสิ้น 15 กิโลเมตร และสายสีแดงเข้ม 10 สถานี คือ สถานีกลางบางซื่อ, สถานีจตุจักร, สถานีวัดเสมียนนารี, สถานีบางเขน, สถานีทุ่งสองห้อง, สถานีหลักสี่, สถานีการเคหะ, สถานีดอนเมือง, สถานีหลักหก และสถานีรังสิต ระยะทางทั้งสิ้น 26 กิโลเมตร

(เฉลิม สุจริต, 2540) วัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างย่อมมีความหลากหลาย แต่ละประเภทมีความแตกต่างกันไปตามรูปแบบการใช้งาน คุณสมบัติ และระบบการก่อสร้างของโครงการนั้น ๆ โดยทั่วไปแล้วอาคารโครงสร้างเหล็กจะมีองค์ประกอบ เพื่อประกอบเข้าด้วยกัน ได้แก่ โครงสร้างหลัก (Structure Frame) ผนังอาคาร (Cladding) และส่วนประกอบอื่น ๆ (Appurtenances) ซึ่งประกอบเป็นอาคารรูปแบบ ลักษณะแตกต่างกันออกไป อาคารจะประสบความสำเร็จได้หรือไม่นั้น ขึ้นอยู่กับการออกแบบที่มีความถูกต้องเหมาะสม

หลังคา เป็นหนึ่งในโครงสร้างหลักของงานก่อสร้าง โดยจะทำหน้าที่ปกป้องอาคารจากสภาพแวดล้อมภายนอก ถือว่าเป็นส่วนประกอบหลักที่เพิ่มรูปลักษณ์ อารมณ์ให้กับตัวอาคารที่สำคัญ เช่นเดียวกับสถานีรถไฟฟ้า เนื่องจากสถานีรถไฟฟ้าตั้งอยู่ในพื้นที่สาธารณะ จำเป็นต้องออกแบบให้ผู้ใช้งาน หรือผู้โดยสารสามารถรับรู้ได้ว่าอาคารนี้เป็นสถานีรถไฟฟ้า โครงสร้างหลังคาสถานีรถไฟฟ้าเป็นการใช้โครงสร้างพาดช่วงกว้าง เหมาะกับอาคารที่ต้องการพื้นที่การใช้งานขนาดใหญ่ (เฉลิม สุจริต, 2540) รูปทรงทางโครงสร้างนอกจากจะตอบสนองลักษณะการใช้งานที่เหมาะสมแล้ว ยังต้องต้านแรงที่เกิดขึ้นในโครงสร้างเพื่อให้เกิดความแข็งแรง โดยใช้วัสดุที่น้อยที่สุดให้รับแรงให้ได้มากที่สุด ความสามารถและหน้าที่ของวัสดุจะแสดงให้เห็นเป็นลักษณะหรือรูปทรงทางโครงสร้าง



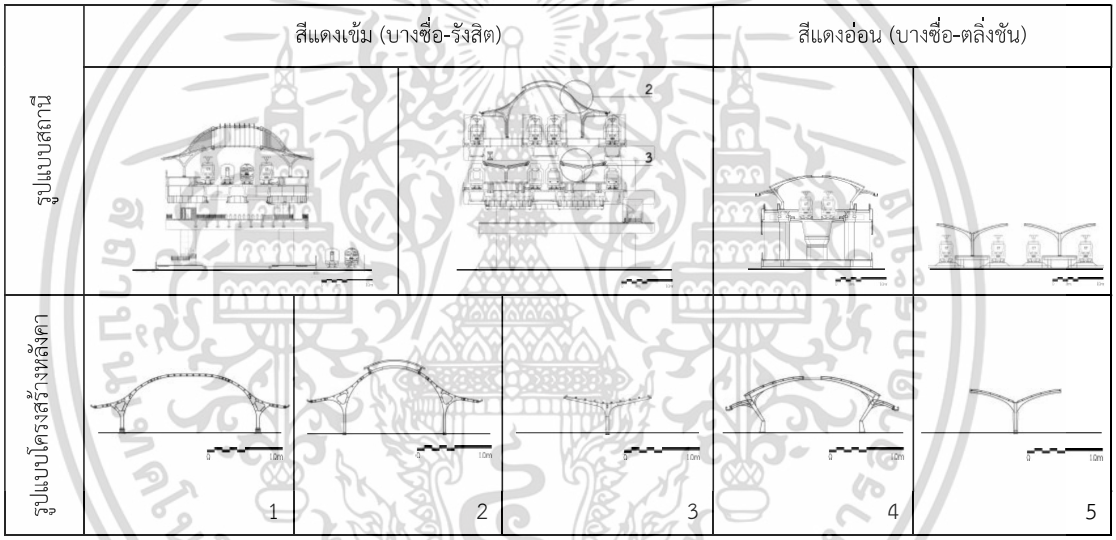
ภาพที่ 1.2 แสดงความแตกต่างของการกระจายโมเมนต์ดัดในการใช้จุดต่อต่างกัน
ที่มา : สุจริต คูณธนกุลวงศ์ และทักษิณ เทพชาตรี (2530)

รูปแบบโครงสร้างหลังคาสถานีรถไฟฟ้าสายสีแดงเข้ม สามารถจำแนกรูปแบบได้เป็น 3 รูปแบบ และสถานีรถไฟฟ้าสายสีแดงอ่อน 2 รูปแบบ ซึ่งโครงสร้างหลังคาที่ครอบคลุมพื้นที่สถานี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทั้งหมดใช้โครงสร้างเหล็กรูปพรรณ โดยในการออกแบบมีทั้งส่วนที่เหมือนและส่วนที่ต่างกันของรูปทรงโครงสร้างหลังคา รวมถึงจุดต่อของโครงสร้าง ช่วงพาดกว้าง และขนาดโครงสร้าง ซึ่งเหมาะแก่การศึกษาและวิเคราะห์ผลที่มีต่อรูปทรงของโครงสร้าง เพื่อหาปัจจัยทางโครงสร้าง อันเป็นประโยชน์ในการออกแบบหรือนำไปใช้กับโครงการอื่น ๆ ในอนาคต

สถานีรถไฟฟ้าจัดเป็นอาคารพิเศษที่เกี่ยวข้องกับความปลอดภัยของสาธารณชน ผ่านการออกแบบทางสถาปัตยกรรมและวิศวกรรมมาอย่างถี่ถ้วน ในโครงการดังกล่าวมีโครงสร้างเหล็กรูปพรรณช่วงพาดกว้างหลากหลายรูปแบบ ผู้จัดทำงานวิจัยเล่มนี้จึงเล็งเห็นถึงความสำคัญของปัญหาด้านการออกแบบสถาปัตยกรรมที่ส่งผลต่อวิศวกรรมในการเลือกโครงสร้าง นำมาสู่การหาปัจจัยที่ส่งผลต่อการออกแบบ และปัจจัยนอกเหนืออื่น ๆ เพื่อหาแนวทางการออกแบบโครงสร้างเหล็กรูปพรรณที่เหมาะสมนั้นเอง



ภาพที่ 1.3 แสดงรูปแบบสถานี และรูปแบบโครงสร้างหลังคาสถานีรถไฟฟ้าสายสีแดง
ที่มา : เรียบเรียงจาก การรถไฟแห่งประเทศไทย (กฟท.)

1.2 วัตถุประสงค์งานวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษารูปแบบอาคารสถานีรถไฟโครงสร้างเหล็กรูปพรรณ

1.2.2 เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบรูปทรงโครงสร้างหลังคาเหล็กรูปพรรณสถานีรถไฟฟ้าสายสีแดง

1.2.3 เพื่อวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อการออกแบบอาคารสถานีรถไฟฟ้าด้วยโครงสร้างเหล็กรูปพรรณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 สมมติฐาน

1.3.1 อาคารสถานีรายทาง กรณีศึกษาสถานีรถไฟฟ้าสายสีแดง ทั้งหมด 13 สถานี มีลักษณะรูปแบบอาคารที่แตกต่างกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งโครงสร้างหลังคาเหล็กรูปพรรณ อันเนื่องมาจากปัจจัยด้านการออกแบบ สภาพแวดล้อม การใช้สอย วัสดุการก่อสร้าง วิธีการก่อสร้าง การแสดงลักษณะอาคาร และงบประมาณการก่อสร้าง

1.3.2 ชนิดจุดต่อ ช่วงพาดกว้าง และขนาดโครงสร้าง ส่งผลต่อแรงภายในชิ้นส่วนโครงสร้าง ทำให้รูปทรงโครงสร้างหลังคาเหล็กรูปพรรณแตกต่างกัน

1.4 ระเบียบวิธีวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นวิจัยเชิงคุณภาพ (Qualitive Research) เพื่อศึกษาหลักการของระบบโครงสร้างเหล็กรูปพรรณที่เกี่ยวข้องเฉพาะในส่วนของโครงสร้างอาคาร (Structure System) โดยไม่นำวิธีการตกแต่งวัสดุผิวสำเร็จ (Finishing) และมาตรฐานเหล็กมาเป็นส่วนสำคัญในการศึกษา

1.4.1 ศึกษาทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1.4.1.1 ปัจจัยที่ส่งผลต่อการออกแบบ

1.4.1.2 มาตรฐานสำหรับการออกแบบโครงสร้าง

1.4.1.3 การก่อสร้างโครงสร้างเหล็ก

1.4.1.4 ประเภทของระบบขนส่งไฟฟ้า

1.4.1.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1.4.2 ศึกษา และวางแผนการใช้เครื่องมือ ในการเก็บข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูล

1.4.2.1 แบบการก่อสร้างทางสถาปัตยกรรมและวิศวกรรมของกรณีศึกษาทั้ง 2 โครงการ

1.4.2.1 ออกแบบแบบสำรวจในการเก็บข้อมูล เพื่อให้สามารถเก็บข้อมูลได้ครบถ้วน

1.4.3 ลงพื้นที่ เก็บข้อมูลภาคสนาม สถานีรถไฟฟ้าสายสีแดง เพื่อทำการเก็บข้อมูลเรื่องโครงสร้างของสถานีรายทางทั้ง 2 กรณีศึกษา โดยเน้นที่รายละเอียดของจุดต่อระหว่างองค์อาคารและฐานรองรับ

1.4.3.1 บันทึกภาพสภาพทั่วไป และองค์ประกอบต่าง ๆ ของโครงสร้างหลังคาสถานีรถไฟฟ้าสายสีแดง บางซื่อ-รังสิต

1.4.3.2 จดบันทึก ตามแบบสำรวจในการเก็บข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4.3.3 สัมภาษณ์สถาปนิก วิศวกร หรือบุคคลที่เกี่ยวข้อง

1.4.4 ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูล

1.4.4.1 วิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อการออกแบบ

1.4.4.2 วิเคราะห์ข้อมูล สรุปผลตามวัตถุประสงค์ และพิสูจน์สมมติฐานของการศึกษาที่ตั้งไว้

1.4.5 รายงานผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 เพื่อให้สามารถเข้าใจปัจจัยที่ส่งผลต่อการออกแบบอาคารโครงสร้างเหล็กรูปพรรณ

1.5.2 เพื่อเป็นแนวทางการออกแบบอาคารโครงสร้างเหล็กรูปพรรณแก่สถาปนิกหรือบุคคลที่สนใจ

1.5.3 เพื่อเป็นฐานข้อมูลในการออกแบบอาคารโครงสร้างรูปพรรณ หรืออาคารที่เกี่ยวข้อง

1.5.4 เพื่อเป็นแนวทางในการเลือกโครงสร้างเหล็กรูปพรรณที่เหมาะสมกับโครงการนั้น ๆ

1.6 ขอบเขตของการวิจัย

1.6.1 งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเชิงคุณภาพ (Qualitive Research) โดยศึกษาหลักการของระบบโครงสร้างเหล็กรูปพรรณที่เกี่ยวข้องเฉพาะส่วนของโครงสร้างอาคาร (Structural System) กรณีศึกษาอาคารสถานีรายทาง สถานีรถไฟฟ้าสายสีแดง ตลิ่งชัน-บางซื่อ-รังสิต โดยจำแนกรูปแบบเพื่อทำการวิเคราะห์โดยละเอียด

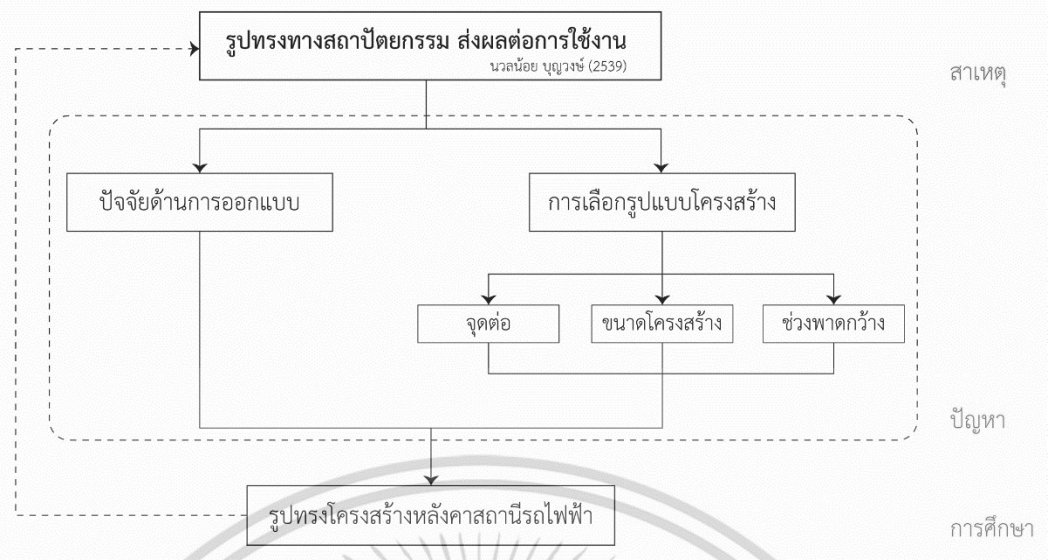
1.6.2 ศึกษาแบบทางด้านสถาปัตยกรรม และวิศวกรรม ของกรณีศึกษา

1.6.3 ศึกษาจุดต่อ และองค์อาคารเฉพาะโครงสร้างหลัก (Main Structure) ไม่รวมโครงค่าว และวัสดุปิดผิว

1.6.3 ศึกษาหลักการของโครงสร้างเหล็กรูปพรรณจากเอกสาร ข้อมูลทางวิชาการทั้งในประเทศ และต่างประเทศ

1.6.4 การสังเกตและเก็บข้อมูลจากสถานที่จริง หรือสัมภาษณ์บุคคลที่เกี่ยวข้อง โดยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลในช่วงระหว่างเดือน ตุลาคม - พฤศจิกายน พ.ศ.2565

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 1.4 แสดงกรอบความคิดในการศึกษาปัญหา

ที่มา : ผู้วิจัย (2565)

1.7 คำจำกัดความที่ใช้ในการศึกษา

โครงสร้างพาดช่วงกว้าง มีลักษณะเป็นจันทันหรือคานหลังคาช่วงเดียววางในแนวราบระหว่างเสาสองต้น โดยจันทันจะเป็นตัวรับน้ำหนักจากหลังคาแล้วถ่ายแรงลงสู่เสาทั้งสองด้าน ลักษณะการใช้งานเหล็กเป็นโครงสร้างจันทันสำหรับรับหลังคา ส่วนใหญ่โครงสร้างคานจะมีระยะความกว้างประมาณ 4 – 10 เมตร โดยอาจใช้เทคนิคการซอยจันทันเหล็กเพื่อรับน้ำหนักโครงสร้างแทนการเพิ่มจำนวนเสาภายในอาคาร

สถานีรถไฟฟ้าสายสีแดง สถานีรถไฟฟ้า ตลิ่งชัน-บางซื่อ-รังสิต ให้บริการแบ่งออกเป็น 2 สาย คือ สายสีแดงเข้ม 10 สถานี ได้แก่ สถานีกลางบางซื่อ, สถานีจตุจักร, สถานีวัดเสมียนนารี, สถานีบางเขน, สถานีทุ่งสองห้อง, สถานีหลักสี่, สถานีการเคหะ, สถานีดอนเมือง, สถานีหลักหก และสถานีรังสิต สายสีแดงอ่อน 3 สถานี คือ ตลิ่งชัน บางซ่อน และบางบำหรุ

อาคารสถานีรายทาง สิ่งก่อสร้างที่คนใช้รอรถไฟฟ้า อยู่ติดกับชานชะลารถไฟฟ้า

รถไฟฟ้าชานเมือง รถไฟฟ้าสายสีแดง เส้นทาง ตลิ่งชัน-บางซื่อ-รังสิต

จุดต่อ (Joint) บริเวณที่เกิดความไม่ต่อเนื่องของโครงสร้าง ซึ่งถูกสร้างขึ้นมาเพื่อความจำเป็นทางด้านการก่อสร้าง เป็นจุดเชื่อมต่อองค์อาคารต่าง ๆ มาบรรจบกัน หรือจุดปลายขององค์อาคารใดองค์อาคารหนึ่งที่มีฐานรองรับ มีแรงตามแนวแกน มีแรงเฉือน แต่ไม่มีโมเมนต์แรงดัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

องค์อาคาร (Member) ชิ้นส่วนโครงสร้าง หรือส่วนประกอบของอาคาร ที่ทำหน้าที่ถ่ายแรงหรือน้ำหนักบรรทุกต่าง ๆ ต่อเนื่องแต่ละชิ้นจนกว่าจะถึงฐานรองรับของโครงสร้าง

องค์ประกอบอาคาร (Building Component) โครงสร้างหลักของอาคาร ประกอบด้วย ฐานราก เสา คาน และโครงสร้างหลังคา

เหล็กโครงสร้างรูปพรรณ เหล็กที่ผลิตออกมามีหน้าตัดเป็นรูปลักษณะต่าง ๆ ใช้ในงานโครงสร้าง (ข้อบัญญัติกรุงเทพมหานคร เรื่อง ควบคุมอาคาร พ.ศ.2544)

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินงาน

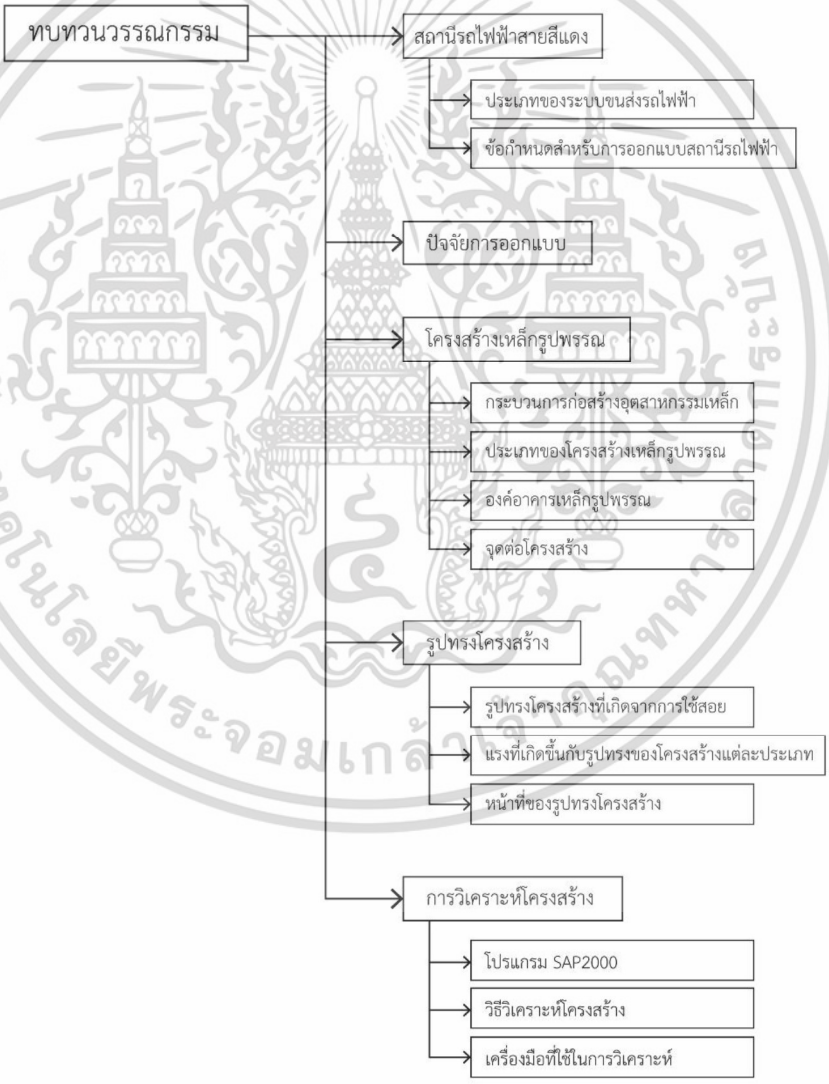
ขั้นตอน	ส.ค. 65	ก.ย. 65.	ต.ค. 65	พ.ย. 65	ธ.ค. 65	ม.ค. 66	ก.พ. 66	มี.ค. 66	เม.ย. 66	พ.ค. 66	มิ.ย. 66	ก.ค. 66
1. การเตรียมการเสนอหัวข้อ												
2. ออกแบบวิธีวิจัย												
3. สอบหัวข้อ												
4. เก็บข้อมูล / สัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ												
5. วิเคราะห์ข้อมูล												
6. ตรวจสอบวัตถุประสงค์												
7. สรุปผลและตรวจสอบเนื้อหาวิทยานิพนธ์ทั้งหมด												
8. สอบวิทยานิพนธ์												

ที่มา : ผู้วิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทบทวนวรรณกรรม

งานวิจัยในครั้งนี้ประกอบไปด้วยการศึกษาข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับทฤษฎีในการออกแบบ ได้แก่ ปัจจัยที่ส่งผลต่อการออกแบบ เกณฑ์ในการพิจารณาประกอบการออกแบบที่ส่งผลต่อสถาปัตยกรรม รายละเอียดสถานีรถไฟฟ้าสายสีแดง ข้อกำหนดในการออกแบบสถานีรถไฟฟ้า ทฤษฎีโครงสร้าง ได้แก่ รูปทรงโครงสร้าง โครงสร้างเหล็กรูปพรรณ มาตรฐานในการออกแบบโครงสร้างเหล็ก และสุดท้ายคือการสร้างแบบจำลองด้วยโปรแกรมทางคอมพิวเตอร์ โดยสามารถจำแนกหัวข้อได้ดังนี้



ภาพที่ 2.1 แสดงแผนผังทบทวนวรรณกรรม

ที่มา : ผู้วิจัย 2565

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1 โครงการสถานีรถไฟฟ้าสายสีแดง

รถไฟฟ้าสายสีแดง เปิดให้ทดลองใช้เมื่อเดือนสิงหาคม 2564 โดยมีการก่อสร้างในส่วนแรก แบ่งเป็นรถไฟฟ้าสายสีแดงเข้ม บางซื่อ-รังสิต และรถไฟฟ้าสายสีแดงอ่อน บางซื่อ-ตลิ่งชัน

2.1.1 ภูมิหลัง

สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร (2550) กล่าวว่าโครงการสถานีรถไฟฟ้าสายสีแดงเป็นโครงการปรับแบบรายละเอียดระบบรถไฟฟ้าสายสีแดง ช่วงบางซื่อ- รังสิต รวมสถานีรถไฟบางซื่อ (โครงการ BRMBS) เป็นโครงการสืบเนื่องมาจากการดำเนินงานออกแบบรายละเอียดโครงการระบบขนส่งทางรถไฟในกรุงเทพมหานครสายเหนือ (ช่วงบางซื่อ -รังสิต) และย่านสถานีรถไฟบางซื่อ (โครงการ NTBR) ซึ่งได้ดำเนินการออกแบบสถานีรถไฟกลางบางซื่อ และสถานีรายทาง 4 สถานี ได้แก่ สถานีบางเขน สถานีหลักสี่ สถานีดอนเมือง และสถานีรังสิต เพื่อให้บริการระบบรถไฟทางไกล และรถไฟชานเมือง

การรถไฟแห่งประเทศไทย (รฟท.) ดำเนินโครงการระบบรถไฟชานเมือง (สายสีแดง) ช่วงรังสิต - บางซื่อ - ตลิ่งชัน ตามมติคณะรัฐมนตรีเมื่อวันที่ 22 พฤษภาคม 2550 โดยให้ส่วนของบางซื่อ - ตลิ่งชัน ดำเนินการก่อสร้างงานโยธาไปก่อน และให้ส่วนของระบบไฟฟ้า อาณัติสัญญาณ และการสื่อสารของส่วนงานดังกล่าว รวมอยู่ในการประกวดราคางานในส่วนของบางซื่อ - รังสิต จึงทำให้เกิดการเชื่อมต่อระหว่างสองโครงการ

2.1.3 ระบบอาณัติสัญญาณ และการควบคุมขบวนรถ

ใช้ระบบการควบคุมขบวนรถโดยอัตโนมัติ (ATC) และระบบป้องกันขบวนรถโดยอัตโนมัติ (ATP) ระบบเหล่านี้จะเป็นการใช้อุปกรณ์ระบบบังคับสัมพันธ์ (Interlocking) แบบดิจิตอลร่วมกับเทคโนโลยีล่าสุด ในระบบการควบคุมขบวนรถ

2.1.4 ประเภทระบบขนส่งรถไฟฟ้า

นระ คมนามูล (2547) กล่าวว่า ระบบขนส่งรถไฟฟ้าแบ่งออกเป็น 2 ระบบ

2.1.4.1 ระบบขนส่งรถไฟฟ้าขนาดเบา (Light rail transit: LRT)

รถไฟฟ้าที่ขับเคลื่อนบนรางรถไฟแบบ 2 ราง ปกติวิ่งเป็นคันเดี่ยวหรือคันคู่ ทางวิ่งสร้างเป็นทางวิ่งเฉพาะแยกออกจากยานพาหนะอื่น หรือปะปนรวมกับยานพาหนะอื่นด้วยก็ได้ ขีดความสามารถในการให้บริการและการเดินรถ มีตั้งแต่แบบเดินรถบนรางตามท้องถนนปกติ ถึงแบบวิ่งบนรางทางยกระดับความเร็วสูงไม่เกิน 100 กม./ชม. จุผู้โดยสารได้ประมาณ 250 คนต่อขบวน และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขนส่งผู้โดยสารอย่างมากที่สุดได้ประมาณ 20,000 คน/ชม./ทิศทาง มักมีลักษณะส่วนใหญ่เข้าข่ายดังต่อไปนี้

1) ตัวรถมีน้ำหนักเบาประมาณคันละ 1,120-1,420 กก./ความยาว 1 ม. ความเร็วสูงสุด 100 กม./ชม.
2) ผู้โดยสารขึ้นลงโดยตรงที่ระดับผิวถนน ชานชาลาต่ำ
3) วิ่งบริการตามถนนทั่วไป (ร่วมหรือไม่ร่วมกับยานยนต์ทั่วไปก็ได้)
4) รับกระแสไฟฟ้าด้วยสาลี่หรือสายจ่ายไฟด้านบน
5) เดินรถแบบคนขับคนเดียวและเดินรถพร้อมรถพ่วงสั้น
6) เดินรถในเขตเดินทางเฉพาะ เป็นทางยกระดับหรือไม่ยกระดับ
7) การเดินรถในช่วงเวลาเร่งด่วน มีขบวนรถไม่เกิน 3 ตู้

2.1.4.2 ระบบขนส่งรถไฟฟ้าขนาดหนัก (Heavy rail transit: HRT)

ระบบขนส่งมวลชนแบบขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้าแบบ 2 ราง หรือแบบรางเดี่ยว หรือแบบขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าเชิงเส้น รถไฟฟ้าประเภทนี้ใช้บริการเฉพาะตัวเมืองเท่านั้น ทางวิ่งใช้รางคู่แยกออกจากการจราจรระบบอื่น ๆ อาจจะเป็นแบบใต้ดินหรือบนดิน หรือยกระดับเหนือดินก็ได้ มีลักษณะส่วนใหญ่ ดังต่อไปนี้

1) การบริการตามเส้นทางโดยเฉพาะ โดยมีสถานีทั้งหมดอยู่บนเส้นทาง
2) ทางวิ่งมักแยกออกจากการจราจรอื่น ๆ (ระดับพื้นดิน เหนือพื้นดิน หรือใต้ดิน)
3) ชานชาลาสูงที่สถานีสำหรับผู้โดยสารเข้าออก
4) การเดินรถเป็นขบวนแบบรถไฟ ปกติมากกว่า 3 ตู้
5) ตัวรถปกติมีความยาวมากกว่า 13.75 ม. และกว้าง 2.40 - 3.00 ม.
6) ตัวรถแต่ละตู้มีน้ำหนักประมาณ 1,120 - 1,790 กม./ความยาว 1 ม. ตัวรถกว้าง 2.40 - 3.00 ม. ความกว้างของราง 1.435 ม.
7) ให้บริการเป็นรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนสำหรับในเมือง หรือชานเมืองความเร็วสูง และมีประสิทธิภาพในการขนส่งผู้โดยสาร ได้ประมาณ 40,000 - 60,000 คน/ชม./ทิศทาง

2.1.5 ข้อกำหนดสำหรับการออกแบบสถานีรถไฟฟ้า

นระ คมนามูล (2550) กล่าวว่า การออกแบบสถานีรถไฟฟ้าให้สามารถรับปริมาณผู้โดยสารได้เพียงพอ โดยเฉพาะในเวลาชั่วโมงเร่งด่วน ปัจจัยที่ต้องนำมาพิจารณา ได้แก่ ชนิดของรถไฟฟ้า ขนาดของขบวนรถ การออกแบบภายในตัวรถ ความยาวของตัวรถ ความถี่ของการให้บริการ รวมถึง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปแบบของสถานี ความยาวและความกว้างของชานชาลา ความกว้างของบันไดและช่องทางเดิน จำนวนบันไดเลื่อนและลิฟต์ ห้องโถงจำหน่ายตั๋วและตรวจตั๋ว การออกแบบมักถือเอาปริมาณการไหลสูงสุดของผู้เดินทางในช่วง 15 นาที ซึ่งประเด็นสำคัญประกอบไปด้วย

2.1.5.1 ขีดจำกัดของการเดินรถ

ขีดจำกัดของการเดินรถอย่างหนึ่ง คือ ช่วงเวลาหยุดรถให้ผู้โดยสารขึ้น - ลง ต้องน้อยที่สุดโดยไม่ทำให้ขบวนรถที่ตามมาต้องหยุดรอ ดังนั้นการออกแบบตัวรถไฟฟ้าจึงสำคัญมาก หมายถึงการกำหนดจำนวนและตำแหน่งประตูรถมีความสำคัญ ต้องเอื้ออำนวยการเข้าออกที่รวดเร็ว ซึ่งจำนวนที่นั่งผู้โดยสารจะต้องน้อยลง อันเป็นผลเสียแก่การเดินทางระยะไกลหรือรถไฟฟ้าชานเมือง

2.1.5.2 การออกแบบพื้นที่ใช้สอย

การออกแบบสถานีมักเริ่มจากห้องโถงจำหน่ายตั๋ว ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 เขต คือเขต "พื้นที่อิสระ" นอกแนวเครื่องกั้นตรวจตั๋ว และเขต "จ่ายเงินแล้ว" ภายในเครื่องกั้น เครื่องกั้นทั้งสำหรับเข้าและออกอาจใช้แบบคนตรวจตั๋วหรือแบบอัตโนมัติก็ได้ แบบใช้คนตรวจตั๋วปกติจะเร็วกว่าแบบอัตโนมัติสองเท่า แต่มีประสิทธิภาพต่ำกว่ามาก

2.1.5.3 เครื่องกั้นควบคุมผู้โดยสาร

เครื่องกั้นควบคุมผู้โดยสารเข้า - ออกปกติมีอัตราผ่านประมาณ 25 คน/นาที หรือ 1,500 คน/ชม./ช่องควบคุมอัตโนมัติ

2.1.5.4 บันไดเลื่อน

บันไดเลื่อนมาตรฐานขณะใช้งานเต็มที่ขนส่งผู้โดยสารได้ 7,500 คน/ชม. ซึ่งเท่ากับ 5 ช่องเครื่องกั้นอัตโนมัติ

2.1.5.5 การกำหนดพื้นที่

การกำหนดขนาดพื้นที่สถานีรถไฟฟ้า ใช้ความหนาแน่นของผู้คน 1.4 คน/ตร.ม. โดยให้การเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระที่ 3.8 กม./ชม. นั่นคือ อัตราการเคลื่อนที่ 88 คน/ม./นาที สำหรับการออกแบบบันไดทั่วไป ใช้อัตรา 62 คน/นาที สำหรับทางขึ้น และ 69 คน/นาที สำหรับทางลง และสำหรับบันไดเลื่อนความเร็ว 44 ม./นาที (2.4 กม./ชม.) สามารถขนย้ายคนได้ 133 คน/นาที/ 1 บันไดเลื่อน และเมื่อความหนาแน่นสูงขึ้น อัตราการไหลของผู้คนในช่องทางต่าง ๆ จะลดลง

2.1.1.6 การระบายอากาศ

การระบายอากาศกำหนดความเร็วลม 7 ม./วินาที คือค่าสูงสุดที่ยอมรับกันสำหรับพื้นที่ส่วนใหญ่ แต่ที่นิยมปฏิบัติกันที่ 4.5 ม./วินาที โดยเฉพาะลมเย็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 การออกแบบสถาปัตยกรรม

นักวิชาการหรือสถาปนิกผู้เชี่ยวชาญได้กล่าวถึงปัจจัยที่ส่งผลต่อการออกแบบไว้มากมาย จึงนำมาอ้างอิง เนื่องจากเป็นประโยชน์ต่อการทำความเข้าใจและศึกษาในการวิจัยในครั้งนี้ ซึ่งสามารถสรุปเป็นประเด็นได้ดังนี้

2.2.1 เกณฑ์ในการพิจารณาปัจจัยในการออกแบบสถาปัตยกรรม

เฉลิม สุจริต (2540) กล่าวว่า ในการออกแบบสถาปัตยกรรม ควรมีความชำนาญในการเลือกใช้รูปทรงต่าง ๆ ให้เข้ากันได้อย่างเหมาะสมกับหน้าที่ใช้สอย มีความสวยงาม ควรมีความสามารถในการเลือกใช้วัสดุก่อสร้างได้อย่างถูกต้อง มีความเข้าใจถึงสภาพภูมิประเทศ ดินฟ้าอากาศของสถานที่ที่จะทำการก่อสร้างงานสถาปัตยกรรมนั้น ต้องมีความเข้าใจจารีตประเพณี วัฒนธรรม และลักษณะวิธีการปกครอง กฎหมาย

วิมลสิทธิ์ หรยางกูร และคณะ (2554) กล่าวว่า ในการออกแบบจะมีความเกี่ยวข้องกับจิตวิทยาที่เน้นความเข้าใจพฤติกรรมมนุษย์ และความสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์กับสภาพแวดล้อมได้กลายเป็นวิชาการพื้นฐานในการสร้างความยั่งยืนให้เกิดขึ้นในมิติต่าง ๆ สภาพแวดล้อมในที่อยู่อาศัย ในที่ทำงาน ในพื้นที่สาธารณะ เหล่านี้มีความสอดคล้องระหว่างความต้องการด้านพฤติกรรมมนุษย์กับสภาพแวดล้อมสรรค์สร้างในความสัมพันธ์ต่าง ๆ ทั้งการรับรู้ การเรียนรู้ และการใช้สอยสภาพแวดล้อม ทั้งนี้มิติการออกแบบและวางแผนในที่นี้ครอบคลุมกระบวนการทั้งหลายที่เป็นกระบวนการต่อเนื่องในการสร้างสรรค์ การวางแผนการตลาด และการบริหารจัดการที่สอดคล้องกับกระบวนการทางพฤติกรรม

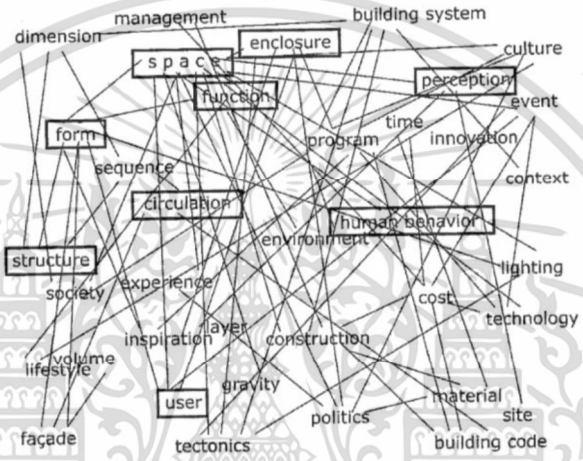
ศรีศักดิ์ พัฒนวศิน, พีรดร แก้วลาย (2560) กล่าวว่า การเกิดขึ้นของงานสถาปัตยกรรมมีความเกี่ยวข้องกับตัวแปรทางธรรมชาติ อาทิเช่น สภาพภูมิประเทศ สภาพภูมิอากาศ เป็นต้น ในขณะเดียวกัน เงื่อนไขที่สร้างขึ้นโดยมนุษย์ผู้ใช้สอยอาคาร ตั้งแต่ลักษณะสภาพสังคม วัฒนธรรม เศรษฐกิจ การเมือง และวิทยาการต่าง ๆ โยงเส้นความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบกับปัจจัยที่เกี่ยวข้อง ได้ดังภาพที่ 2.2 ซึ่งควรเข้าใจองค์ประกอบพื้นฐานทางสถาปัตยกรรมเสียก่อน ซึ่งได้แก่

1) **ที่ว่าง** ในงานสถาปัตยกรรม เป็นมิติของขนาด สามารถกำหนดขอบเขตที่ว่างในลักษณะต่าง ๆ และมีผลต่อความรู้สึก ระบบที่ว่างจึงเป็นจุดเริ่มต้นหรือหัวใจสำคัญของการเกิด “ความเป็นสถานที่”
2) **โครงสร้าง** แสดงองค์ประกอบของโครงสร้างที่มีการถ่ายน้ำหนักและเชื่อมโยงโครงสร้างของอาคารเข้าไว้ด้วยกัน เช่น องค์ประกอบของเสา คาน แผ่นพื้นอาคาร โครงสร้างของบันได หลังคา หรืออาจรวมไปถึงโครงสร้างใต้ดินเช่น เสาตอม่อ หรือ ฐานรากอาคาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) **สภาพปิดล้อม** ปัจจัยพื้นฐานตามต้องการทางร่างกายและจิตใจมนุษย์โดยตรง เป็นตัวแบ่งระหว่างภายในกับภายนอกอาคาร เป็นตัวกำหนดอาณาเขตของพื้นที่ แสดงความหมายของที่ว่างทั้งในแง่การใช้สอยทางกายภาพและในแง่ของสัญลักษณ์และสุนทรีภาพ

4) **ทางสัญจร** องค์ประกอบที่เชื่อมโยงความสัมพันธ์ของแต่ละที่ว่างเข้าไว้ด้วยกัน เป็นตัวกลางเชื่อมต่อความสัมพันธ์ของที่ว่างทางสถาปัตยกรรม หรือเรียกว่า ที่ว่างในการสัญจร (Circulation space)



ภาพที่ 2.2 แสดงปัจจัยและองค์ประกอบต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องในงานสถาปัตยกรรม

ที่มา : ศรีศักดิ์ พัฒนวศิน, พีรดร แก้วลาย (2560)

ผุสดี ทิพทัส (2536) กล่าวว่า งานสถาปัตยกรรมส่วนใหญ่จึงเป็นการผสมผสานระหว่างความต้องการของมนุษย์กับลักษณะของธรรมชาติเป็นส่วนใหญ่ ส่วนสิ่งที่จะใช้เป็นเกณฑ์หรือเป็นบรรทัดฐานในการพิจารณามีอยู่หลายประการ แยกเป็นหัวข้อได้ดังนี้

1) **สภาพแวดล้อมและดินฟ้าอากาศ** ลักษณะของธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เช่น ดินฟ้าอากาศ ภูมิประเทศ สภาพพื้นที่ ตลอดจนภัยธรรมชาติต่าง ๆ เป็นเหตุสำคัญที่ทำให้ลักษณะของสถาปัตยกรรมแตกต่างกันออกไป ซึ่งจะต้องมีการพิจารณา 4 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 กำหนดตำแหน่งที่ตั้งของอาคารลงในที่ดินที่จะทำการก่อสร้าง ส่วนที่ 2 พิจารณาสิ่งแวดล้อมข้างเคียง ส่วนที่ 3 ออกแบบรูปทรงของตัวอาคารและการจัดพื้นที่ใช้สอยภายใน และส่วนที่ 4 การเจาะช่องบนผนังอาคาร การกันแดด และการควบคุมอุณหภูมิภายใน

2) **การใช้สอย** แนวทางการออกแบบเพื่อความสะดวกสบายในการเคลื่อนไหว ติดต่อภายในพื้นที่ เกิดการใช้สอยของผู้ใช้งานอาคารอย่างราบรื่นและปลอดภัย โดยมีแนวทางการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิเคราะห์ให้เกิดพื้นที่ใช้สอยที่เหมาะสม ประกอบด้วย ประเภทอาคาร ลักษณะการใช้สอย วิถีทางดำรงชีวิตของผู้คนในพื้นที่นั้น ๆ ความต้องการเฉพาะเนื้อที่ใช้สอย พฤติกรรมผู้ใช้สอย ความปลอดภัย การติดต่อระหว่างพื้นที่ และความสะดวกในการใช้สอยเนื้อที่แต่ละส่วน

3) **วัสดุก่อสร้าง ชนิดโครงสร้าง และวิธีการก่อสร้าง** วัสดุที่ใช้เป็นส่วนโครงสร้างหลักอาคาร เช่น เสา คาน พื้น ผนัง หลังคา และอีกชนิดหนึ่งคือ วัสดุเพื่อการตกแต่งประกอบ ประดับ ซึ่งประเภทแรกนั้นเกี่ยวข้องกับการรับน้ำหนัก ความแข็งแรง คงทน เหมาะกับลักษณะของโครงสร้าง และสภาพดินฟ้าอากาศ ส่วนประเภทหลังเกี่ยวข้องกับความเหมาะสมของการใช้งาน ความงดงาม ผู้ออกแบบจึงควรศึกษาลักษณะและคุณสมบัติของวัสดุแต่ละชนิดที่จะนำมาใช้ และวิธีการก่อสร้างให้เหมาะสมกับประเภทอาคาร

4) **งบประมาณ และปัญหาทางด้านเศรษฐกิจในการก่อสร้าง** มักจะเป็นราคาค่าที่ดิน ค่าวัสดุก่อสร้าง และค่าแรงคนงานเป็นส่วนใหญ่ โดยทั่วไปสถาปนิกมีหน้าที่รับผิดชอบเฉพาะราคาค่าก่อสร้างของตัวอาคาร โดยไม่ต้องคำนึงถึงค่าที่ดิน เพราะก่อสร้างลงในที่ดินที่เป็นกรรมสิทธิ์ของเจ้าของอาคาร

5) **การแสดงลักษณะอาคาร** ถ่ายทอดหรือเชื่อมโยงคุณลักษณะที่ประกอบขึ้นเป็นงานสถาปัตยกรรมโดยใช้รูปทรง (Form) และที่ว่าง (Space) ตลอดจนบรรยากาศ (Atmosphere) ของตัวอาคาร เป็นตัวกลางที่จะสามารถสื่อความหมายได้

นวลน้อย บุญวงศ์ (2539) กล่าวว่า ปัจจัยหรือเงื่อนไขบางประการ ซึ่งเป็นเหตุผลเบื้องหลังสำหรับใช้อธิบายลักษณะที่เป็นไปของงานออกแบบ ปัจจัยดังกล่าวสามารถจำแนกได้เป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ ปัจจัยภายใน และปัจจัยภายนอกหรือสภาพแวดล้อมของงานออกแบบ

1) **ปัจจัยภายใน** องค์ประกอบต่าง ๆ ที่ก่อให้เกิดเป็นงานออกแบบ โดยการเลือกนำองค์ประกอบมาจัดเรียงให้เกิดเป็นรูปทรงใหม่ที่สามารถสนองความต้องการตามจุดประสงค์ของผู้สร้าง และสามารถผลิตได้ด้วยวัสดุและกรรมวิธีการผลิตที่มีอยู่ในขณะนั้น ปัจจัยภายในประกอบไปด้วย 3 ประการ

   - **วัสดุและกรรมวิธีการผลิต** ต้องมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับวัสดุและกรรมวิธีการผลิต เพื่อให้การคิดสร้างสรรค์งานออกแบบมีความเป็นไปได้ในการผลิต ทั้งวัสดุและกรรมวิธีการผลิตเป็นต้นทุนสำคัญในการก่อสร้าง
   - **ประโยชน์ใช้สอย (Function)** ความหมายโดยรวมของประโยชน์ใช้สอยคือหน้าที่ที่ได้รับมอบหมายซึ่งผู้ใช้มีความคาดหวังไว้ โดยปกติในงานออกแบบแต่ละชนิดนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผู้ออกแบบและสร้างขึ้นมีจุดประสงค์อย่างชัดเจนที่จะนำมาใช้ประโยชน์บางประการ อันเป็นจุดเริ่มต้นของความพยายามเพื่องานออกแบบ

- **รูปทรง** รูปทรงเกิดจากความคิด มีลักษณะเป็นนามธรรมโดยการคาดการณ์สำหรับนำไปใช้ในอนาคต จนเมื่อความคิดนี้ถูกจัดทำขึ้นโดยวิธีการจัดเรียง สับเปลี่ยนและโยกย้ายวัสดุต่าง ๆ จึงเกิดเป็นรูปทรงที่เป็นรูปธรรมขึ้น

2) **ปัจจัยภายนอก** สภาพแวดล้อมรอบตัวของงานออกแบบมีอิทธิพลในการกำหนดหรือให้ขอบเขตแก่งาน มีความเกี่ยวข้องซึ่งกันและกัน นักออกแบบจำเป็นต้องศึกษาปัจจัยแวดล้อมที่มีผลกระทบซึ่งกันและกัน เพื่อให้มันสามารถใช้งานร่วมกันกับสิ่งที่มีและเป็นอยู่เดิมได้เป็นอย่างดี แบ่งออกเป็น 4 ด้าน ดังนี้

- **การแข่งขันในตลาด** สินค้าควรมีแนวทางเฉพาะเป็นของตนเองแตกต่างจากตลาดและในขณะเดียวกันก็ตรงตามความต้องการของผู้ใช้สอย
- **ความสามารถเข้ากันได้ของระบบสากล** ทำความเข้าใจความสัมพันธ์เชื่อมโยงที่ผลิตภัณฑ์นั้น ๆ เมื่อเสียความสมดุลในจุดหนึ่งก็สร้างผลกระทบต่อจุดอื่น ๆ ไปตลอดลูกโซ่นั้น ๆ
- **การควบคุมด้านความปลอดภัย** การวางกฎระเบียบต่าง ๆ ที่จะช่วยให้การอยู่ร่วมกันมีความเป็นระเบียบเรียบร้อยและสงบสุข จำแนกเป็น 2 ลักษณะ ได้แก่ พระราชบัญญัติ และมาตรฐาน
- **การอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสภาพแวดล้อม** เนื่องจากในปัจจุบันเกิดปัญหาสภาพแวดล้อมจากการออกแบบมากมาย เช่น ภาวะเรือนกระจก ชั้นโอโซน การทำลายป่าเมืองร้อน ขยะ และการบริโภคทรัพยากรเกินความจำเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 แสดงการสรุปแนวคิดของปัจจัยที่ส่งผลต่อการออกแบบสถาปัตยกรรมจากผู้เชี่ยวชาญและนักวิชาการ

นักวิชาการ	สภาพแวดล้อม	การใช้สอย	วัสดุก่อสร้าง / วิธีการก่อสร้าง	งบประมาณ	ลักษณะอาคาร	การควบคุมด้านความปลอดภัย	ทางสัญจร	พฤติกรรมมนุษย์
1. ผุสดี ทิพทัส	/	/	/	/	/	-	-	-
2. นวลน้อย บุญวงศ์	/	/	/	/	/	/	-	-
3. วิมลสิทธิ์ หรยางกูร	/	/	-	/	-	-	-	/
4. ศรีศักดิ์ พัฒนวศิน พีรดร แก้วลาย	/	/	/	/	/	-	/	-
5. เฉลิม สุจริต	/	/	/	-	-	/	-	-

ที่มา : ผู้วิจัย

จากแนวคิดและทฤษฎีข้างต้น ในตารางที่ 2.1 ผู้วิจัยสามารถสรุปปัจจัยการออกแบบสถาปัตยกรรม ประกอบไปด้วย สภาพแวดล้อม การใช้สอย วัสดุก่อสร้าง วิธีการก่อสร้าง และงบประมาณ

2.3 ทฤษฎีสมดุลของแรงในโครงสร้าง

โครงสร้างใด ๆ ที่สามารถคงสภาพอยู่ได้โดยใช้งานได้อย่างปลอดภัยนั้น ล้วนตั้งอยู่บนพื้นฐานความสมดุลของภาระที่กระทำกับความแข็งแรงของโครงสร้าง ซึ่งเป็นความสมดุลพื้นฐานของหลักกลศาสตร์ มีความเกี่ยวข้องกับระบบสมดุลของแรงในสภาวะหยุดนิ่ง

2.3.1 สภาวะสมดุลของแรง (Static Equilibrium Condition)

ชลธี อิ่มอุดม (2554) กล่าวว่า เมื่อมีแรงหรือน้ำหนักกระทำบนโครงสร้าง แรงเหล่านั้นถูกส่งผ่านไปยังชิ้นส่วนต่าง ๆ ของโครงสร้างจนถึงฐานรองรับของโครงสร้างนั้น ที่ฐานรองรับจะมีแรงปฏิกิริยาต่อต้านกับแรงหรือน้ำหนักที่กระทำบนโครงสร้างพอดี ทำให้ โครงสร้างเกิดสมดุล ไม่ล้มเอียงหรือพังทลาย สภาวะสมดุลของแรงจึงเป็นหลักการพื้นฐานที่สำคัญที่สุดสำหรับวิเคราะห์ โครงสร้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์โครงสร้างโดยใช้สภาวะสมดุลของแรง กระทำได้โดยการเขียนสมการซึ่งอาศัยกฎของนิวตัน โครงสร้าง 2 มิติที่อยู่ในสภาวะสมดุลสามารถเขียนสมการได้ดังนี้

1) $\Sigma F_x = 0$ หมายถึง ผลรวมทางพีชคณิตของแรงในแนวนอนต้องเท่ากับศูนย์
2) $\Sigma F_y = 0$ หมายถึง ผลรวมทางพีชคณิตของแรงในแนวตั้งต้องเท่ากับศูนย์
3) $\Sigma M = 0$ หมายถึง ผลรวมทางพีชคณิตของโมเมนต์ดัดรอบแกนต้องเท่ากับศูนย์

2.3.2 แรงภายนอก แรงภายใน และโมเมนต์

โมเมนต์ คือ ผลของแรงที่กระทำต่อวัตถุเพื่อให้วัตถุหมุนไปรอบจุดหมุน ดังนั้น โมเมนต์ของแรงก็คือ ผลคูณของแรงกับระยะตั้งฉากจากแนวแรงถึงจุดหมุน

แรงภายในโมเมนต์ที่เกิดขึ้น เนื่องจากการกระทำ ของแรงภายนอก เพื่อให้เกิดความสมดุลของชิ้นส่วนโครงสร้าง โดยแบ่งเป็น 2 ประเภท ได้แก่

1) แรงและโมเมนต์เกิดขึ้นที่จุดรอยต่อทั้งหมดของชิ้นส่วนที่ประกอบเป็นชิ้นส่วนโครงสร้าง
2) แรงหรือโมเมนต์เกิดขึ้นในเส้นใย (Fiber) ชิ้นส่วนของโครงสร้าง

แรงภายนอก คือ แรงและโมเมนต์ที่กระทำแบ่งเป็น 2 ชนิด ได้แก่

1) แรงกิริยา (Action) แรงที่กระทำต่อวัตถุที่จุดจุดหนึ่ง อาจเป็นแรงเพียงแรงเดียวหรือแรงลัพธ์ของแรงย่อยก็ได้ เกิดจากน้ำหนักของโครงสร้างหรือน้ำหนักบรรทุก
2) แรงปฏิกิริยา (Reaction) แรงที่กระทำตอบโต้ต่อแรงกิริยาที่จุดเดียวกัน โดยมีขนาดเท่ากับแรงกิริยา แต่ทิศทางของแรงทั้งสองจะตรงข้ามกัน โดยแรงที่เกิดขึ้นกับชิ้นส่วนโครงสร้างชิ้นหนึ่งต่อโครงสร้างอีกชิ้นหนึ่ง โดยเฉพาะเกิดขึ้นที่รอยต่อหรือจุดรองรับ หรือเรียกอีกชื่อหนึ่งว่าแรงต้านทานตรงฐานที่รองรับ (Supporting force)

น้ำหนักบรรทุกบนโครงสร้าง ชลธี อิ่มอุดม (2554) กล่าวว่า น้ำหนักสามารถแยกตามความแตกต่างขั้นพื้นฐานได้สองแบบ และการวิจัยในครั้งนี้วิเคราะห์แรงทั้งสองรูปแบบ ประกอบด้วย น้ำหนักบรรทุกตายตัว น้ำหนักบรรทุกจร และแรงลม

1) **น้ำหนักเชิงสถิตย์ (Static Loads)** คือแรงที่กระทำโครงสร้างอย่างช้า ๆ ลักษณะสม่ำเสมอ ผลของแรงลักษณะนี้ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างอย่างช้า ๆ คงรูปสม่ำเสมอจนกระทั่งมีการเปลี่ยนแปลงมากที่สุด เมื่อแรงกระทำถึงจุดสูงสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- **น้ำหนักบรรทุกตายตัว** (Dead Loads) หมายถึง น้ำหนักของโครงสร้างหรือเป็นน้ำหนักของวัตถุใด ๆ ที่วางอยู่บนโครงสร้างอย่างถาวร โดยปกติแล้ว น้ำหนักบรรทุกคงที่จะเป็นน้ำหนักของเสา น้ำหนักคาน น้ำหนักแผ่นพื้น เป็นต้น
- **น้ำหนักบรรทุกจร** (Live Loads) หมายถึง น้ำหนักบรรทุกที่มีการเปลี่ยนแปลงทั้งขนาด (Magnitude) และตำแหน่ง (Location) ตามเวลา หรือเป็นน้ำหนักของวัตถุใด ๆ ที่วางอยู่บนโครงสร้างแบบชั่วคราว และแรงกระทำที่เกิดจากธรรมชาติ เช่น แรงลมและแรงแผ่นดินไหว เป็นต้น แบ่งออกได้ 2 ชนิด น้ำหนักบรรทุกจรแบบเคลื่อนที่ และน้ำหนักบรรทุกจรแบบไม่เคลื่อนที่

2) **น้ำหนักเชิงพลศาสตร์** (Dynamic Loads) คือน้ำหนักบรรทุกเคลื่อนที่ แรงที่กระทำอย่างรวดเร็วกับโครงสร้าง เปลี่ยนแปลงขนาดของแรงอย่างรวดเร็วตามลักษณะของแรงกระทำ

- **แรงลม (Wind Loads)** คือแรงอัดของลมกระทำในแนวนอน และแรงอัดจะเพิ่มขึ้นเท่ากับกำลังสองของความเร็วลม ดังนั้นผลของแรงลมต่ออาคารเป็นไปตามความสูงของอาคารที่เพิ่มขึ้น
- **แรงแผ่นดินไหว (Earthquake Forces)** คือการสั่นไหวของโครงสร้างในแนวนอนแบ่งออกเป็นการสั่นไหวแบบอิสระ (ไม่มีแรงภายนอก) และการสั่นเนื่องจากแรงภายนอก

ทูมา, แจน เจ (2541) ได้กล่าวว่า ระบบของน้ำหนักบรรทุกที่กระทำบนโครงสร้างทำให้เกิดผลขึ้นมา 3 ชนิด คือ แรงปฏิกิริยา (Reactions), ความเค้น (Stresses) และการเสียรูป (Deformed) ปริมาณทั้งสามนี้เป็นผลมาจากน้ำหนักบรรทุก (ขนาด, ตำแหน่งที่เกิด, ทิศทาง) และโครงสร้าง

แรงต้านทานภายในเนื้อวัสดุ คือ แรงต้านทานภายใน (Resistance force) แบ่งเป็น 5 ชนิด ดังนี้

1) แรงดึง (Tension) ต้านความพยายามที่จะทำให้วัสดุนั้นแผ่ ยืดออก ยาวออก หรือ ขาดจากกัน
2) แรงอัด (Compression) ต้านความพยายามที่จะทำให้วัสดุหดสั้นเข้า บีบเข้า
3) แรงเฉือน (Shear) กระทำกับวัสดุในแนวสัมผัสกับพื้นผิวที่รับแรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) แรงดัด (Bending) เมื่อโครงสร้างรับแรงดัดแล้วผิวบนจากแกนสะเทิน (Neutral axis) ขึ้นไปรับแรงอัด และผิวล่างของแกนสะเทินรับแรงดึงหรือบางกรณีเกิดกลับ

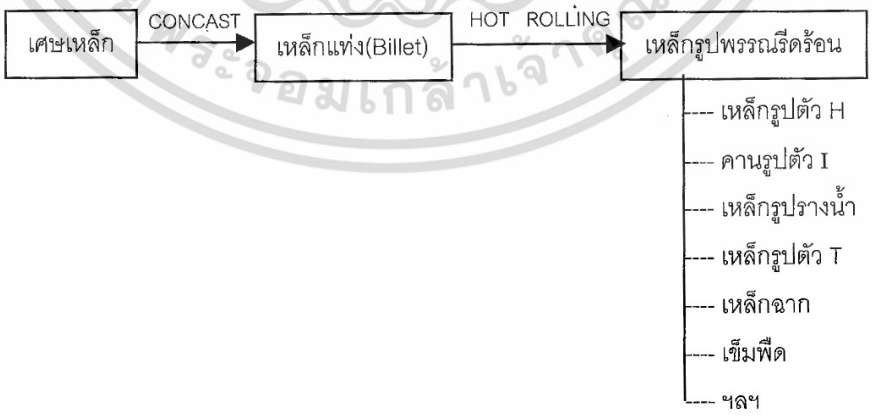
โดยทั่วไปเมื่อวัสดุแข็งเกร็งอยู่ในภาวะสมดุลลักษณะของแรงกิริยา และแรงปฏิกิริยาทั้งหมดที่กระทำต่อวัสดุ จะต้องอยู่ในสภาวะสมดุล

2.4 อุตสาหกรรมเหล็กโครงสร้างรูปพรรณ

2.4.1 เหล็กรูปพรรณในโครงสร้าง

จรัญพัฒน์ ภูวนันท์ (2545) กล่าวว่าเหล็กโครงสร้างรูปพรรณในประเทศไทยแบ่งตามกรรมวิธีการผลิตได้เป็น 3 ประเภท คือ เหล็กโครงสร้างรูปพรรณรีดร้อน (Hot Rolled Structural Sheet) เหล็กโครงสร้างรูปพรรณรีดเย็น (Cold Rolled) หรือขึ้นรูปเย็น (Cold Forming) และเหล็กโครงสร้างรูปพรรณเชื่อมประกอบ (Welded Beam – ได้จากการนำเอาเหล็กแผ่นรีดร้อนที่มีความหนาตามต้องการมาเชื่อมประกอบกันเป็นรูปตัดต่าง ๆ มักใช้แทน I-Beam หรือ H - Beam เหมาะกับการผลิตจำนวนน้อยๆ หรือที่ออกแบบมาไว้ใช้เฉพาะโครงการ มักใช้ในโครงการก่อสร้างสาธารณูปโภค เช่น ทางยกระดับ สถานีรถไฟฟ้า ฯลฯ)

เหล็กโครงสร้างรูปพรรณรีดร้อน เกิดจากการนำเหล็กกล้าที่มีรูปทรงเป็นแท่งมารีดร้อน ลดขนาดด้วยแท่นรีดขนาดใหญ่ที่อุณหภูมิประมาณ 1,100-1,250 องศาเซลเซียส เมื่อเหล็กมีขนาดลดลงตามต้องการแล้ว จึงทำให้เย็นลงโดยการผ่านน้ำหล่อเย็น แล้วเข้าสู่เครื่องม้วนเพื่อม้วนให้เป็นวง เรียกว่า “เหล็กแผ่นรีดร้อนชนิดม้วน”



ภาพที่ 2.3 แสดงแผนภาพกระบวนการผลิตเหล็กรูปพรรณรีดร้อน

ที่มา : จรัญพัฒน์ ภูวนันท์ (2545)

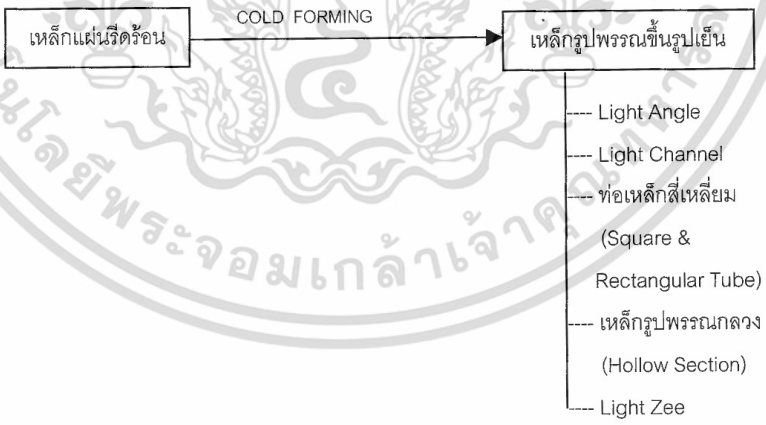
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 แสดงรูปตัดของเหล็กโครงสร้างรูปพรรณขึ้นรูปร้อน (มอก. 1227-2539 ประกาศมาตรฐานบังคับตั้งแต่ 10 พ.ค. 2541)

แบบ		รูปภาคตัด
เหล็กฉาก (Angle Steel)	ขาเท่ากัน (Equal Leg)	
	ขาไม่เท่ากัน (Unequal Leg)	
เหล็กรูปรางน้ำ (Channel Steel)		
เหล็กรูปตัวเอช (H – section Steel)		
เหล็กรูปตัวไอ (I – section Steel)		
เหล็กรูปตัวที (T – section Steel)		

ที่มา : จรัญพัฒน์ ภูวนันท์ (2545)

เหล็กโครงสร้างรูปพรรณรีดเย็น เหล็กม้วนสีเทาขาว ที่เกิดขึ้นจากนำเหล็กม้วนมาผ่านกระบวนการรีดเย็น แล้วนำมารีดลดความหนาที่อุณหภูมิปกติ โดยเรียกกันว่า เหล็กขาว



ภาพที่ 2.4 แสดงแผนภาพกระบวนการผลิตเหล็กรูปพรรณรีดเย็น

ที่มา : จรัญพัฒน์ ภูวนันท์ (2545)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

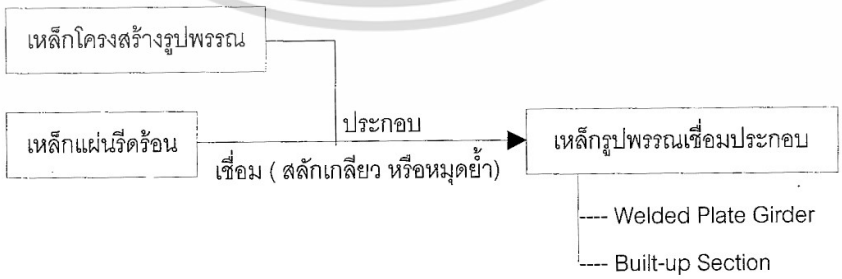
ตารางที่ 2.3 แสดงรูปตัดของเหล็กโครงสร้างรูปพรรณขึ้นรูปเย็น (มอก. 1228-2537 ประกาศมาตรฐานบังคับตั้งแต่ 7 ธ.ค. 2540)

แบบ		รูปภาคตัด
เหล็กฉาก (Light Angle Steel)	ขาเท่ากัน (Equal Leg)	
	ขาไม่เท่ากัน (Unequal Leg)	
เหล็กรูปรางน้ำ (Light Channel Steel)		
เหล็กรูปตัวซี (Lip Channel Steel)		
เหล็กรูปตัวแซ็ด (Light Z Steel)		
เหล็กรูปตัวแซ็ดมีขอบ (Lip A Steel)		
เหล็กรูปหมวก (Hat Steel)		

ที่มา : จรัญพัฒน์ ภูวนันท์ (2545)

2.4.2 วิธีการยึดต่อด้วยตัวยึดและการเชื่อม

สุจริต คูณธนกุลวงศ์ และทักษิน เทพชาตรี (2553) กล่าวว่า โครงสร้างเหล็กประกอบขึ้นจากการนำองค์อาคารเหล็กแต่ละส่วนมายึดต่อกัน บริเวณที่มีการยึดต่อนี้เรียกว่า รอยต่อ (Connection) ซึ่งจะต้องมีความแข็งแรงเพียงพอ เพื่อให้เกิดการถ่ายแรงในระหว่างองค์อาคารที่นำมายึดต่อกันได้อย่างปลอดภัย ดังนั้น การออกแบบรอยต่อดังกล่าว ตลอดจนวิธีการยึดต่อองค์อาคารจึงมีความสำคัญไม่น้อยไปกว่าการออกแบบองค์อาคารแต่ละประเภท เช่น คาน และ เสา เป็นต้น



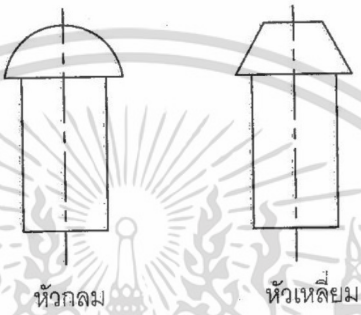
ภาพที่ 2.5 แสดงแผนภาพกระบวนการเชื่อมประกอบเหล็กรูปพรรณ

ที่มา : จรัญพัฒน์ ภูวนันท์ (2545)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2.1 ตัวยึด (Fasteners)

หมุดย้ำโดยทั่วไปมีลักษณะประกอบด้วยส่วนหัว (head) และส่วนตัว (body) ส่วนหัวมีทั้งแบบหัวกลมและหัวเหลี่ยม ดังแสดงในภาพที่ 2.6 ส่วนตัวจะมีรูปร่างกลมและสามารถตัดได้ตามความยาวที่ต้องการ ทำจากเหล็กที่มีคุณสมบัติตามมาตรฐาน ASTM A502 ซึ่งมี 2 เกรด ได้แก่ ชนิด A502-1 ซึ่งเป็นเหล็กคาร์บอนใช้ในงานทั่วไป และชนิด A502-2 มีแมงกานีสผสม และจัดเป็นเหล็กประเภทกำลังสูง

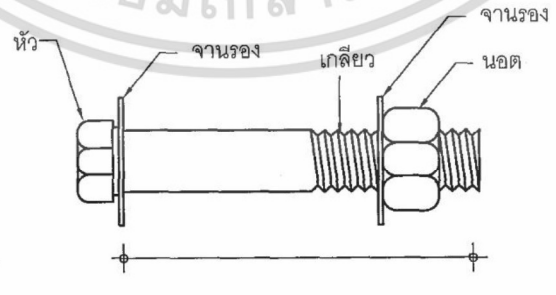


ภาพที่ 2.6 แสดงการเชื่อมประกอบเหล็กรูปพรรณ

ที่มา : สุจริต คูณธนกุลวงศ์ และทักษิณ เทพชาตรี (2553)

2.4.2.2 สลักเกลียว (Bolts)

ใช้สลักเกลียวเป็นอีกวิธีหนึ่งที่ใช้ในการต่อองค์อาคารเหล็ก โดยการใส่สลักเกลียวผ่านรูเจาะเตรียมไว้ก่อนล่วงหน้า ขนาดรูเจาะระบุมาตรฐานขึ้นอยู่กับขนาดของสลักเกลียว มาตรฐาน AISC ได้ กำหนดให้ความกว้างของรูเจาะมีค่าเท่ากับขนาดรูเจาะระบุ +2 มม. ปลายข้างหนึ่งของสลักเกลียวมีส่วนหัว (Head) ซึ่งมีขนาดใหญ่กว่ารูที่เจาะและมีรูปร่างเป็นหกเหลี่ยม ส่วนปลายอีกข้างหนึ่งจะทำเกลียวเพื่อขันด้วยน็อต ดังภาพที่ 2.7



ภาพที่ 2.7 แสดงการเชื่อมประกอบเหล็กรูปพรรณ

ที่มา : สุจริต คูณธนกุลวงศ์ และทักษิน เทพชาตรี (2553)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2.3 การเชื่อม (Welding)

ทักษิน เทพชาตรี และอัครวัชร เล่นวารี (2553) กล่าวว่า การเชื่อมได้รับความนิยมมากในการต่อองค์อาคารเหล็กเข้าด้วยกัน การต่อโดยการเชื่อมนี้เป็นวิธีการต่อแผ่นโลหะให้ติดกันโดยใช้ความร้อนเผาโลหะตรงบริเวณรอยต่อให้ละลาย ขณะเดียวกันให้ใช้ลวดเชื่อมหลอมติดแผ่นโลหะนั้นเข้าด้วย วิธีการเชื่อมด้วยลวดเชื่อมที่นิยมกันทั่วไปมีอยู่ 3 วิธี ได้แก่

1) การเชื่อมแบบแท่ง (Shielded metal arc welding, SMAW)

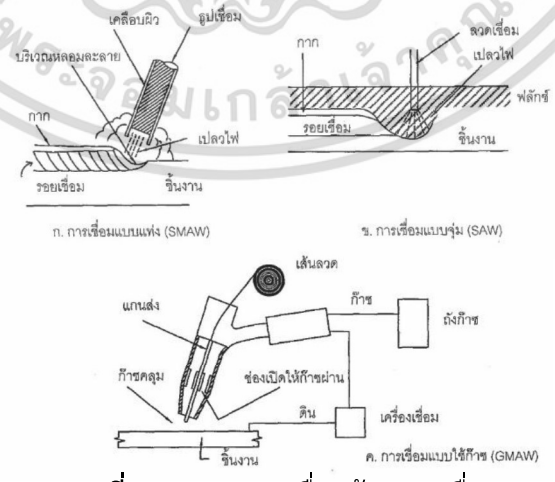
การเชื่อมแบบแท่ง (SMAW) ดูภาพที่ 2.7 ก. จะเป็นลักษณะการเชื่อมด้วยมือโดยใช้ธูปเชื่อม ซึ่งประกอบด้วยแกนลวดหุ้มด้วยฟลักซ์ (Flux) ความร้อนที่ปลายธูปจะทำให้ลวดและฟลักซ์หลอมละลาย ตัวลวดจะทำหน้าที่เป็นตัวประสานให้งานเชื่อมติดกัน ส่วนฟลักซ์จะเปลี่ยนเป็นก๊าซที่ครอบคลุมบริเวณเปลี่ยนเป็นกาก (slag) เกาะติดกับผิวรอยเชื่อม ซึ่งสามารถเคาะออกได้โดยง่าย การเชื่อมต้องมีการเปลี่ยนธูปเชื่อมเป็นช่วง ๆ ทำให้รอยเชื่อมเกิดความไม่สม่ำเสมอได้ แต่เป็นวิธีการเชื่อมที่สะดวกมักจะใช้ในงานสนามทั่วไป

2) การเชื่อมแบบจุ่ม (Submerged arc welding, SAW)

เป็นลักษณะการเชื่อมแบบอัตโนมัติโดยฟลักซ์จะถูกกองไว้ในบริเวณที่จะเชื่อมก่อนปลายลวดเชื่อมจะจุ่มอยู่ในฟลักซ์ ลวดเชื่อมจะถูกจ่ายออกมาอย่างต่อเนื่องในระหว่างการเชื่อม ทำให้สามารถเชื่อมได้อย่างรวดเร็ว และควบคุมคุณภาพของรอยเชื่อมได้ดี นิยมใช้ในโรงงาน

3) การเชื่อมแบบใช้ก๊าซ (Gas metal arc welding, GMAW)

แทนการใช้ฟลักซ์ เส้นลวดเชื่อมจะถูกส่งจากขดลวดไปยังท่อเชื่อมทำให้สามารถทำการเชื่อมได้อย่างต่อเนื่อง ส่วนมากมักจะใช้กับการเชื่อมในโรงงาน เพราะในโรงงานสามารถควบคุมลมไม่ให้รบกวนก๊าซที่คลุมบริเวณรอยเชื่อมได้ดี



ภาพที่ 2.8 แสดงการเชื่อมด้วยลวดเชื่อม

ที่มา : สุจริต คูณธนกุลวงศ์ และทักษิน เทพชาตรี (2553)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.4 เปรียบเทียบข้อได้เปรียบและข้อเสียเปรียบของวิธีการยึดต่อเหล็ก

	ข้อได้เปรียบ	ข้อเสียเปรียบ
ใช้หมุดย้ำ	1. สามารถต้านทานแรงไดนามิกส์หรือสั่นสะเทือนได้ดีกว่าการใช้สลักเกลียวปกติ 2. ให้ความประณีตเรียบร้อยกว่าการใช้สลักเกลียวและมั่นคงแข็งแรง	1. ต้องใช้อุปกรณ์ เครื่องมือ และวิธีที่ติดตั้งที่ยุ่งยากกว่า เช่นต้องเผาไฟให้ร้อน 2. ถอดหรือถอนนาย เพื่อการประกอบใหม่ได้ยากกว่าสลักเกลียว 3. เหมาะกับงานโครงสร้างใหญ่ ๆ ที่ต้องการความแข็งแรงมาก ๆ และไม่ต้องการความประณีดทางสถาปัตยกรรมมากนัก
ใช้สลักเกลียว	1. เหมาะสำหรับงานที่ต้องรื้อถอนไปประกอบใหม่หรืองานโครงสร้างสำเร็จรูป 2. ติดตั้งได้ง่าย ต้องการเพียงสว่านหรือเครื่องมือเจาะรูและประแจปากตายขันเกลียวก็สามารถประกอบได้โดยไม่จำเป็นต้องมีไฟฟ้า 3. มีสลักเกลียว แหวนรอง หรือตัวขันเกลียวหลายชนิดให้เลือกได้ตามความแข็งแรง หรือความเหมาะสมของงานให้ความรู้สึกมั่นคงแข็งแรง	1. ความแข็งแรงปกติจะน้อยกว่าหมุดยำ การเชื่อมยกเว้นใช้สลักเกลียวชนิดพิเศษซึ่งมีราคาแพงขึ้น 2. ถ้ามีการสั่นสะเทือนของโครงสร้างอาจเกิดการคลายเกลียวได้ ยกเว้นใช้สลักเกลียวชนิดพิเศษ 3. เมื่อเจาะเข้าที่แล้วแก้ไขดัดแปลงได้ยาก ต้องการความแม่นยำสูง 4. อุปกรณ์ที่ใช้ยึดหรือประกอบรอยต่อจะมีส่วนยื่นออกมาเกะกะ และดูไม่เรียบร้อยสวยงาม จึงอาจไม่เหมาะสมกับงานที่ต้องการความประณีตสูง
	ข้อได้เปรียบ	**ข้อเสียเปรียบ**
การเชื่อม	1. เป็นรอยต่อแบบยึดแน่น และมีความแข็งแรงสูง 2. เป็นรอยต่อที่ประกอบได้ง่าย ไม่ต้องเจาะรูและไม่ต้องใช้แผ่นเหล็ก อุปกรณ์หรือตัวต่อพิเศษอื่น ๆ ประกอบก็ได้ทำให้ประหยัดวัสดุและราคาก่อสร้าง 3. เป็นรอยต่อที่เรียบง่าย (Simplicity) ไม่มีอุปกรณ์ยึดหรือแผ่นเหล็กเกะกะ ทำให้สะดวกในการติดตั้งชิ้นส่วนประกอบอาคารเช่น พื้น ผนัง ฝ้าเพดานรวมทั้งให้ความสะดวกในการเดินท่อภายในอาคารด้วย 4. เป็นรอยต่อที่ให้ความประณีตทางสถาปัตยกรรม 5. สามารถทำการเชื่อมรอยต่อได้ ถึงแม้ว่ารอยต่อจะเป็นซอกมุมหรือที่แคบ ๆ ถ้าสามารถมองเห็นและให้ธูปเชื่อมเข้าไปถึงได้	1. เป็นรอยต่อถาวร ไม่สามารถถอดออกหรือนำไปประกอบใหม่ได้จึงต้องตัดรอยต่อ หรือโครงสร้างบางส่วนออก 2. ต้องใช้ไฟฟ้าในการเชื่อม ถ้าไม่มีไฟฟ้าใช้ต้องจัดหาเครื่องกำเนิดไฟฟ้า อาจมีอันตรายจากไฟฟ้าช็อต และไฟไหม้ได้ 3. มีแสงและควันรบกวนในระหว่างการเชื่อม และเปลวไฟหรือประกายไฟอาจเป็นต้นเหตุเพลิงไหม้ได้ง่าย 4. รอยเชื่อมอาจเป็นจุดอ่อนให้เกิดสนิมได้ง่าย เพราะสารที่เคลือบผิวถูกความร้อนทำลายในระหว่างการเชื่อม 5. การตรวจสอบและการควบคุมงานเชื่อมให้ได้มาตรฐานในสถานที่ก่อสร้าง ทำได้ก่อนข้างยาก

ที่มา : จรัญพัฒน์ ภูวนันท์ (2545)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.3 มาตรฐานและข้อกำหนดโครงสร้างเหล็กรูปพรรณ

2.4.3.1 มาตรฐานโครงสร้างเหล็กรูปพรรณ

จรัญพัฒน์ ภูวนันท์ (2542) กล่าวว่า ในอดีตประเทศไทยนำเข้าเหล็กในอุตสาหกรรมจากหลายประเทศ เช่น ทวีปยุโรป อเมริกา ญี่ปุ่น ส่งผลให้การระบุขนาดหน้าตัดเหล็ก มาตรฐานเหล็ก การออกแบบเขียนแบบโครงสร้างเหล็ก อ้างอิงตามแหล่งผลิตประเทศอุตสาหกรรมที่แตกต่างกัน ซึ่งขึ้นอยู่กับประสบการณ์ทำงาน และความคุ้นเคยของผู้ออกแบบ แต่ละพื้นที่ใช้มาตรฐานต่างกัน ทำให้เกิดความสับสนในการใช้งานนั้นเอง

การออกแบบและเขียนแบบก่อสร้างจึงควรใช้มาตรฐานผลิตภัณฑ์เหล็กที่สามารถจัดซื้อหรือจัดหาได้โดยสะดวก เพื่อความประหยัด และเทียบเคียงกับมาตรฐานอื่น ๆ ไว้ในรายการประกอบแบบ เพื่อให้สามารถนำเหล็กจากแหล่งอื่นมาใช้ทดแทนได้

มาตรฐานที่มักใช้อ้างอิงในผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเหล็กของไทย ได้แก่

- JIS Japan Industrial Standards
- ASTM American Society of Testing Materials
- BS British Standards
- DIN Deutsch Industrial Norms
- ISO International Organization for Standardization
- TIS หรือ มอก. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม

2.4.3.2 ข้อกำหนด

จรัญพัฒน์ ภูวนันท์ (2542) กล่าวว่า ข้อกำหนดที่ใช้ในการออกแบบโครงสร้าง คือ กฎเกณฑ์ต่าง ๆ ที่ทำให้การออกแบบปลอดภัย ข้อกำหนดเหล่านี้ถูกรวบรวมขึ้นโดยกลุ่มของวิศวกรที่มีประสบการณ์สูง ข้อกำหนดมีความหมายที่ต่างไปจาก "ข้อบัญญัติ" (Code) กล่าวคือ ข้อกำหนดเป็นเพียงข้อแนะนำโดยผู้ชำนาญการเพื่อให้แน่ใจว่า การออกแบบนั้นดำเนินไปอย่างถูกต้อง เกิดความปลอดภัยและประหยัด แต่ข้อบัญญัติเป็นข้อบังคับที่ต้องทำตาม และมักถูกกำหนดขึ้นโดยหน่วยงานของรัฐที่เกี่ยวข้องกับการก่อสร้าง

ตัวอย่างของสมาคม สถาบัน และหน่วยงานต่าง ๆ ที่ได้กำหนดกฎเกณฑ์ต่าง ๆ สำหรับใช้ในการออกแบบโครงสร้าง โดยกฎเกณฑ์ที่เกี่ยวข้องกับโครงสร้างเหล็ก ได้แก่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน่วยงานภายในประเทศ :

- เทศบัญญัติกรุงเทพมหานคร
- สมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย (ว.ส.ท.)
- กรมโยธาธิการ

หน่วยงานต่างประเทศ :

- AISC American Institute of Steel Construction
- AES America Welding Society

2.5 ประเภทของโครงสร้างเหล็กรูปพรรณ

โครงสร้างที่ใช้ในการก่อสร้างมีหลากหลายประเภท แต่ละประเภทส่งผลต่อพฤติกรรมการรับแรงที่แตกต่างกัน จึงทำการสรุปประเภทของโครงสร้าง เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการวิเคราะห์วิจัยในครั้งนี้

จรัญพัฒน์ ภูวนันท์ (2542) กล่าวว่า ประเภทของโครงสร้างเหล็กที่นำมาใช้ในการก่อสร้าง จำแนก 4 ประเภท

2.5.1 โครงสร้างเหล็กเบา

เป็นโครงสร้างระบบเดียวกับโครงสร้างไม้ (Balloon Frame) โครงสร้างระบบนี้ใช้โครงคร่าวผนัง (Stud) รับน้ำหนักพื้นและหลังคา โครงเหล็กน้ำหนักเบาประกอบขึ้นจากไลท์เกจ (Light gage steel) หรือเหล็กขึ้นรูปเย็น (Cold-formed steel section) ซึ่งมีรูปตัดเป็นรูปตัวซี หรือมีรูปตัดเฉพาะเป็นโครงคร่าวผนัง โครงสร้างพื้น และโครงหลังคา ในบางประเทศนิยมใช้แทนการก่อสร้างด้วยไม้ โครงสร้างที่มีขนาดเบาประหยัดฐานราก ช่วงพาดปกติของตงเหล็ก หรือโครงสร้างหลังคาสำหรับอาคารพักอาศัยประมาณ 2.50 - 6.00 ม.

2.5.2 โครงเหล็กระบบเสาคาน (Skeleton Steel Frame)

ประกอบขึ้นจากเสาและคานเหล็ก เป็นโครงสร้างที่นิยมกันทั่วไป เหมาะกับอาคารทุกประเภท เช่น อาคารสำนักงาน ศูนย์การค้า โรงงาน สามารถนำมาใช้งานกับอาคารหลาย ๆ ชั้น มักไม่นิยมใช้กับอาคารพักอาศัยเนื่องจากราคาแพง เสาและคานมักออกแบบโดยใช้เหล็กโครงสร้างรูปพรรณที่มีขายในท้องตลาด ซึ่งมีรูปตัดมาตรฐาน เช่นเหล็กปีกกว้าง คานรูปตัวไอ และเหล็กรูปรางน้ำ ระยะห่างของเสา หรือช่วงพาดของคานปกติ 6.00 - 12.00 ม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.3 โครงถักเหล็กหรือโครงข้อหมุน (Steel Truss)

โครงถัก (Trusses) แบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ

1) โครงถักระนาบเดียว (Linear trusses หรือ Simple trusses)

ใช้กับช่วงพาดปกติ 7.50 - 60.00 ม. แบ่งออกได้หลายชนิด ใช้ได้ทั้งอาคารขนาดเล็ก และขนาดใหญ่ เป็นโครงถักที่นิยมกันทั่วไป

2) โครงถักสามมิติ (Space trusses หรือ Double layer trusses)

เหมาะที่จะใช้พาดช่วงหรือคลุมเนื้อที่กว้างมาก ๆ (ประมาณ 24.00 - 200.00 ม.) แบ่งออกได้เป็นอีกหลายชนิด ควรใช้กับอาคารขนาดใหญ่ หรือคลุมเนื้อที่มากเป็นพิเศษ เช่น ศูนย์ประชุม หรืออาคารแสดงสินค้า

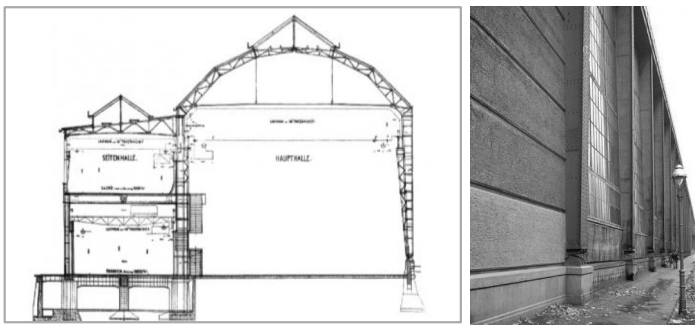
2.5.4 โครงข้อแข็ง (Rigid or Portal frame)

ในปี ค.ศ.1906 ได้มีอาคารต้นแบบที่ใช้โครงสร้าง Portal Frame ในการออกแบบมากมาย Auguste Perret ได้ออกแบบอาคารจอดรถ Ponthieu Garage, Paris

ภาพที่ 2.9 แสดง Fixed Base Portal Frame โครงสร้างภายในอาคาร Ponthieu Garage
ที่มา : ออนไลน์ https://paris-promeneurs.com/le-garage-ponthieu-demoli/

ในปี ค.ศ.1909 โรงงาน AEG Turbine Factory, Berlin เป็นอาคารที่ใช้จุดต่อ Hinge 3 จุด (Three Hinge Portal Frame) ออกแบบโดย Peter Behrens, Karl Bernhard และ Walter Gropius

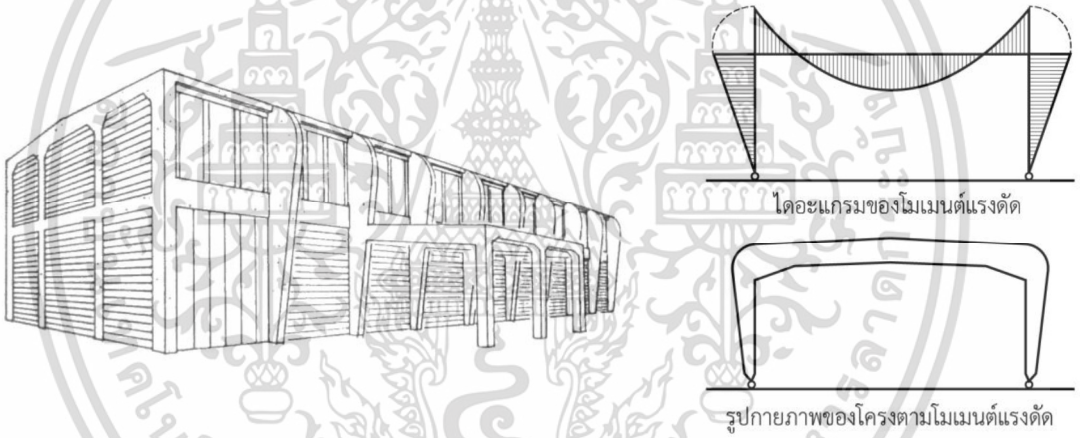
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.10 แสดงรูปตัด และฐานเสาอาคาร AEG Turbine Factory

ที่มา : ออนไลน์ https://www.metalocus.es/en/news/aeg-turbine-factory-milestone-industrialization-peter-behrens

และในปี ค.ศ.1910 Balduin Foundry, Kattowitz ได้ออกแบบอาคารที่ใช้จุดต่อ Hinge 2 จุด (Two Hinge Portal Frame)

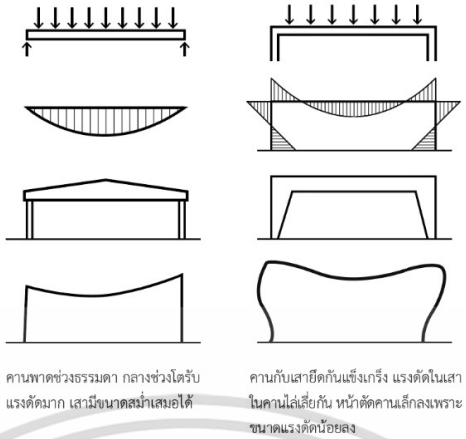


ภาพที่ 2.11 แสดงอาคาร Balduin Foundry

ที่มา : ชวลิต นิตยะ (2548)

เฉลิม สุจริต (2516) กล่าวว่า โครงสร้างที่มีหน้าลึกมาก หรือมีมุมลาด (Pitch) สูงมาก ทำให้ปริมาตรของอาคารที่ใช้สอยใต้หลังคาเปล่าประโยชน์ ใช้เนื้อที่ไม่ได้เพราะเกะกะตัวโครงค้ำยันต่าง ๆ ในตัวคาน เพราะยิ่งช่วงกว้างมาก ขนาดหน้าตัดตัวประกอบต่าง ๆ ก็มีขนาดโตตามส่วนเพื่อให้รับแรงได้เพียงพอ และยิ่งเกิดปัญหาการแอ่นตัวมากขึ้น น้ำหนักตายตัว (Dead load) มากขึ้น จึงมีการใช้โครงแข็งเกร็ง (Rigid frame) เพื่อแก้ปัญหานี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.12 แสดงการเปรียบเทียบขนาดคานเมื่อขนาดช่วงเท่ากัน ใช้คานธรรมดา-คานแข็งแกร่งกับเสา
ที่มา : ดัดแปลงจาก เฉลิม สุจริต (2516)

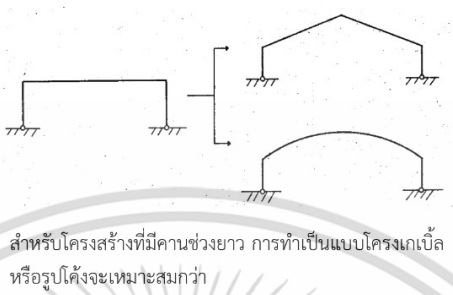
จะเห็นว่าแรงดัดในคานโครงกรอบ (Portal frame) ถ่ายจากรอยต่อเกร็งตัวนั้นไปให้เสา ซึ่งเสาจะต้านแรงดัดนี้ ในทางตรงกันข้ามกับที่ปลายคานต่อปลายเสา และจะช่วยลดแรงดัดตรงกลางความยาวของคาน ดูจากธรรมชาติของการแอ่นตัวเมื่อบรรทุกน้ำหนักเสารับคานธรรมดา เสาจะไม่รับแรงดัดเลย หรือรับก็น้อยมากและคานมีการแอ่นตัวรูปธรรมดา แต่ในโครงแข็งแกร่งรูปการแอ่นตัวแตกต่างเปลี่ยนแปลงไปจากธรรมดา จะมีแรงดัดมากตรงรอยต่อหักมุมที่แข็งเกร็ง

สุจริต คูณธนกุลวงศ์ และทักษิน เทพชาตรี (2530) กล่าวว่า การออกแบบโครงข้อแข็งต้องคำนึงสิ่งต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1) การเลือกรูปร่าง (ช่วงห่างเสา, ความสูงระหว่างชั้น, รูปร่างของหลังคาเป็นต้น)
2) การเลือกวิธีการทำหลังคา (วัสดุที่ใช้ทำหลังคา, การวางตำแหน่งแป เป็นต้น)
3) การเลือกวิธีการจัดโครงพื้น
4) การพิจารณาน้ำหนักบรรทุกในการออกแบบ
5) การพิจารณาระยะห่างระหว่างโครงข้อแข็ง
6) การเลือกชนิดของฐานราก (แบบยึดแน่นหรือแบบหมุนได้)
7) การเลือกชนิดขององค์อาคารและรอยต่อ (ชนิดของรูปร่างเหล็ก, การใช้สลักเกลียวกำลังสูง หรือวิธีอื่น)
8) ข้อกำหนดสำหรับการเสริมกำลังต้านการโค้งงอด้านข้าง และการโค้งงอเฉพาะที่ขององค์อาคาร
9) การตรวจสอบหน่วยแรงรอง เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ
10) การออกแบบฐานราก

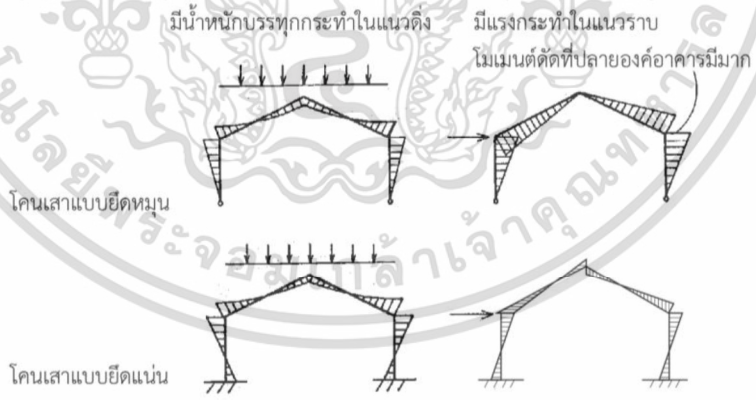
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปร่างของโครงสร้างจะถูกกำหนดโดยข้อกำหนดของการออกแบบ เช่น ชนิดของวัสดุมุงหลังคา ถ้าช่วงคานยาวมาก ความลึกของคานจะมาก จำเป็นต้องออกแบบโครงข้อแข็งแบบสี่เหลี่ยมโดยใช้คานเอวตัน ซึ่งจะประหยัดกว่าการทำเป็นคานแบบโครงข้อหมุนหรือทำเป็นโครงข้อแข็งรูปจั่ว ซึ่งคานจะโค้งที่กลางคานหรือทำเป็นโครงข้อแข็งแบบโค้ง (Arch-type) ดังภาพที่ 2.13



ภาพที่ 2.13 แสดงโครงข้อแข็งที่มีช่วงคานยาว
ที่มา : สุจริต คูณธนกุลวงศ์ และทักษิน เทพชาตรี (2530)

น้ำหนักบรรทุกคงที่ (Dead load) ของอาคารชั้นเดียวมีน้อย ดังนั้นหน้าตัดขององค์อาคารจะขึ้นอยู่กับหน่วยแรง เนื่องจากแรงลมโดยเฉพาะกับอาคารชั้นเดียวที่มีความสูงมาก น้ำหนักขององค์อาคารที่มีน้อยนี้ ทำให้ฐานรากมีขนาดเล็กลงซึ่งทำให้ประหยัด แต่ต้องการความรอบคอบในการออกแบบฐานเสา ภาพที่ 2.14 แสดงความแตกต่างของการกระจายค่าโมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นเมื่อฐานเสาเป็นแบบยึดแน่น (fixed) และแบบยึดหมุน (pin-jointed)



ภาพที่ 2.14 แสดงความแตกต่างของการกระจายโมเมนต์ดัดในการยึดโคนเสาแต่ละแบบ
ที่มา : สุจริต คูณธนกุลวงศ์ และทักษิณ เทพชาตรี (2530)

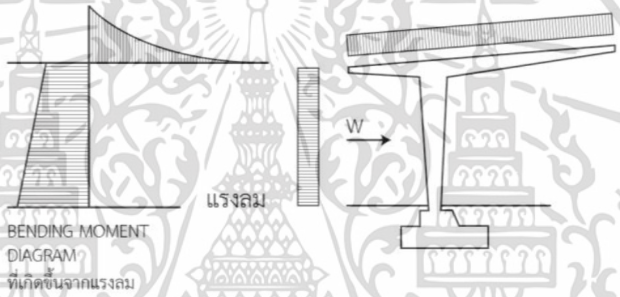
จรัญพัฒน์ ภูวนันท์ (2542) กล่าวว่า เป็นโครงสร้างที่ออกแบบให้เสาและคาน โครงสร้างหลังคา มีรอยต่อยึดติดกันแน่นเสมือนเป็นเนื้อเดียวกัน เพื่อทำหน้าที่รับแรงร่วมกัน ทำให้สามารถลดโมเมนต์ดัดในเสามากขึ้นด้วยเป็นโครงสร้างที่พาดช่วงได้กว้างมากขึ้นกว่าระบบโครงสร้างเสาและคาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปกติ มักใช้กับอาคารชั้นเดียวที่มีช่วงเสากว้าง 12.00 - 45.00 เมตร และมีความสูงมาก เช่น ห้องประชุม โบสถ์ โกดัง และโรงงาน โครงสร้างส่วนหลังคา และเสาจะต่อเนื่องเป็น โครงสร้างชิ้นเดียวกัน เพื่อทำหน้าที่รับแรงร่วมกันโครงข้อแข็งมักประกอบขึ้นจากเหล็กรูปพรรณปีกกว้าง คานรูปตัวไอ และเหล็กรูปตัดประกอบ อาจมีรูปตัดกล่อง (Box section) หรือเป็นแผ่นเหล็กเชื่อมประกอบ

โครงสร้างรูปแบบสุดท้ายเป็นโครงสร้างเหล็กรูปพรรณเพิ่มเติมนอกเหนือจาก 4 ประเภทที่ได้กล่าวไปข้างต้น และเป็นโครงสร้างอีกหนึ่งรูปแบบที่ปรากฏในกรณีตัวอย่าง คือ โครงเสารูปตัวที

ชวลิต นิตยะ (2548) กล่าวว่า โครงเสารูปตัวที มักจะใช้กับโครงสร้างหลังคา เมื่อขารองรับเป็นแบบยึดหมุน (Hinge) จะไม่สามารถตั้งได้ โครงสร้างจะหมุนล้มลง โดยแนะนำให้ออกแบบเพิ่มความหนาฐาน และให้เป็นแบบยึดแน่น (Fixed) เพื่อไม่ให้ฐานขยับ จึงจะสามารถใช้โครงสร้างรูปแบบนี้ได้อย่างแข็งแรง และปลอดภัย



ภาพที่ 2.15 แสดงโมเมนต์ดัดของโครงเสารูปตัวที

ที่มา : ชวลิต นิตยะ (2548)

2.6 รอยต่อหรือจุดต่อของโครงสร้าง

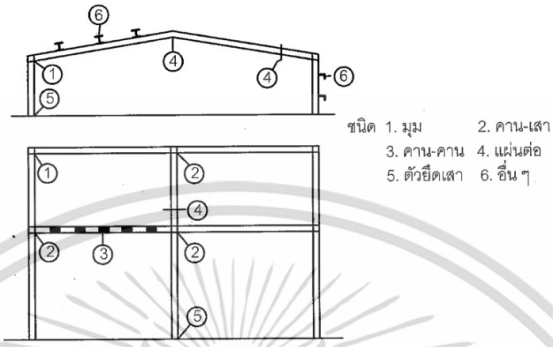
ทักษิน เทพชาตรี, อัครวัชร เล่นวารี (2553) กล่าวว่า รอยต่อเป็นส่วนหนึ่งของโครงสร้างที่มีความสำคัญอย่างยิ่ง จะพบเห็นบ่อยครั้งว่ารอยต่ออยู่ตรงตำแหน่งที่มีค่าโมเมนต์และแรงเฉือนสูงสุด ดังนั้นรอยต่อจึงจำเป็นต้องมีคุณสมบัติที่สามารถถ่ายแรงจากชิ้นส่วนหนึ่งไปยังอีกชิ้นส่วนหนึ่งได้โดยปลอดภัย

ในการออกแบบรอยต่อจะต้องคำนึงถึงหลักต่าง ๆ ดังนี้

1) ต้องมีความแข็งแรงพอ
2) ต้องมีสติฟเนสมากพอที่จะคงตำแหน่งสัมพัทธ์ของชิ้นส่วนต่าง ๆ ของโครงสร้าง
3) ต้องมีความประหยัดและง่ายต่อการประกอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รอยต่อต่าง ๆ ที่ใช้ในโครงสร้างทั่วไป แสดงไว้ในภาพที่ 2.16 ได้แก่ รอยต่อที่มุม (Corner Connections) รอยต่อระหว่างคาน-เสา (Bean-to-column connections) รอยต่อระหว่างคาน-คาน (Beam-to-beam connections) แผ่นต่อ (Splices) ข้อยึดเสา (Column anchorage) และอื่น ๆ เช่น จุดต่อ เป็นต้น



ภาพที่ 2.16 แสดงตำแหน่งรอยต่อในโครงอาคารเหล็ก

ที่มา : ทักษิน เทพชาตรี และอัครวัชร เล่นวารี (2553)

2.6.1 จุดต่อระหว่างองค์อาคาร

Ching, Francis D.K. (2008) กล่าวว่า อุปกรณ์การยึดต่อ (Connectors) จะยึดรอยต่อของชิ้นส่วนเข้าด้วยกัน ไม่ว่าจะเป็นจุด เป็นแนวเส้น หรือเป็นพื้นที่ระนาบ การยึดต่อแบบแนวเส้นและแบบพื้นที่ระนาบ จะสามารถต้านทานการหมุนตัว ขณะที่การยึดต่อแบบจุดจะไม่สามารถต้านทานการหมุน ยกเว้นมีการยึดแบบจุดหลาย ๆ จุด ครอบคลุมพื้นที่มากพอ โดยแบ่งออกเป็น 3 รูปแบบ

1) ข้อต่อหมุน (Pinned joints)

จะยอมให้ชิ้นส่วนเกิดการหมุนรอบข้อต่อได้ แต่จะไม่ยอมให้เกิดการเคลื่อนตัวในทิศทางใด ๆ

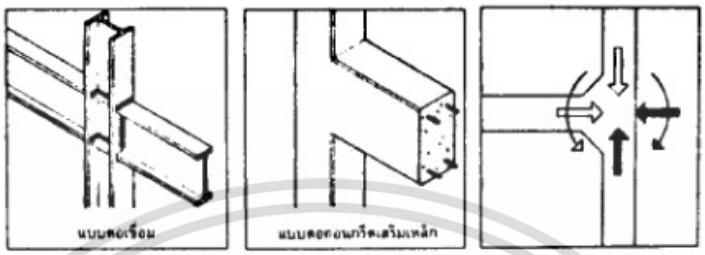
ภาพที่ 2.17 แสดงข้อต่อหมุน

ที่มา : Ching, Francis D.K. (2008)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) ข้อต่อยึดแน่น (Rigid or fixed joints)

รักษามุมระหว่างชิ้นส่วนที่ยึดต่อกัน และต้านทานการหมุนรอบข้อต่อ ตลอดจนการเลื่อนตัวในทิศทางต่าง ๆ

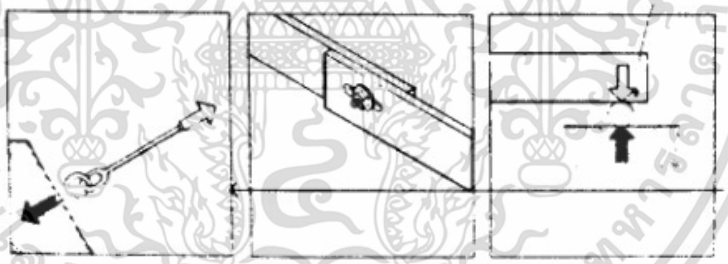


ภาพที่ 2.18 แสดงข้อต่อยึดแน่น

ที่มา : Ching, Francis D.K. (2008)

3) ข้อต่อเลื่อน (Roller joints)

ต้านทานการเคลื่อนที่ที่มีทิศทางตั้งฉากกับการเลื่อนของล้อเลื่อน แต่ยังยอมให้มีการหมุนรอบข้อต่อได้ ข้อต่อล้อเลื่อนมักไม่ค่อยถูกนำมาใช้ ยกเว้นในกรณีที่ต้องการให้ชิ้นส่วนเกิดการขยายตัวหรือหดตัวได้



ภาพที่ 2.19 แสดงข้อต่อเลื่อน

ที่มา : Ching, Francis D.K. (2008)

ในการรับแรงของรอยต่อ ความแข็งแรงของรอยต่อจะขึ้นอยู่กับขนาดขององค์อาคารและอุปกรณ์ยึด ได้แก่ เหล็กฉากสลักเกลียว หรือรอยเชื่อม สถาบัน American Institute of Steel Construction (AISC) ได้แบ่งรอยต่อ เป็น 3 แบบคือ

1) รอยต่อรับโมเมนต์ (Moment Connection)

เป็นแบบยึดแน่น (rigid frame) จะทำให้ปีกคานถูกยึดแน่นเข้ากับเสา โดยที่องศาของมุมที่องค์อาคารยึดติดจะไม่เปลี่ยนแปลงเมื่อมีแรงมากระทำ

2) รอยต่อรับแรงเฉือน (Shear Connection)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นแบบธรรมดา (simple frame) รอยต่อสามารถหมุนได้ในแนวราบหรือตั้งฉากกับทิศทางของแรงเฉือน โดยเฉพาะแรงเฉือนที่เกิดขึ้นที่รอยต่อเท่านั้น

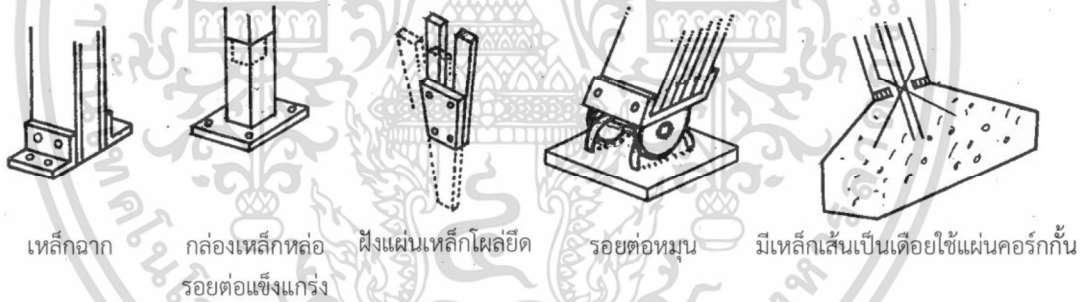
3) รอยต่อกึ่งยึดแน่น (Semi-Rigid Connection)

เป็นแบบ (Semi-Rigid frame) โดยเป็นรอยต่อระหว่างองค์อาคารที่สามารถรับแรงเฉือนได้และยังสามารถต้านทานโมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นที่รอยต่อได้เล็กน้อย

2.6.2 จุดต่อฐานรองรับ

เฉลิม สุจริต (2540) กล่าวว่า จุดต่อบริเวณฐานรองรับหรือจุดขยับ เพื่อเสริมความแข็งแรงให้กับโครงสร้าง สามารถแบ่งเป็น 5 วิธีตามความเหมาะสม ดังภาพที่ 2.17

1) เป็นเหล็กฉากยึดติดกับขาเสาที่รองรับ
2) ทำเป็นกล่องรับ หรือทำเป็นกล่องจมในพื้น
3) ฝังเดือยเหล็กโผล่จากพื้นออกมายึดกับขาที่รองรับ
4) ทำเป็นแกนให้หมุนได้รอบเล็กน้อย
5) มีเดือยโลหะและฝังตัดให้ขาดระหว่างที่รองรับด้วยแผ่นคอร์ก หรือแผ่นไม้มีเดือยยึด



ภาพที่ 2.20 แสดงการทำรอยต่อฐานเสา

ที่มา : เฉลิม สุจริต (2540)

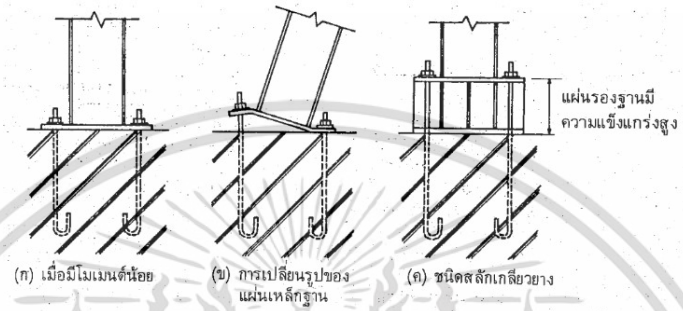
สุจริต คูณธนกุลวงศ์ และทักษิน เทพชาตรี (2530) กล่าวว่า หน่วยแรงที่เกิดขึ้นในฐานเสาของโครงสร้างเหล็กมีรูปแบบที่ซับซ้อน เพราะเป็นส่วนต่อของวัสดุสองชนิดด้วยกัน ฐานรากคอนกรีตเสริมเหล็กและโครงเหล็กข้างบน ชนิดของฐานเสา แบ่งออกเป็น แบบยึดแน่น และแบบยึดหมุน ส่งผลต่อแรงภายในโครงสร้างแตกต่างกัน

1) แบบยึดแน่น (Fix column base)

ฐานเสาแบบยึดแน่นแสดงในภาพที่ 2.21 ถ้าโมเมนต์ดัดที่โคนเสามีค่าน้อย จะใช้แผ่นรองฐาน (Base plate) เชื่อมติดกับเสา และยึดแน่นกับฐานด้วยสลักเกลียวที่ฝังในฐาน ดังรูป (ข) ในกรณีนี้จะต้องเสริมด้วยแผ่นครีบ (Ribs) แต่ถ้าโมเมนต์ที่โคนเสามีค่ามากควรใช้ฐานเสาชนิดสลักเกลียว

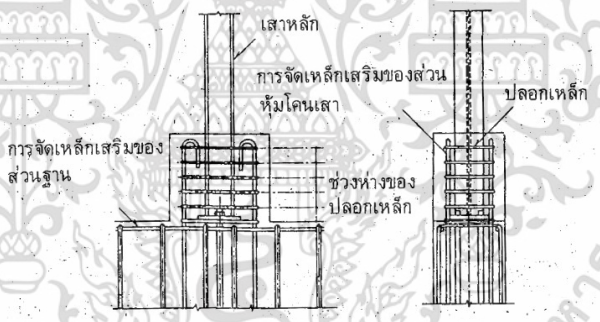
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Long-bolt column base) ดังรูป (ค) ส่วนแผ่นรองเสาควรเป็นเหล็กหน้าตัดแบบปีกกว้างหรือเป็นชิ้นส่วนที่มีความแข็งแกร่งของหน้าตัดสูง และอีกวิธีหนึ่งคือวิธีหุ้มโคนเสา (Root-covering) ในภาพที่ 2.19 ด้วยคอนกรีตเสริมตะแกรงลวด (Ferroconcrete) ส่วนโคนเสาซึ่งฝังในคอนกรีตนั้นจะมีความแข็งแกร่งสูงมาก แต่ถ้ามีอะไรมากระทำซ้ำ เช่น แรงจากแผ่นดินไหว คอนกรีตส่วนที่หุ้มจะเสียหายส่งผลถึงความมั่นคงของฐานลดลง



ภาพที่ 2.21 แสดงตัวอย่างของฐานเสาแบบยึดแน่นสำหรับโครงสร้างเหล็ก

ที่มา : สุจริต คูณธนกุลวงศ์, ทักษิณ เทพชาตรี (2530)



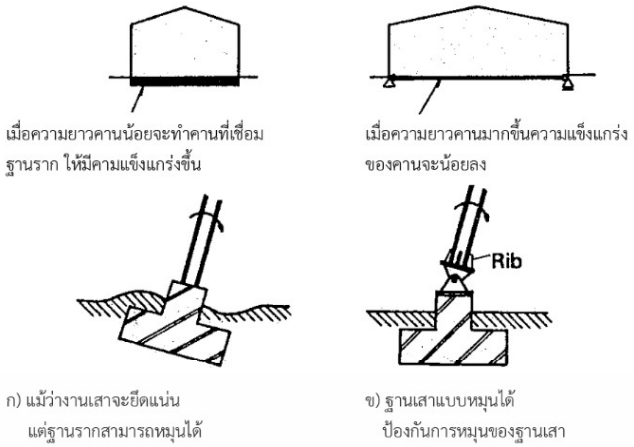
ภาพที่ 2.22 แสดงตัวอย่างของฐานแบบหุ้มโคนเสา

ที่มา : สุจริต คูณธนกุลวงศ์, ทักษิณ เทพชาตรี (2530)

2) ฐานเสาแบบหมุนได้

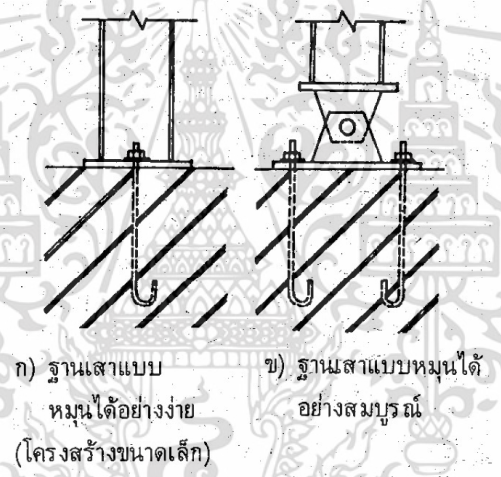
โครงสร้างเหล็กถูกนำมาใช้ในการทำอาคารที่มีช่วงเสายาวอย่างกว้างขว้าง ในการออกแบบโครงสร้างอาคารลักษณะนี้ เป็นการยากที่จะทำคานที่เชื่อมฐานรากให้มีความแข็งแกร่งสูง ฐานรากจะต้องเป็นแบบมีเหล็กยึด (Tie-rod type) เพื่อป้องกันการอ้าออกของโครงสร้าง หรือเป็นแบบชนิดอิสระ (Independent type) ดังแสดงในภาพที่ 2.23 แบบของฐานรากทั้งสองนี้ไม่สามารถต้านทานต่อการหมุนได้ จึงมักทำฐานเสาแบบหมุนได้ ดังในภาพที่ 2.24 สำหรับอาคารเล็ก ๆ สามารถทำการต่อแบบ (ก) ได้ แต่ถ้าเป็นอาคารขนาดใหญ่ ควรทำแบบ (ข)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.23 แสดงตัวอย่างของฐานแบบหมุนได้

ที่มา : สุจริต คูณธนกุลวงศ์, ทักษิณ เทพชาตรี (2530)



ภาพที่ 2.24 แสดงตัวอย่างของฐานแบบหมุนได้

ที่มา : สุจริต คูณธนกุลวงศ์, ทักษิณ เทพชาตรี (2530)

2.7 รูปทรงโครงสร้าง

เฉลิม สุจริต (2540) กล่าวว่า รูปทรงโครงสร้างสถาปัตยกรรม และวิธีก่อสร้างงานสถาปัตยกรรรมเป็นสิ่งที่สถาปนิกจะต้องทำการสร้างสรรค์เลือกใช้ให้เหมาะสมกับหน้าที่ พยายามใช้วัสดุก่อสร้างปริมาณน้อยที่สุด ขนาดเล็กที่สุด เพื่อรับแรงหรือน้ำหนักบรรทุกให้มากที่สุด ความสามารถและหน้าที่ที่วัสดุต้องรับแรงจะแสดงออกให้เห็นเป็นลักษณะทางโครงสร้าง ความงามของวัสดุจะแสดงออกตามหน้าที่ที่ใช้สอยการรับน้ำหนักและแรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.1 ประโยชน์ใช้สอยและคุณสมบัติของรูปทรงโครงสร้าง

รูปทรงโครงสร้างที่มนุษย์สร้างขึ้นสนองประโยชน์ใช้สอย โดยทั่วไปแบ่งออกเป็น 3 ประเภท

1) รูปทรงเพื่อผลทางศิลปะ (Artistic forms) หรือรูปทรงเพื่อเป็นสัญลักษณ์
2) รูปทรงเพื่อความสะดวกสบาย หรือเป็นอาคาร (Protective commodities or shelters)
3) รูปทรงเพื่อสร้างสรรค์บรรยากาศพิเศษ (Created amenities in space)

รูปทรงทางโครงสร้างไม่ว่าจะจัดอยู่ในกลุ่มใด ควรสนองหน้าที่ใช้สอยตามความต้องการของผู้ใช้สอย ทั้งด้านความงาม ความเหมาะสมกับการใช้สอย และความมั่นคงของโครงสร้าง

2.7.2 หน้าที่ของโครงสร้าง

เฉลิม สุจริต (2540) กล่าวว่า แรงและน้ำหนักบรรทุกจะเป็นสิ่งบังคับ และจัดระเบียบรูปทรงโครงสร้างธรรมชาติ อาคารที่ก่อสร้างขึ้นมาจะมีโครงสร้างเปรียบเสมือนกระดูกโครงหลัก และมีส่วนประกอบอื่น ๆ (Members) ซึ่งทำหน้าที่ต่าง ๆ กัน เช่น ปิดหุ้มทับ ตกแต่ง เพื่อให้การใช้เนื้อที่ภายในอาคาร สะดวกและเหมาะสมกับประเภทอาคาร

โครงสร้างอาจแยกเป็นหลายส่วนหลายตอนประกอบร่วมกันจนสำเร็จเป็นตัวอาคาร โครงสร้างย่อยอาจแยกเป็นหลายชุดหลายตอน เช่นตัวอย่างโครงสร้างรับเครื่องมุงหลังคา โครงสร้างพื้น โครงเสา โครงสร้างบันได โครงคานต่อ โครงสร้างฐานราก เป็นต้น โครงย่อยต่าง ๆ เมื่อประกอบเข้าทั้งหมดจะเกิดเป็นตัวอาคารในที่สุด

2.7.3 รูปทรงเบื้องต้นโครงสร้าง

เฉลิม สุจริต (2540) กล่าวว่า คุณสมบัติของรูปทรงเบื้องต้น มีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน และเพื่อพิจารณาคุณสมบัติในการรับแรงเฉพาะของรูปนั้น ๆ อาจจัดแบ่งรูปทรงเบื้องต้นได้เป็นประเภทต่าง ๆ ได้ ดังแสดงในตารางดังนี้

ตารางที่ 2.5 แสดงประเภทของรูปทรงเบื้องต้น

รูปทรงเบื้องต้นที่เห็น	มิติทางเรขาคณิต	ประเภทมีความหลวมหย่อนได้ (Flexible type)	ประเภทมีความแข็งเคร่งตึงก้ำกึ่ง (Semi-rigid type)
จุด (Point)	0	เม็ด (Particle)	ก้อน (Brick)
ขีดยาว (Length)	1	เส้นเอ็น (Tendon)	ท่อน (Rod)
พื้นที่ (Area)	2	ผืน (Sheet)	แผ่น (Plate)
เนื้อที่ (Space)	3	กล่อง (Block)	กล่องตัน (Block)

ที่มา : เฉลิม สุจริต (2540)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การรับแรงแต่ละประเภทมีความแตกต่างกัน ตามลักษณะมิติทางเรขาคณิต ประเภทความหลวมหย่อน และประเภทความแข็งของโครงสร้าง

1) เม็ด (Particle) ไม่มีคุณสมบัติในการรับแรง
2) เส้นเอ็น (Tendon) มีคุณสมบัติในการรับแรง
   - รับแรงดึงตามแนวเส้นได้
   - เกิดแรงโก่งเดาะ (Buckling) เมื่อรับแรงอัด
   - รับแรงดัดแรงเฉือนไม่ได้
   - เมื่อมีแรงดึงเกิดขึ้นตามเส้นมากเท่าใดแล้ว ยิ่งรับน้ำหนักตามความยาวได้โดยตกท้องช้าง (Sag) น้อยลง
3) ผืน (Sheet) มีคุณสมบัติในการรับแรง
   - รับแรงดึงได้ดีในแนวขนานกับระนาบของผืน หรือเมื่อยึดรอบพื้นที่ผืน หรือเมื่อยึดปลายทั้งสองของผืน หรือยึดปลายหนึ่งของผืนไว้
   - ควรมีคุณสมบัติทางกำลังดี มีความเหนียว (Toughness)
   - ผืนทำโค้งแนวเดียวได้ แต่ทำโค้ง 2 ทิศไม่ได้ถ้าไม่ตัดประกอบใหม่
   - ผืนมีโครงกรอบ (Frame Sheet) รับแรงดึง แรงเฉือน และแรงอัดทแยงได้ จะหักเสียหายเมื่อแรงอัดทแยงไปทำให้เกิดความโก่งเดาะตัวกรอบ
4) ก้อน (Brick)
   - มีคุณสมบัติต่างกัน แล้วแต่คุณสมบัติวัสดุที่นำมาใช้ประกอบเป็นก้อน
   - ก้อนรับแรงประเภทต่าง ๆ ได้ดี กล่องตันคือก้อนขนาดโตขึ้นมีกำลังและความแข็งแกร่งมาก
5) ท่อน (Rod)
   - คือ เส้นเอ็นขนาดใหญ่ขึ้น รับแรงดึง อัด ดัด และบิดได้ดี
   - เสาสั้นรับแรงอัดได้ดีมาก ถ้ายาวมากขึ้นอาจโก่งเดาะได้ ต้องแก้ให้มีความแข็งตัวมากขึ้น เช่น ใช้ตัวดึงพันเป็นเกลียวรอบความยาว
   - เมื่อใช้วัสดุรับแรงดึงดีมาก จะรับแรงได้ทุกประเภท เมื่อใช้วัสดุที่มีความแข็งเกร็งจะรับแรงเฉือน กับแรงบิด เมื่อใช้ท่อนทำหน้าที่เป็นคาน
6) แผ่น (Plate)
   - คือผืนที่มีความหนาเพิ่มขึ้น
   - เมื่อยึดเป็นระยะตั้งฉากกับระนาบตัวแผ่นแล้ว จะบรรทุกแรงอัด รับแรงเฉือน และรับแรงดัดขนานกับระนาบของตัวแผ่นได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ในทางปฏิบัติทำได้โดยการเสริมครีบถี่เป็นระยะ ๆ ขนาดกับทิศที่รับแรงอัด

7) กล่องตัน (Block)

- คือก้อนซึ่งมีขนาดโตมาก
- ในทางปฏิบัติอาจไม่มีการสร้างให้ได้รูปตันดังต้องการ เพราะต้องการประหยัดวัสดุ แต่ต้องการให้คงความแข็งแรงและความแข็งเกร็งให้พอเท่านั้น จึงทำเป็นกล่องกลวงเปิดไว้ภายใน หรือประกอบรูปทรงพอให้ได้คุณสมบัติกล่องตัน

8) คานและแผ่นพาด (Beams and planks)

- คานใช้ผิวบนของด้านแคบรับน้ำหนักบรรทุก คานรับแรงดัดในแนวดิ่งกับระนาบคานได้ดี
- ผิวบนรับแรงอัดนั้นอาจเสริมเนื้อให้แข็งตัว (Stiffener) ให้มีหน้าตัดมากขึ้น และอาจเสริมปล้องตั้งเป็นระยะ เพื่อช่วยรับแรงอัดแนวทแยงซึ่งเกิดจากแรงเฉือน หรือทำการเสริมที่ผิวล่างให้หนาขึ้นเพื่อรับแรงดึงได้
- เมื่อพิจารณาดูคานปีกยื่น (Flange) จะเห็นว่าปีกบนปีกล่าง และตัวแผ่นแกนตั้งเดิมทำงานประกอบร่วมกันหมด โดยมีปีกบนรับแรงอัดปีกล่างรับแรงดึง และแผ่นแกนตั้งรับแรงเฉือน ซึ่งเกิดทั้งแรงอัดแนวทแยงและแรงดึงด้วย
- แผ่นพาดมีความแตกต่างกับคานตรงที่ใช้ด้านแบนนอนรับน้ำหนักบรรทุกในทิศตั้งฉากกับแนวระนาบของตัวแผ่นพาด

สามารถสรุปได้ว่ารูปทรงแต่ละส่วนของโครงสร้างมีหน้าที่ในการรับแรงแตกต่างกัน ส่งผลให้แต่ละองค์อาคารรับแรงไม่เท่ากัน ซึ่งจะทำการสรุปข้อมูลส่วนนี้วิเคราะห์ร่วมกับการทดสอบโครงสร้างเพื่อให้เข้าใจผลของแรงที่กระทำต่อโครงสร้าง

2.8 การวิเคราะห์โครงสร้าง

การศึกษาเรื่องการวิเคราะห์โครงสร้าง จะเป็นการใช้เพื่อประกอบการวิเคราะห์ พิสูจน์ทราบถึงความเหมาะสมของโครงสร้าง โดยเน้นการใช้โปรแกรม SAP2000 เนื่องจากเป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์พื้นฐานที่นิยมใช้สำหรับการวิเคราะห์ออกแบบโครงสร้าง ที่วิทยานิพนธ์ในฉบับอื่น ๆ ได้นำมาใช้ (กออิศรา ประชาอาทร, สิทธิชัย ยอยโพธิ์สัย, ชำนาญ ดวงจรัส และ เพลินพิศ ป่านแก้ว) และมีความคล้ายคลึงกับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.1 โครงสร้างและวิศวกรรมโครงสร้าง

วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย (2540) ได้กล่าวว่า โครงสร้าง (Structure) ในทางวิศวกรรมโยธาคือสิ่งก่อสร้างใดๆ ที่ได้จากการก่อสร้างหรือการนำองค์อาคารหรือชิ้นส่วนโครงสร้าง (Structural member) มาเชื่อมต่อกันเพื่อรองรับแรงกระทำและน้ำหนักบรรทุกต่าง ๆ (Load) ตามวัตถุประสงค์ของโครงสร้างนั้น อย่างมีประสิทธิภาพและปลอดภัย ตัวอย่างของโครงสร้างที่เราเห็นโดยทั่วไปได้แก่ อาคารเรียน อาคารที่พักอาศัยอาคารพาณิชย์ สะพานลอยและเขื่อน เป็นต้น

วิศวกรรมโครงสร้าง (Structural engineering) เป็นวิชาที่ศึกษาเกี่ยวกับการใช้กฎและหลักการต่าง ๆ เพื่อที่จะออกแบบและก่อสร้างโครงสร้าง

2.8.2 ทฤษฎีไฟไนต์เอลิเมนต์

ภานุมาศ พรทอง, ภูวเดช ไพศาลวัชรกิจ และอภินันท์ ดวงสนิท (2546) กล่าวว่า โครงสร้างเครื่องจักรกล หรือโครงสร้างอาคารต่าง ๆ ประกอบขึ้นด้วยชิ้นส่วนจำนวนมาก ชิ้นส่วนแต่ละชิ้นอาจรับแรงชนิดต่าง ๆ เช่น แรงดึง แรงอัด แรงบิด โมเมนต์ดัด และความดัน เป็นต้น ส่วนลักษณะการกระทำของแรงอาจเป็นแบบสถิตย์หรือแบบพลวัต สำหรับโครงสร้างที่ซับซ้อนมาก ๆ ไม่สามารถใช้วิธีอื่นทั่วไปในการวิเคราะห์ได้ มักใช้วิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ในการวิเคราะห์ หลักการโดยทั่วไปของวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์คือการแบ่งระบบโครงสร้างออกเป็นเอลิเมนต์เล็ก ๆ และเลือกใช้เอลิเมนต์ให้เหมาะกับลักษณะรูปร่างของโครงสร้างและการกระทำของน้ำหนักบรรทุก เอลิเมนต์เล็ก ๆ

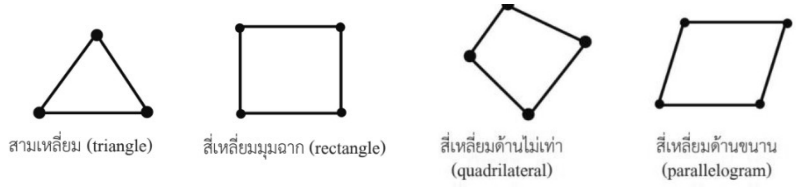
ณัฐ ดวงรัตนประทีป และคณะ (2561) จากการศึกษาสามารถจำแนกรูปร่างและความสัมพันธ์ของจุดต่อได้ 3 ประเภท ดังนี้

- เอลิเมนต์ 1 มิติ ได้แก่ ลักษณะเชิงเส้น (Linear) เช่น คาน (Beam) โครงถัก (Truss) คานประกอบด้วย 3 จุดต่อ (Quadratic beam) คานประกอบด้วย 4 จุดต่อ (Cubic beam)

ภาพที่ 2.25 แสดง ก คือ ภาพแสดงลักษณะจุดต่อ 2 จุด เชื่อมกันด้วยขอบ (มี 2 จุดต่อ)
ข คือ ภาพแสดงลักษณะจุดต่อ 2 จุด เชื่อมกันด้วยขอบและมีจุดเชื่อมกลาง
ที่มา : ณัฐ ดวงรัตนประทีป และคณะ (2561)

- เอลิเมนต์ 2 มิติ ได้แก่ เอลิเมนต์พื้นที่เชิงเส้นหรือเปลือกบาง (Shell) มีลักษณะเป็นสามเหลี่ยม สี่เหลี่ยมรูปร่างต่าง ๆ แสดงภาพที่ 2.26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.26 แสดงลักษณะพื้นฐานรูปร่างเอลิเมนต์ 2 มิติ

ที่มา : ณัฐ ดวงรัตนประทีป และคณะ (2561)

- เอลิเมนต์ 3 มิติ ได้แก่ เอลิเมนต์ปริมาตรอาจเป็นโครงสร้างพีระมิดฐานสามเหลี่ยม (Tetrahedron) ปริซึมสี่เหลี่ยมมุมฉาก (Rectangular prism) หรือทรงหกหน้า (Hexahedron) แสดงภาพที่ 2.27

ภาพที่ 2.27 แสดงลักษณะพื้นฐานรูปร่างเอลิเมนต์ 3 มิติ

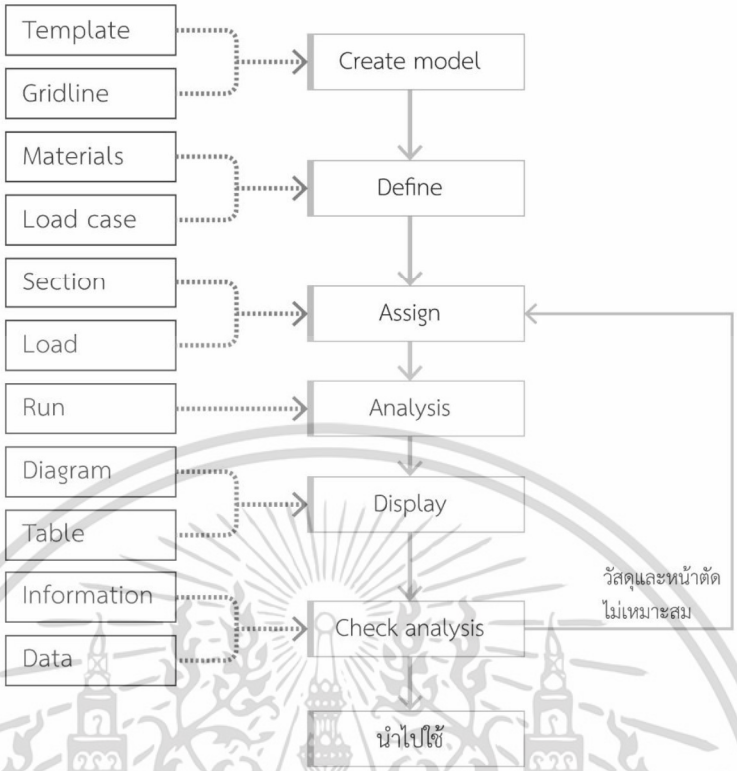
ที่มา : ณัฐ ดวงรัตนประทีป และคณะ (2561)

โดยทั่วไปโครงข้อแข็ง และโครงข้อหมุนจะเป็นโครงสร้างสองหรือสามมิติ แต่ชิ้นส่วนของโครงสร้างจะใช้เอลิเมนต์มิติเดียว ส่วนโครงสร้างลักษณะอื่น ๆ อาจจำเป็นต้องเลือกใช้เอลิเมนต์สองหรือสามมิติ

2.8.3 โครงสร้างของโปรแกรม SAP2000

ภานุมาศ พรทอง, ภูวเดช ไพศาลวัชรกิจ และอภินันท์ ดวงสนิท (2546) กล่าวว่า ขั้นตอนในการทำงานในโปรแกรมสามารถแบ่งได้ 8 ขั้นตอน ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.28 แสดงแผนผังขั้นตอนการทำงานโดยใช้โปรแกรม SAP2000

ที่มา : ดัดแปลงมาจาก ภานุมาศ พรทอง, ภูวเดช ไพศาลวัชรกิจ และอภินันท์ ดวงสนิท (2561)

1) Create Model ขั้นตอนการสร้างแบบจำลอง โดยทำการเตรียมโครงสร้างที่ต้องการวิเคราะห์ให้เป็นแบบจำลอง กำหนดพิกัดต่าง ๆ ของโครงสร้าง ซึ่งสามารถทำได้ 2 วิธี คือดัดแปลงจาก Template ภายในโปรแกรม หรือสร้างขึ้นใหม่โดยใช้เมนู Draw และ Edit
2) Define ขั้นตอนการนิยามคุณสมบัติต่าง ๆ ของโครงสร้าง ที่ใช้ในการวิเคราะห์ เช่น คุณสมบัติวัตถุ หน้าตัดชิ้นส่วน ชนิดของน้ำหนักบรรทุก ชนิดจุดต่อ ฯลฯ
3) Assign ขั้นตอนการกำหนดคุณสมบัติ (ที่นิยามขึ้นในขั้นตอน Define) ให้กับชิ้นส่วนต่าง ๆ ของโครงสร้าง เช่น การกำหนดหน้าตัดชิ้นส่วนโครงสร้าง การกำหนดน้ำหนักบรรทุกที่กระทำต่อโครงสร้าง
4) Analysis ขั้นตอนการวิเคราะห์หาผลลัพธ์ที่ต้องการ
5) Display ขั้นตอนการแสดงผลลัพธ์ที่วิเคราะห์ได้เพื่อทำการทดสอบ
6) Check Analysis ขั้นตอนการสั่งให้โปรแกรมทำการตรวจสอบผลการวิเคราะห์ที่ได้กับข้อกำหนดในการออกแบบที่ต้องการใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7) เมื่อทำการตรวจสอบแล้วพบว่าโครงสร้างไม่สามารถรับภาระที่กระทำได้ หรือมีขนาดใหญ่เกินไป ต้องทำการแก้ไขโครงสร้างและวิเคราะห์ซ้ำ เพื่อให้ได้โครงสร้างที่มีความปลอดภัย

8) ภายหลังการตรวจสอบความถูกต้องของการวิเคราะห์โครงสร้างเรียบร้อยแล้ว สามารถนำผลลัพธ์ที่ได้มาใช้งาน

2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้มีความจำเป็นต้องศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับโครงสร้างเหล็กรูปพรรณว่ามีการศึกษาเรื่องใดบ้าง มีความสำคัญอย่างไร ใช้วิธีการอย่างไร รวมถึงข้อสรุป และข้อเสนอแนะเพื่อใช้เป็นแนวทางในการวิเคราะห์ข้อมูล และศึกษาการใช้พื้นที่ของสถาปัตยกรรม เพื่อนำข้อมูลในส่วนนี้มาหาแนวทางการวิเคราะห์ปัจจัยการออกแบบในงานวิจัย ดังต่อไปนี้

1) นันท์นภัส เพชรคงทอง (2554) เป็นการศึกษาข้อมูลพื้นฐานทางกายภาพของอาคารสถานีรถไฟลอยฟ้า 2 โครงการ คือสถานีรถไฟฟ้า BTS และสถานีรถไฟฟ้า Airport rail link โดยแบ่งโครงสร้างสถานีรถไฟฟ้า BTS 4 รูปแบบและสถานีรถไฟฟ้า Airport rail link 4 รูปแบบ ซึ่งในแต่ละโครงการจะศึกษาส่วนของโครงสร้างเหล็ก การวิเคราะห์รูปแบบ ข้อพิจารณาในการออกแบบ ขั้นตอนการออกแบบและการก่อสร้าง เน้นการรวบรวมเอกสาร การสัมภาษณ์ เป็นฐานข้อมูลเพื่อนำมาวิเคราะห์สรุปข้อพิจารณาการออกแบบ ผลของการศึกษาพบว่า การออกแบบสถานีรถไฟลอยฟ้านั้นประกอบด้วยการออกแบบระบบราง โครงสร้างหลัก และลักษณะชานชาลา โครงการรถไฟลอยฟ้ามีความแตกต่างกันอย่างชัดเจนในเรื่องของจุดประสงค์โครงการ ผู้รับผิดชอบ ที่ตั้ง งบประมาณ การใช้งานพื้นที่ และการเลือกวัสดุ ซึ่งเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อการออกแบบ ทำให้เกิดรูปแบบที่แตกต่างกันถึง 8 รูปแบบ ในขณะที่การใช้งานประเภทเดียวกัน

2) กออิศรา ประชาอาทร (2555) ศึกษาจุดต่อโครงสร้างหลังคาเหล็กรูปพรรณช่วงพาดกว้างของสถานีรถไฟฟ้าเชื่อมท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ เพื่อรวบรวมรูปแบบจุดต่อและฐานรองรับโครงสร้างหลังคาเหล็ก ศึกษาผลของประเภทจุดต่อโครงสร้างต่อการเลือกใช้โครงสร้างรูปพรรณ โดยการสำรวจ และจำแนกสถานีได้เป็น 3 รูปแบบ ประกอบไปด้วย สถานีมักกะสัน สถานีหัวหมาก และสถานีลาดกระบัง แบ่งกระบวนการศึกษา 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 รวบรวมรูปแบบจุดต่อ โดยสำรวจสถานที่จริงร่วมกับการตรวจเอกสารแบบก่อสร้าง ทำการศึกษาวิธีการยึดต่อ และจำแนกประเภทจุดต่อตามการยึดแน่น ส่วนที่ 2 ศึกษาผลของการยึดแน่นของจุดต่อในโครงสร้าง ต่อการกำหนดขนาดรูปหน้าตัดองค์อาคารและการเลือกใช้เหล็กโครงสร้างรูปพรรณที่เหมาะสม โดยวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม SAP2000 ผลการศึกษาพบว่าโครงสร้างหลังคาสถานีรถไฟฟ้าท่าอากาศยานสุวรรณภูมิยึดจุดต่อที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฐานรองรับด้วยการใช้สลักเกลียวร่วมกับการเชื่อม โดยจำแนกได้เป็น 2 ประเภท คือแบบยึดหมุน (Hinge support) และกึ่งยึดแน่น (Semi-rigid support) จุดต่อระหว่างองค์อาคารใช้วิธีการยึดสลักเกลียวร่วมกับการเชื่อมเป็นประเภทจุดต่อแบบกึ่งยึดแน่น ส่วนจุดต่อเพื่อประกอบชิ้นส่วนเหล็กรูปพรรณเป็นองค์อาคารนั้นใช้วิธีเชื่อมทั้งหมด โดยพบว่าการยึดแน่นช่วยคงความแข็งแรงให้โครงสร้างเสียรูปน้อยลง อีกทั้งมีการกระจายโมเมนต์สม่ำเสมอ

3) รจน์ ลับไพลี (2557) ศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อรูปแบบของอาคารโรงเก็บเครื่องบินของกองทัพอากาศ รวมถึงการวิเคราะห์ความแตกต่างของรูปแบบพื้นที่ใช้สอยที่ก่อให้เกิดความแตกต่างของรูปทรงอาคาร และวิเคราะห์ความแตกต่างของรูปทรงหลังคา เพื่อศึกษานำมามาเป็นแนวทางออกแบบ โดยการรวบรวมข้อมูลเอกสารทางประวิติศาสตร์ เพื่อนำมาศึกษาให้ทราบถึงประวัติความเป็นมาและที่มาของอาคารโรงเก็บเพื่อวิเคราะห์ความต้องการใช้พื้นที่ วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ จากอาคารตัวอย่างรวม 11 อาคาร ประกอบไปด้วย อาคารโรงเก็บเครื่องบินสนามบินดอนเมืองทั้งหมด 4 ฝูงบิน และ 1 แผนกช่าง ผลของการศึกษาพบว่าสามารถแบ่งอาคารโรงเก็บเครื่องบินออกเป็น 2 ส่วนหลัก ส่วนแรกเป็นพื้นที่ส่วนอาคารซึ่งจะมี 2 ส่วนคือพื้นที่ใช้งานในการซ่อมบำรุง โดยในส่วนนี้สามารถแบ่งได้ 4 รูปแบบ และส่วนที่สองคือส่วนหลังคา โดยสามารถแบ่งออกได้ 3 รูปแบบ และเมื่อนำมาวิเคราะห์ทั้ง 2 ส่วนรวมกันจะสามารถได้รูปแบบอาคารโรงเก็บเครื่องบินที่เหมาะสมเพื่อใช้เป็นแนวทางในการออกแบบ

4) พีรพงศ์ เหลืองพานิช (2557) ศึกษารูปทรงโครงสร้างหลังคาเหล็กรูปพรรณของสถานีรถไฟฟ้า BTS และสถานีรถไฟฟ้าเชื่อมท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ จากการศึกษา สำรวจ และรวบรวมสามารถจำแนกรูปแบบได้ 7 รูปแบบ โดยแบ่งเป็นสถานีรถไฟฟ้า BTS จำนวน 4 รูปแบบ และสถานีรถไฟฟ้าเชื่อมท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ 3 รูปแบบ การศึกษาแบ่งเป็น 3 ส่วน ดังนี้ ส่วนที่ 1 ศึกษาโดยการจำแนกรูปแบบและรูปทรงโครงสร้างหลังคาเหล็กรูปพรรณ ส่วนที่ 2 เป็นการศึกษาผลของแรงที่เกิดขึ้นในโครงสร้างแต่ละรูปแบบ โดยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ด้วยโปรแกรม SAP2000 ส่วนที่ 3 เป็นการศึกษาผลที่เกิดขึ้นจากประเภทของฐานรองรับต่อแรงที่เกิดในโครงสร้างซึ่งจะส่งผลต่อรูปทรง ผลการศึกษาพบว่า บริเวณที่เกิดแรงปริมาณมากส่วนใหญ่คือจุดที่เชื่อมต่อระหว่างองค์อาคาร ซึ่งสอดคล้องกับรูปทรงอาคารที่เกิดขึ้น ในบริเวณที่มีตารางโมเมนต์เกิดขึ้นมากองค์อาคารจะมีขนาดเพิ่มขึ้นและคอดลงในบริเวณที่มีปริมาณตารางโมเมนต์น้อยลง ประเภทของฐานรองรับจะส่งผลเฉพาะโครงกรอบหลักของโครงสร้าง ไม่ส่งผลต่อส่วนที่ยื่นออกไป ฐานรองรับของโครงสร้างส่งผลต่อปริมาณตารางโมเมนต์ที่เกิดโดยฐานแบบยึดแน่นจะมีแรงดัดกลับบริเวณฐานส่งผลให้ตารางโมเมนต์โดยรวมน้อยกว่า ส่วนฐานรองรับแบบยึดหมุนนั้นจะมีตารางโมมนต์น้อยบริเวณฐานแต่บริเวณไหล่จะมากกว่าฐานรองรับแบบยึดหมุน ส่งผลให้รูปทรงเล็กลงบริเวณฐานและจะมีขนาดใหญ่บริเวณไหล่โครงสร้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยครั้งนี้เป็นงานวิจัยเชิงสำรวจจากเอกสารทางวิชาการที่เกี่ยวกับอาคารโครงสร้างเหล็กรูปพรรณ โดยการสังเกตกรณีศึกษาอาคารตัวอย่าง ผสมผสานกับงานวิจัยเชิงคุณภาพ ที่ได้จากสำรวจกรณีศึกษามาแล้ว เพื่อนำมาการวิเคราะห์บนทฤษฎีพื้นฐานต่อ โดยมีการทดลองและเปรียบเทียบเพื่อแสดงให้เห็นความชัดเจนในการวิเคราะห์ผลการศึกษาที่เกี่ยวข้อง สรุปเป็นปัจจัยด้านการออกแบบสถาปัตยกรรมที่ส่งผลต่อด้านวิศวกรรมโครงสร้าง โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.1 การศึกษาข้อมูลเบื้องต้น

การศึกษาข้อมูลเบื้องต้น ทำให้เห็นประเด็นในหลายแง่มุม ประเด็นเหล่านี้จะช่วยให้สามารถกำหนดขอบเขตการวิจัย สมมติฐาน วัตถุประสงค์ และนำสู่กระบวนการวิจัยต่อมา โดยจากการทบทวนวรรณกรรม ได้แก่ งานวิจัย หนังสือ บทความ ซึ่งประกอบด้วยข้อมูล และทฤษฎีที่เกี่ยวข้องทางด้านแรงภายในโครงสร้าง และจุดต่อโครงสร้างหลังคา

3.1.1 การศึกษาข้อมูลปฐมภูมิ

เป็นการเก็บข้อมูลภาคสนาม โดยการบันทึกสภาพทั่วไป และองค์ประกอบต่าง ๆ จุดต่อโครงสร้างหลังคา เสา คาน และลักษณะทางด้านกายภาพของโครงสร้างหลังคาเหล็กรูปพรรณ เพื่อเปรียบเทียบกับแบบก่อสร้าง และเข้าไปสำรวจพื้นที่การใช้งานของสถานีรถไฟฟ้า ถ่ายภาพ และจดบันทึกข้อมูลตามแบบสำรวจ เพื่อนำไปวิเคราะห์สรุปผลการวิจัยตามวัตถุประสงค์

3.1.2 การศึกษาข้อมูลทุติยภูมิ

ข้อมูลทางทุติยภูมิ ประกอบไปด้วย ทฤษฎีปัจจัยด้านการออกแบบ ทฤษฎีสมดุลของแรงในโครงสร้าง การก่อสร้างโครงสร้างเหล็ก ประเภทของระบบขนส่งรถไฟฟ้า และจุดต่อหรือรอยต่อของโครงสร้าง

3.1.2.1 ศึกษาปัจจัยด้านการออกแบบ เพื่อทำความเข้าใจว่าในการออกแบบสถาปนิกต้องใช้เกณฑ์ หรือปัจจัยใดในการออกแบบที่ส่งผลต่อสถาปัตยกรรม

3.1.2.2 ศึกษาแรงที่เกิดขึ้นภายในโครงสร้าง เพื่อทำความเข้าใจพื้นฐานของแรงภายในโครงสร้าง และสามารถนำมาวิเคราะห์ต่อได้

3.1.2.3 ศึกษาประเภทของโครงสร้างเหล็ก เพื่อให้สามารถจำแนกประเภทโครงสร้างหลังคาที่ใช้ในสถานีรถไฟฟ้าสายสีแดงได้ และนำไปวิเคราะห์หาปัจจัยในการเลือกใช้โครงสร้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2.4 ศึกษาประเภทของจุดต่อโครงสร้างและฐานรอรับ เพื่อให้สามารถจำแนกประเภทของจุดต่อของแต่ละโครงสร้างได้ เพื่อวิเคราะห์หาสาเหตุในการใช้ และผลที่ได้จากการใช้จุดต่อแต่ละประเภท ที่ส่งผลให้เกิดรูปทรงโครงสร้าง และการใช้งานอาคารภายในที่แตกต่างกัน

3.2 กรอบแนวคิดในการวิจัย

การวิจัยใช้แนวทางการศึกษาปัจจัยทางด้านสถาปัตยกรรมเป็นสำคัญ เพื่อดูว่าปัจจัยในการออกแบบสถาปัตยกรรมเกิดขึ้นจากเหตุผลใด และส่งผลต่อการเลือกใช้โครงสร้างทางด้านวิศวกรรมประกอบไปด้วย จุดต่อ ขนาดโครงสร้าง และช่วงพาดกว้าง ซึ่งเป็นแนวทางในการเก็บข้อมูลภาคสนามและการวิเคราะห์สถาปัตยกรรมที่ส่งผลต่อโครงสร้างวิศวกรรม นอกจากนี้ยังช่วยให้สามารถกำหนดขอบเขตเนื้อหาข้อมูลในการเก็บให้แคบลง และครอบคลุมตามวัตถุประสงค์อีกด้วย โดยแสดงรายละเอียดดังแผนภาพ

ภาพที่ 3.1 แสดงกรอบแนวคิดในการวิจัย
ที่มา : ผู้วิจัย 2565

3.3 การเลือกตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา

การวิจัยครั้งนี้นอกจากการรวบรวมข้อมูลเอกสารทางวิชาการแล้ว การเลือกตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาเพื่อการเก็บข้อมูล ให้ได้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อการวิเคราะห์เชิงลึก และสามารถเห็นประเด็นที่แตกต่างจากข้อมูลเอกสารทางวิชาการได้ ซึ่งจะช่วยแสดงสภาพความเป็นจริงของโครงสร้างเหล็กรูปพรรณชัดเจนยิ่งขึ้น นำข้อมูลที่เก็บได้มาทำการทดลอง และวิเคราะห์ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของแนวทางการออกแบบโครงสร้างเหล็กรูปพรรณได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการเลือกตัวอย่างเป็นวิธีการเลือกแบบเจาะจง โดยเลือกกรณีศึกษาที่เป็นกลุ่มอาคารสถานีรถไฟฟ้ายกระดับ และระดับดิน ซึ่งเป็นกลุ่มอาคารที่มีการใช้งานลักษณะเดียวกัน แต่มีความหลากหลายของรูปแบบโครงสร้าง ขึ้นอยู่พื้นที่การใช้งาน และรวมถึงปัจจัยด้านอื่น ๆ โดยทำการศึกษาสถานีรถไฟฟ้าสานสีแดง ตลิ่งชัน-บางซื่อ-รังสิต ประกอบไปด้วย สายสีแดงอ่อน และสีแดงเข้ม ซึ่งทั้ง 2 สาย บริษัทผู้ออกแบบต่างกัน และรูปแบบของสถานีต่างกัน จึงมีรูปแบบโครงสร้างหลังคาแตกต่างกัน เนื่องจากมีเกณฑ์ที่เหมาะสมด้วยรูปแบบโครงสร้างเหล็กรูปพรรณหลากหลายรูปแบบจากข้อมูลเบื้องต้น โดยมีข้อพิจารณาในการเลือกตัวอย่างที่มีความเหมาะสม ดังนี้

1) ตัวอย่างอาคาร

- กรณีศึกษาเป็นอาคารที่ใช้โครงสร้างเหล็กรูปพรรณเป็นโครงสร้างหลัก ประกอบไปด้วย องค์อาคารเหล็กโครงสร้างเหล็กรูปพรรณ จุดต่อระหว่างองค์อาคาร และจุดต่อฐานรองรับ
- ลักษณะการใช้งานอาคารเหมือนกัน หรือใกล้เคียงกัน มีรูปแบบโครงสร้าง
- โครงสร้างหลักสามารถวิเคราะห์ได้ด้วยวิธีการ 2 มิติ

2) บุคคลที่เกี่ยวข้องกับการก่อสร้างอาคารกรณีศึกษา

- ผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์ที่เกี่ยวข้อง เช่น สถาปนิก หรือวิศวกร

3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล

3.4.1 การเก็บรวบรวมข้อมูลปฐมภูมิ

รวบรวมข้อมูลรูปแบบจุดต่อโครงสร้างหลังคา เสา คาน และลักษณะทางด้านกายภาพที่สามารถสังเกตได้จากสถานที่จริง (สถานีรายทาง สถานีรถไฟฟ้าสายสีแดง ตลิ่งชัน-บางซื่อ-รังสิต) โดยทำการลงพื้นที่ ถ่ายรูปทำการเก็บข้อมูล จดบันทึกตามแบบสำรวจ วัดขนาดตามจุดต่าง ๆ เช่น จุดต่อฐานรองรับ องค์อาคาร เพื่อเปรียบเทียบกับแบบก่อสร้าง และนำมาทำการวิเคราะห์แรงภายในโครงสร้างหลังคา ผ่านโปรแกรม SAP2000 ร่วมกับการสัมภาษณ์ สถาปนิก วิศวกร หรือผู้ออกแบบที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาทำการสรุปเป็นปัจจัยด้านการออกแบบที่ส่งผลต่อโครงสร้าง ร่วมกับการวิเคราะห์โครงสร้าง เพื่อวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อการออกแบบอาคารสถานีรถไฟฟ้าด้วยโครงสร้างเหล็กรูปพรรณนั้นเอง

3.4.2 การเก็บรวบรวมข้อมูลทุติยภูมิ

รวบรวมข้อมูลเชิงลึกจากเอกสารทางวิชาการ และรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องโครงสร้างหลังคาเหล็กรูปพรรณ ประกอบไปด้วย แบบทางสถาปัตยกรรม (Architect Drawing) และแบบทางด้านวิศวกรรม (Structure Drawing) เพื่อนำรายละเอียดในส่วนของขนาดโครงสร้าง จุดต่อ และช่วงพาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กว้าง ซึ่งรายละเอียดดังกล่าวจะมาเป็นฐานข้อมูลในการวิเคราะห์โครงสร้างผ่านโปรแกรม SAP2000 และนำค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ไปสรุปผลต่อไป

3.5 เครื่องมือในการวิจัย

เนื่องจากการวิเคราะห์ข้อมูลแบ่งออกเป็นวิเคราะห์หาปัจจัยด้านการออกแบบ และวิเคราะห์หาปัจจัยอื่นนอกเหนือจากการออกแบบ หรือการวิเคราะห์ด้านวิศวกรรม จึงสามารถแบ่งเครื่องมือในการวิจัยออกเป็น 3 รูปแบบ เพื่อให้สามารถตอบปัญหาในการวิจัยได้ครบถ้วน

3.5.1 แบบสัมภาษณ์

เป็นการนำแนวคิด ทฤษฎีที่ได้ หรือประเด็นที่ต้องการจะวิเคราะห์จากการทบทวนวรรณกรรม รวมถึงข้อมูลเชิงลึกที่ได้จากการสำรวจสถานที่จริง นำประเด็นที่ได้ทั้งหมดมาทำแบบสัมภาษณ์ เพื่อนำมาสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้าง โดยมีมาตรฐานเดียวกัน

3.5.2 เครื่องมือในการเก็บข้อมูลภาคสนาม

ใช้กล้องถ่ายรูปเป็นเครื่องมือเก็บตัวแปรที่สนใจในอาคารกรณีศึกษา ตามรายละเอียดที่ได้จากแบบก่อสร้าง (As build drawing) โดยทำการถ่ายรูปในส่วนของรายละเอียดสำคัญเพื่อประกอบการวิเคราะห์ ประกอบไปด้วย เสา คาน หลังคา และจุดต่อ

3.5.3 เครื่องมือในการทดสอบเชิงวิศวกรรมโครงสร้าง

การวิจัยนี้เลือกใช้โปรแกรม SAP2000 เนื่องจากเป็นโปรแกรมวิเคราะห์โครงสร้างด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite element) ที่ใช้อย่างแพร่หลายในการวิเคราะห์โครงสร้าง เพื่อศึกษาพฤติกรรมของแรงภายในที่เกิดขึ้นในโครงสร้างรูปแบบต่าง ๆ โดยสามารถคำนวณโครงสร้างที่ซับซ้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพ หลักการทั่วไปของวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์คือการแบ่งระบบโครงสร้างเป็นเอลิเมนต์ย่อย ซึ่งการจำลองโครงสร้างหลังคาในวิจัยครั้งนี้ ใช้วิธีการจำลองโครงสร้างเป็นเอลิเมนต์มิติเดียว ด้วยจุดต่อ 2 จุด (2-Node frame element) เอลิเมนต์มิติเดียวใช้แทนโครงสร้างที่การกระจัดหรือการเคลื่อนที่ทิศทางเดียวในลักษณะเชิงเส้นนั้นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 วิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากข้อมูลปฐมภูมิ และข้อมูลทุติยภูมิ เพื่อให้บรรลุตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ และมีสมมติฐานที่ต้องการพิสูจน์ 2 ประเด็น จึงแยกประเด็นในการวิเคราะห์ออกเป็น 2 ประเด็นหลัก โดยสามารถแบ่งรายละเอียดได้ดังนี้

3.6.1 การวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อการออกแบบ

ในการวิเคราะห์แรก จะเป็นการวิเคราะห์หัวข้อต่าง ๆ จากข้อมูลเอกสารทางวิชาการ และจากการสัมภาษณ์ผู้ออกแบบจริง เพื่อให้ได้ประเด็นในการวิเคราะห์

1) ข้อมูลทั่วไป เพื่อนำมาวิเคราะห์ว่ามีความสัมพันธ์กับรูปแบบสถานีอย่างไร
2) ปัจจัยการออกแบบ ประกอบไปด้วย สภาพแวดล้อม การใช้สอย วัสดุก่อสร้าง วิธีการก่อสร้าง และงบประมาณการก่อสร้าง เพื่อเป็นการวิเคราะห์ในการกำหนดตำแหน่งที่ตั้ง การใช้งานพื้นที่ ลักษณะภูมิประเทศ รูปแบบการก่อสร้าง ที่มาของงบประมาณการก่อสร้าง มีความสัมพันธ์กันอย่างไร และส่งผลอย่างไรกับรูปแบบสถานีรถไฟฟ้า
3) เปรียบเทียบข้อเหมือน และข้อแตกต่าง เพื่อวิเคราะห์หาปัจจัยที่ส่งผลต่อรูปแบบสถานีรถไฟฟ้า

3.6.2 การวิเคราะห์ปัจจัยด้านโครงสร้าง

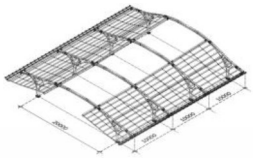
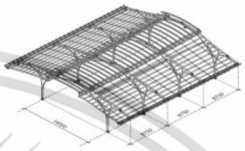
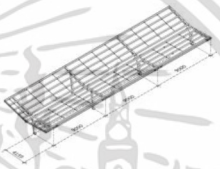
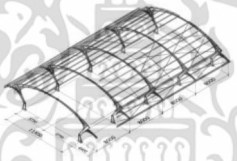
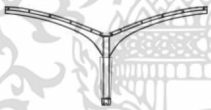
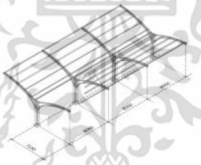
เป็นการวิเคราะห์โดยใช้แบบก่อสร้าง (As build drawing) และข้อมูลจากการลงพื้นที่ โดยการใช้โปรแกรม SAP2000 ในการวิเคราะห์ข้อมูลในหัวข้อต่าง ๆ ดังนี้

1) การวิเคราะห์จำแนกลักษณะทางกายภาพ

จำแนกรูปแบบโครงสร้างตามลักษณะรูปทรงโครงสร้างของกรณีศึกษา โดยแจกแจงรายละเอียดแต่ละรูปแบบ ประกอบไปด้วย ช่วงพาดกว้าง ขนาดโครงสร้าง และประเภทจุดต่อฐานโครงสร้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 แสดงตัวอย่างการวิเคราะห์จำแนกลักษณะทางกายภาพกรณีศึกษา

รูปแบบสถานีรายทางสายสีแดง ตลิ่งชัน-บางซื่อ-รังสิต					
รูปแบบ		รูปทรงโครงสร้าง		ช่วงพาด กว้าง / ระยะยื่น	ชนิด ฐานรองรับ
สายสีแดงเข้ม	A-1			20 ม./ 4.05 ม.	ยึดแน่น
	A-2			16 ม./ 5.30 ม.	ยึดแน่น
	A-3			ระยะห่าง 9 ม. / 4.519 ม.	ยึดแน่น
สายสีแดงอ่อน	B-1			13.45 ม. / 4.3 ม.	ยึดแน่น
	B-2			ระยะห่าง 6 ม. / 7.15 ม.	ยึดแน่น

2) การวิเคราะห์แรงภายในโครงสร้าง

วิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ โดยใช้โปรแกรม SAP2000 วิเคราะห์รูปแบบและแนวโน้มของแรงที่เกิดขึ้นภายในองค์อาคาร

ตารางที่ 3.2 ตัวอย่างแรงภายในโครงสร้างหลังคาของกรณีศึกษา

องค์อาคาร	**โมเมนต์แรงดัด (Bending moment diagram)**	**ลักษณะ**
1.เสา		
2.ช่วงคาน		

3) การวิเคราะห์เปรียบเทียบผลของจุดต่อฐานรองรับที่มีผลต่อรูปทรงโครงสร้าง

วิเคราะห์เปรียบเทียบระหว่างจุดต่อฐานรองรับ 2 รูปแบบ ประกอบไปด้วย จุดต่อยึดแน่น และจุดต่อยึดหมุน เพื่อนำผลที่ได้มาทำการวิเคราะห์ เหตุผลในการเลือกใช้ให้เกิดรูปทรงทางสถาปัตยกรรมที่แตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.3 ตัวอย่างการเปรียบเทียบจุดต่อบริเวณฐานรองรับของกรณีศึกษา

องค์อาคาร	**โมเมนต์แรงดัด (Bending moment diagram)**		**ลักษณะ**
	ฐานรองรับแบบยึดแน่น (Fixed)	ฐานรองรับแบบยึดหมุน (Hinge)	
1.เสา			
2.ช่วงคาน			

3.7 การสรุป อภิปราย และเสนอแนะ

จากกระบวนการวิจัยที่กล่าวไปข้างต้น สามารถสรุปและอภิปรายได้ 3 ส่วนคือ

1) สรุปและอภิปรายปัจจัยที่ส่งผลต่อการออกแบบทางสถาปัตยกรรม
2) สรุปและอภิปรายลักษณะทางกายภาพของโครงสร้างกรณีศึกษา
3) สรุปและอภิปรายผลของประเภทจุดต่อ ที่ส่งผลให้การเกิดแรงภายในชิ้นส่วน ขนาดโครงสร้าง และรูปทรงสถาปัตยกรรมที่แตกต่างกันในแต่ละสถานีรถไฟ และเสนอแนะในการทำวิจัยต่อไป

3.8 การดำเนินการวิจัย

การดำเนินการวิจัยสามารถแบ่งกระบวนการ ประกอบไปด้วย ศึกษาข้อมูล ลงพื้นที่เก็บข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูล และสรุปผลเพื่อตอบสมมติฐานที่ตั้งไว้

3.8.1 การศึกษาข้อมูล

ศึกษาข้อมูลจากเอกสารทางวิชาการเพื่อให้เข้าใจทฤษฎีด้านการออกแบบ เข้าใจการออกแบบโครงสร้างเหล็กรูปพรรณ และรูปแบบของสถานีรถไฟฟ้ารูปแบบต่าง ๆ ก่อนลงพื้นที่เก็บข้อมูล

3.8.2 เก็บข้อมูล

1) ลงพื้นที่เก็บข้อมูล และศึกษาแบบก่อสร้างของอาคารกรณีศึกษา เพื่อให้ทราบก่อนการลงพื้นที่ในการเก็บข้อมูลส่วนต่าง ๆ ได้แก่ ลักษณะทางกายภาพของอาคารกรณีศึกษา เสา คาน หลังคา และจุดต่อโครงสร้าง
2) สัมภาษณ์สถาปนิกครั้งที่ 1 เพื่อให้เข้าใจปัจจัยในการออกแบบของแต่ละโครงการ และประเด็นในการศึกษาเพิ่มเติม และข้อมูลจริงจากสถาปนิกผู้ออกแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.8.3 วิเคราะห์ข้อมูล

1) วิเคราะห์ปัจจัยด้านการออกแบบ โดยการนำบทสรุประหว่างทฤษฎีที่เกี่ยวข้องจากการทบทวนวรรณกรรมในเรื่องปัจจัยการออกแบบวิเคราะห์ควบคู่กับผลสัมภาษณ์ครั้งนี้ 1 เพื่อออกแบบแบบสอบถามครั้งที่ 2 ว่าสิ่งที่ผู้วิจัยเข้าใจเป็นสิ่งที่ถูกต้อง และสรุปผลการสัมภาษณ์ครั้งที่ 2 เพื่อนำไปเป็นข้อสรุปผลการวิจัย
2) วิเคราะห์ปัจจัยนอกเหนือจากการออกแบบ หรือปัจจัยทางด้านโครงสร้าง

   2.1) จำแนกรูปทรงของโครงสร้างอาคารกรณีศึกษา นำไปสร้างแบบจำลองในแต่ละรูปแบบเพื่อทำการทดสอบผ่านโปรแกรม SAP2000

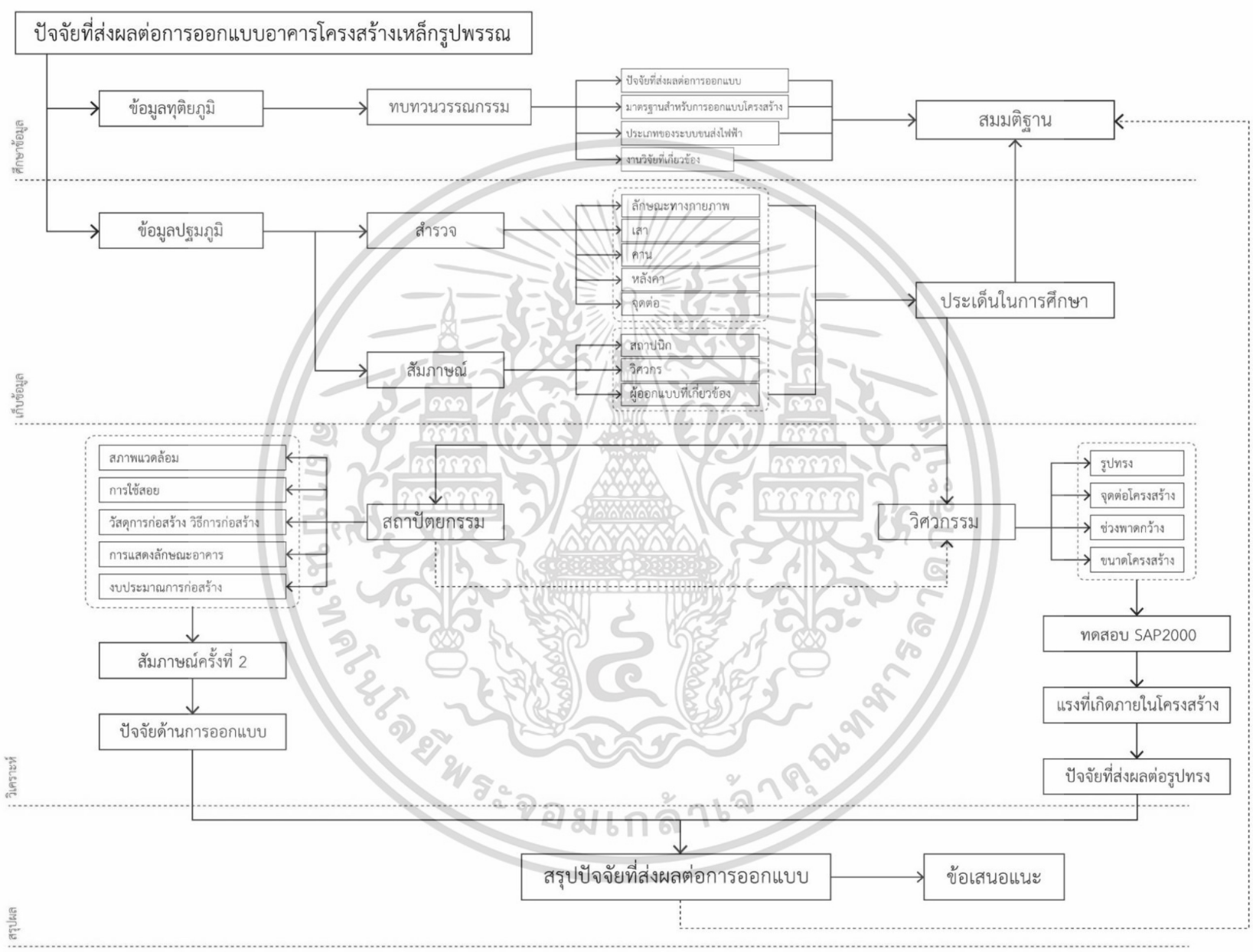
   2.2) ทดสอบแรงที่เกิดขึ้นภายในโครงสร้าง นำผลการทดสอบมาใช้ในการวิเคราะห์ร่วมกับรูปทรงของโครงสร้างแต่ละรูปแบบ เพื่อศึกษาแนวโน้มของแรง และรูปทรงโครงสร้าง

   2.3) สร้างแบบจำลองโดยการเปลี่ยนประเภทของฐานรองรับ เพื่อทดสอบผลจากประเภทของฐานรองรับ เพื่อเปรียบเทียบและวิเคราะห์ผลที่เกิดขึ้น

3.8.4 สรุปผลการวิจัย

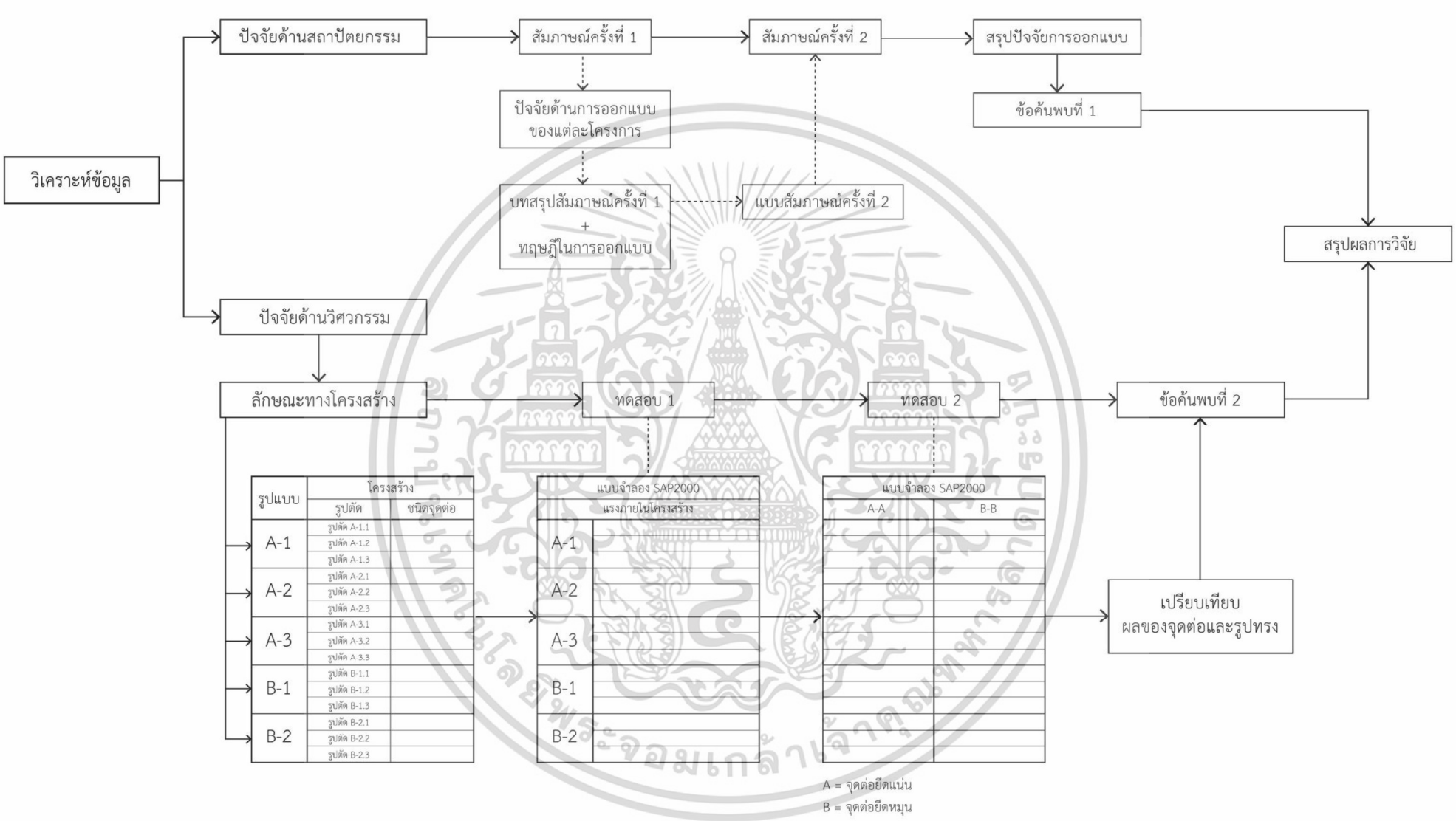
วิธีการดำเนินวิจัยสรุปเป็นแผนผังแสดงลำดับในการดำเนินการ ได้ดังภาพที่ 3.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.2 แสดงแผนผังดำเนินการศึกษา

ที่มา : ผู้วิจัย 2565



ภาพที่ 3.3 แสดงรายระเอียดการวิเคราะห์ข้อมูล

ที่มา : ผู้วิจัย 2566

บทที่ 4
ผลการศึกษาที่มาและรูปแบบโครงสร้างหลังคาของอาคารสถานีรถไฟฟ้า

เบื้องต้น โดยจะทำการสรุปข้อมูลที่รวบรวมได้ เรียบเรียงให้เป็นประเด็นข้อมูลพื้นฐานโครงการ และรายละเอียดการใช้งานของแต่ละสถานี การศึกษาข้อมูลเชิงลึกมาจากการสัมภาษณ์ผู้ออกแบบโดยตรง สำรวจ ศึกษาจากรายละเอียดแบบสถาปัตยกรรมและแบบวิศวกรรม และทำการจำแนกเรียบเรียงเฉพาะหัวข้อที่ต้องการศึกษา เช่น การใช้งานพื้นที่ ขนาดโครงสร้าง และรูปแบบของโครงสร้างหลังคา เป็นต้น

โดยทำการศึกษาข้อมูลทั่วไปโครงการรถไฟชานเมืองสายสีแดง เพื่อให้เข้าใจประวัติความเป็นมาของสถานี เส้นทางการเดินรถ และรูปแบบรถไฟที่ใช้ในโครงการที่ส่งผลต่อการออกแบบสถานี ซึ่งจะนำข้อมูลส่วนนี้นำไปใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นที่ในการใช้งานพื้นที่ภายในสถานี และรูปแบบโครงสร้างหลังคาที่ค้นพบ จากการลงพื้นที่สำรวจพบว่าโครงสร้างหลังคาของอาคารสถานีรถไฟฟ้าสายสีแดงมีทั้งหมด 5 รูปแบบ ประกอบด้วยโครงข้อแข็ง (Portal Frame) 3 รูปแบบ และโครงเสารูปตัว T 2 รูปแบบ พื้นที่การใช้งานอาคารสถานีรถไฟฟ้าแตกต่างกัน เนื่องจากแต่ละสถานีรองรับรถไฟไม่เท่ากัน ซึ่งสายสีแดงเข้ม และสายสีแดงอ่อน แบ่งการใช้งาน 2 รูปแบบคือ สถานีที่รองรับเฉพาะรถไฟชานเมือง และสถานีที่รองรับรถไฟชานเมืองและรถไฟทางไกล ทั้ง 2 รูปแบบจะมีขนาดสถานีแตกต่างกัน ต่อมาเขียนแบบทางสถาปัตยกรรมเพื่อจำแนกขนาดโครงสร้าง และสรุปประเด็นในการสัมภาษณ์สถาปนิกผู้ออกแบบ เพื่อให้ได้ปัจจัยด้านการออกแบบ และนำส่วนนี้ไปวิเคราะห์ในบทถัดไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

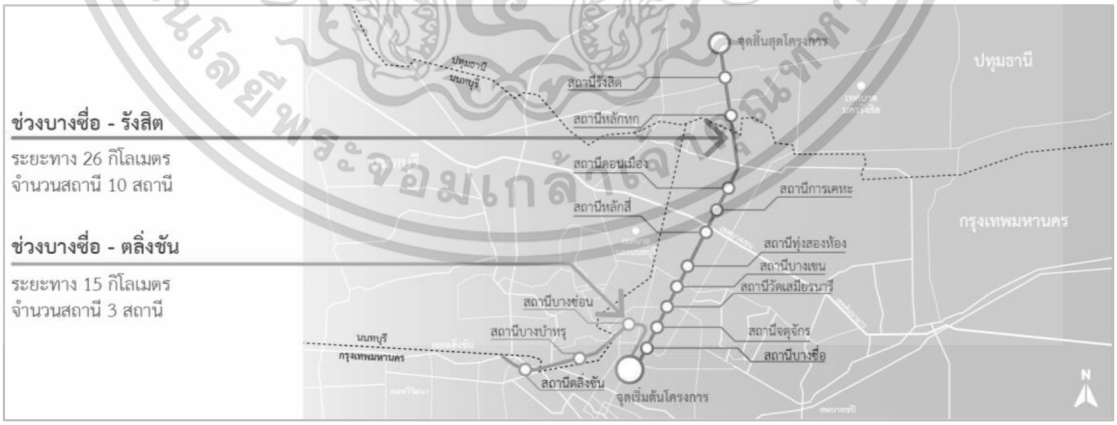
4.1 ข้อมูลทั่วไปโครงการรถไฟชานเมืองสายสีแดง (The S.R.T. Red Line Mass Transit System Project)

4.1.1 ข้อมูลเบื้องต้น

4.1.1.1 ประวัติความเป็นมาของสถานีรถไฟฟ้าสายสีแดง

โครงการปรับแบบรายละเอียดระบบรถไฟฟ้าสายสีแดง ช่วงบางซื่อ-รังสิต รวมสถานีรถไฟบางซื่อ เป็นโครงการที่สืบเนื่องมาจากการดำเนินงานออกแบบรายละเอียดโครงการระบบขนส่งทางรถไฟในกรุงเทพมหานครสายเหนือ (ช่วงบางซื่อ-รังสิต) และย่านสถานีรถไฟบางซื่อ ซึ่งได้ดำเนินการออกแบบสถานีรถไฟกลางบางซื่อ และสถานีรายทาง 4 สถานีได้แก่ สถานีบางเขน สถานีหลักสี่ สถานีดอนเมือง และสถานีรังสิต เพื่อให้บริการระบบรถไฟทางไกล และรถไฟชานเมือง

คณะรัฐมนตรีได้อนุมัติให้รฟท. ดำเนินโครงการระบบรถไฟชานเมือง (สายสีแดง) ช่วงรังสิต-บางซื่อ-ตลิ่งชัน ตามมติคณะรัฐมนตรีเมื่อวันที่ 22 พฤษภาคม พ.ศ.2550 โดยให้ส่วนของบางซื่อ-ตลิ่งชัน ดำเนินการก่อสร้างงานโยธาไปก่อน และให้ส่วนของระบบไฟฟ้า อาณัติสัญญาณ และการสื่อสารของส่วนงานดังกล่าว รวมอยู่ในการประกวดราคางานในส่วนของบางซื่อ-รังสิต ด้วย จึงทำให้ภารกิจของการศึกษาต้องดำเนินให้เกิดการเชื่อมต่อระหว่างสองโครงการ โดยมีการเดินรถระหว่างกันและให้บริการแก่ผู้โดยสารตามโครงข่ายสายได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยจะต้องขนส่งผู้โดยสารและขนส่งสินค้าในโครงข่ายเดียวกันได้ เพื่อแก้ปัญหาจุดตัดของทางรถไฟกับถนนตามแนวเส้นทางตลอดจนเชื่อมโยงการเดินทางของระบบรถไฟและโครงข่ายระบบขนส่งอื่น ๆ นับเป็นแนวทางการแก้ไขปัญหาการขนส่งและจราจรอย่างยั่งยืน



ภาพที่ 4.1 แสดงแผนที่เส้นทางแผนที่เส้นทางรถไฟสายสีแดง

ที่มา : ดัดแปลงจาก Google Map โดยผู้วิจัย, 2566

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.1.2 เส้นทางเดินรถ

เส้นทางเดินรถของสายสีแดงแบ่งออกเป็น 2 เส้นทางหลัก

1) สายเหนือ North Line (สีแดงเข้ม)

เริ่มต้นจากสถานีกลางบางซื่อ ในชานชาลาที่ 3 และ 4 ลากเส้นไปตามทางรถไฟสายเหนือ ขนานถนนวิภาวดีไปแล้วเบี่ยงตัวออกเมื่อเลยสนามบินไปสุดทางที่รังสิต มีสถานีรายทางอยู่ทั้งหมด 10 ที่ อันได้แก่ สถานีจตุจักร วัดเสมียนนารี บางเขน ทุ่งสองห้อง หลักสี่ การเคหะ ดอนเมือง หลักหก (ม.รังสิต) และสถานีรังสิต

2) สายใต้ West Line (สีแดงอ่อน)

เริ่มต้นจากสถานีกลางบางซื่อเช่นกัน ในชานชาลาที่ 9 และ 10 วกออกไปทางทิศตะวันตกตามแนวทางรถไฟสายใต้ของ รฟท. ผ่านบางซ่อน ข้ามแม่น้ำเจ้าพระยาที่พระนครเหนือ และไปสุดทางที่ตลิ่งชัน มีสถานีน้อยกว่าสายเหนือรวมทั้งหมด 4 สถานี อันได้แก่สถานีกลางบางซื่อ บางซ่อน บางบำหรุ และตลิ่งชัน

4.1.1.3 รูปแบบรถไฟที่ใช้ในโครงการ

มี 2 รูปแบบด้วยกันประกอบไปด้วย

1) รถไฟขนสินค้า ร.ฟ.ท. (Freight Train) เป็นรถจักรดีเซลไฟฟ้าแบบรุ่นดั้งเดิมและรุ่นใหม่ ความกว้างของราง 1 ม. (Meter Gauge) ความเร็วในการเดินรถไม่เกิน 60 กม./ชม.

ภาพที่ 4.2 แสดงรถไฟขนส่งสินค้า (Freight Train)

ที่มา : การรถไฟแห่งประเทศไทย (รฟท.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) รถไฟทางไกล ร.ฟ.ท. (Long Distance Train) เป็นรถจักรดีเซลไฟฟ้าแบบรุ่นดั้งเดิมและรุ่นใหม่ ความกว้างของราง 1 ม. (Meter Gauge) ความเร็วในการเดินรถ 90-120 กม./ชม.

ภาพที่ 4.3 แสดงรถไฟทางไกล (Long Distance Train)
ที่มา : การรถไฟแห่งประเทศไทย (ร.ฟ.ท.)

3) รถไฟชานเมือง (Commuter Train) เป็นระบบรถไฟฟ้าขนาดใหญ่ (Heavy Rail) ปรับอากาศ มี 2 แบบ คือ รถความยาว 6 ตู้ (6 Cars Set) และรถความยาว 4 ตู้ (4 Cars Set) ซึ่งทั้งสองแบบนี้ใช้งานต่างกันในแต่ละสาย โดยรถแบบ 6 ตู้ จะวิ่งในเส้นทางสายเหนือ (North Line) จากบางซื่อถึงรังสิต ส่วนแบบ 4 ตู้จะวิ่งในเส้นทางสายตะวันตก (West Line) รวมทั้งหมด 25 ขบวน โดยขบวนรถแบบ 6 ตู้ มี 15 ชุด และขบวนรถแบบ 4 ตู้ มี 10 ชุด แสดงตารางเปรียบเทียบ ดังนี้

ภาพที่ 4.4 แสดงรถไฟชานเมือง (Commuter Train)
ที่มา : การรถไฟแห่งประเทศไทย (ร.ฟ.ท.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างตัวรถของสายสีแดงเข้มและสายสีแดงอ่อน

สายสีแดงเข้ม (6 ตู้)	สายสีแดงอ่อน (4 ตู้)
– ตัวรถ ฮิตาชิ Series2000 (Class2000) – รถปรับอากาศขนาดกว้าง 2.86 ม. ยาว 20 ม. ต่อตู้ สูงประมาณ 3.7 ม. – ทั้งหมด 15 ขบวน 90 ตู้ – มีความเร็วสูงสุด 152 กม./ชม. – ใช้ไฟฟ้ากระแสสลับ 25 กิโลโวลต์ 50 เฮิรตซ์ เพื่อป้อนระบบขับเคลื่อนรถ – สามารถรองรับผู้โดยสารได้ 18,213 คน/ชม./ทิศทาง – จุผู้โดยสารได้สูงสุด 1,710 คนต่อขบวน – ใช้ระบบอาณัติสัญญาณเดินรถด้วยระบบอัตโนมัติจากศูนย์ควบคุมการเดินรถ	– ตัวรถ ฮิตาชิ Series2000 (Class2000) – รถปรับอากาศขนาดกว้าง 2.8-3.7 ม. ยาว 20 ม. สูงประมาณ 3.7 ม. – ทั้งหมด 10 ขบวน 40 ตู้ – มีความเร็วสูงสุด 114 กม./ชม. – ใช้ไฟฟ้ากระแสสลับ 25 กิโลโวลต์ 50 เฮิรตซ์ เพื่อป้อนระบบขับเคลื่อนรถ – สามารถรองรับผู้โดยสารได้ 11,960 คน/ชม./ทิศทาง – จุผู้โดยสารได้สูงสุด 1,120 คน/ขบวน – ใช้ระบบอาณัติสัญญาณเดินรถด้วยระบบอัตโนมัติจากศูนย์ควบคุมการเดินรถ

ที่มา : การรถไฟแห่งประเทศไทย (รฟท.)

4.1.2 รูปแบบสถานี

ในการวิจัยในครั้งนี้มีการลงสำรวจเพื่อแยกประเภทโครงสร้างหลังคา ประกอบกับดูแบบทางสถาปัตยกรรม (As-building) ลงสำรวจเพื่อดูการใช้งานพื้นที่ของแต่ละสถานี ซึ่งมีรูปแบบแตกต่างกัน โดยทำการสรุปไว้ในหัวข้อ 4.1.2 เป็นการสรุปข้อมูลโดยรวมที่ได้จากการสำรวจ ประกอบไปด้วย รูปภาพของแต่ละสถานี สถานที่ตั้ง ผู้รับผิดชอบโครงการ รูปแบบรางรถไฟ และลักษณะทางกายภาพภายนอก

ผลการสำรวจพบว่า รูปแบบโครงสร้างหลังคา ประกอบไปด้วย รูปแบบของโครงข้อแข็งเกร็ง (Portal Frame) และรูปแบบของเสารูปตัว T นำมาวางขนาบข้างกัน และเว้นช่องแสงด้านบน (โครงสร้างไม่เชื่อมต่อกัน)

ได้ทำการลงพื้นที่ 13 สถานี ประกอบไปด้วยสายสีแดงเข้ม 10 สถานี ระยะทางทั้งหมด 22.6 กิโลเมตร และสายสีแดงอ่อน 3 สถานี ระยะทางทั้งหมด 15 กิโลเมตร ใช้เวลาในการเดินทางระหว่างสถานีประมาณ 2-5 นาที รอรถในแต่ละเที่ยวประมาณ 20-30 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 แสดงผลการสำรวจสถานีรถไฟสายสีแดงเข้ม

ชื่อสถานี	สถานที่ตั้ง	ผู้รับผิดชอบโครงการ	รูปแบบรางรถไฟฟ้า	ลักษณะทางกายภาพ
1) สถานีจัตุจักร	ตั้งอยู่ระหว่างสถานีกลางบางซื่อ และสถานีวัดเสมียนนารีโดย ตำแหน่งของสถานีจตุจักรตั้งอยู่ในบริเวณถนนกำแพงเพชร 2 และถนนกำแพงเพชร 6 ใกล้กับบ้านพักการรถไฟฯ	การรถไฟแห่งประเทศไทย (รฟท.)	Side Platform รองรับแนวรางตรงกลางจำนวน 4 ราง และชานชาลาอยู่บริเวณด้านข้าง	กว้างประมาณ 23 ม. ความยาวในส่วนของหลังคาที่คลุมสถานีประมาณ 210 ม. รูปทรงโครงสร้างหลังคาไล่ระดับความโค้งไม่เท่ากัน หลังคาแบ่งเป็น 2 ส่วนคลุม 2 ข้าง โปร่งบริเวณตรงกลาง
2) สถานีวัดเสมียนนารี	ตั้งอยู่ระหว่างสถานีจตุจักรและสถานีบางเขน โดยสถานีวัด เสมียนนารีตั้งอยู่ในบริเวณแยกถนนกำแพงเพชร 6 ตัดกับถนนเทศบาลสงเคราะห์ตรงข้าม กับวัดเสมียนนารีถนนวิภาวดีรังสิต	การรถไฟแห่งประเทศไทย (รฟท.)	Side Platform รองรับแนวรางตรงกลางจำนวน 4 ราง และชานชาลาอยู่บริเวณด้านข้าง	กว้างประมาณ 23 ม. ความยาวในส่วนของหลังคาที่คลุมสถานีประมาณ 210 ม. รูปทรงโครงสร้างหลังคาไล่ระดับความโค้งไม่เท่ากัน หลังคาแบ่งเป็น 2 ส่วนคลุม 2 ข้าง โปร่งบริเวณตรงกลาง
3) สถานีบางเขน	ตั้งอยู่ระหว่างสถานีวัดเสมียนนารีและสถานีทุ่งสองห้อง โดยสถานี บางเขนตั้งอยู่ในบริเวณแยกบางเขน ช่วงถนนกำแพงเพชร 6 ตัดกับถนนงามวงศ์วาน ตรง ข้ามกับมหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์ ถนนวิภาวดีรังสิต	การรถไฟแห่งประเทศไทย (รฟท.)	Side Platform รองรับแนวรางตรงกลางจำนวน 4 ราง และชานชาลาอยู่บริเวณด้านข้าง	กว้างประมาณ 23 ม. ความยาวในส่วนของหลังคาที่คลุมสถานีประมาณ 210 ม. รูปทรงโครงสร้างหลังคาไล่ระดับความโค้งไม่เท่ากัน หลังคาแบ่งเป็น 2 ส่วนคลุม 2 ข้าง โปร่งบริเวณตรงกลาง

ตารางที่ 4.2 (ต่อ)

ชื่อสถานี	สถานที่ตั้ง	ผู้รับผิดชอบโครงการ	รูปแบบรางรถไฟฟ้า	ลักษณะทางกายภาพ
4) สถานีทุ่งสองห้อง	ตั้งอยู่ระหว่างสถานีบางเขนและสถานีหลักสี่ โดยสถานีทุ่งสองห้องตั้งอยู่ในบริเวณถนนกำแพงเพชร 6 และถนนวิภาวดีรังสิต ใกล้กองกำกับการสุนัขตำรวจ	การรถไฟแห่งประเทศไทย (รฟท.)	Side Platform รองรับแนวรางตรงกลางจำนวน 4 ราง และชานชาลาอยู่บริเวณด้านข้าง	กว้างประมาณ 23 ม. ความยาวในส่วนของหลังคาที่คลุมสถานีประมาณ 210 ม. รูปทรงโครงสร้างหลังคาไล่ระดับความโค้งไม่เท่ากัน หลังคาแบ่งเป็น 2 ส่วนคลุม 2 ข้าง โปร่งบริเวณตรงกลาง
5) สถานีหลักสี่	ตั้งอยู่ทางทิศใต้ของแยกหลักสี่ซึ่งเป็นแยกที่ตัดกันระหว่างถนนวิภาวดีรังสิต กับถนนแจ้งวัฒนะ โดยตำแหน่งสถานีเดิมตั้งอยู่ในบริเวณใกล้กับสถานีรถไฟหลักสี่ในปัจจุบัน ตรงข้ามกับสถาบันวิจัยจุฬาภรณ์ โดยผลการศึกษาทบทวนได้ปรับเปลี่ยนตำแหน่งของสถานี หลักสี่ใหม่ให้ตั้งอยู่บริเวณถนนกำแพงเพชร 6 ทางด้านทิศเหนือของแยกหลักสี่ ตรงข้ามกับอาคารไอทีสแควร์	การรถไฟแห่งประเทศไทย (รฟท.)	Side Platform รองรับแนวรางตรงกลางจำนวน 4 ราง และชานชาลาอยู่บริเวณด้านข้าง	กว้างประมาณ 23 ม. ความยาวในส่วนของหลังคาที่คลุมสถานีประมาณ 210 ม. รูปทรงโครงสร้างหลังคาไล่ระดับความโค้งไม่เท่ากัน หลังคาแบ่งเป็น 2 ส่วนคลุมปิดทึบ 2 ข้าง โปร่งบริเวณตรงกลาง
6) สถานีการเคหะ	ตั้งอยู่ระหว่างสถานีหลักสี่และสถานีดอนเมือง โดยสถานีการเคหะตั้งอยู่ในบริเวณถนนกำแพงเพชร 6 และถนนวิภาวดีรังสิต ใกล้แฟลตการเคหะฯ ดอนเมือง	การรถไฟแห่งประเทศไทย (รฟท.)	Side Platform รองรับแนวรางตรงกลางจำนวน 4 ราง และชานชาลาอยู่บริเวณด้านข้าง	กว้างประมาณ 23 ม. ความยาวในส่วนของหลังคาที่คลุมสถานีประมาณ 210 ม. รูปทรงโครงสร้างหลังคาไล่ระดับความโค้งไม่เท่ากัน หลังคาแบ่งเป็น 2 ส่วนคลุม 2 ข้าง โปร่งบริเวณตรงกลาง

ตารางที่ 4.2 (ต่อ)

ชื่อสถานี	สถานที่ตั้ง	ผู้รับผิดชอบโครงการ	รูปแบบรางรถไฟฟ้า	ลักษณะทางกายภาพ
7) สถานีดอนเมือง	ตั้งอยู่ถัดจากสถานีการเคหะ โดยสถานีที่สร้างขึ้นใหม่จะตั้งอยู่ ตรงข้ามอาคารผู้โดยสารท่าอากาศยานดอนเมือง บริเวณถนนกำแพงเพชร 6 และถนน วิภาวดีรังสิต ใกล้กับสถานีรถไฟดอนเมืองในปัจจุบัน	การรถไฟแห่งประเทศไทย (รฟท.)	Centre Platform ชานชาลาอยู่ตรงกลางและรถไฟฟ้าวิ่งขนาบสองข้าง ชั้นสามจำนวน 4 ราง และชั้นสี่จำนวน 5 ราง	กว้างประมาณ 17 ม. ความยาวคลุมชานชาลาประมาณ 210 ม. และความยาวทั้งสถานี 550 ม. รูปทรงโครงสร้างหลังคาไล่ระดับความโค้งไม่เท่ากัน หลังคาแบ่งเป็น 3 ส่วนคลุม 2 ข้าง บริเวณตรงกลางเป็นวัสดุเมทัลชีทแบบขุ่นแทน
8) สถานีหลักหก	ตั้งอยู่ระหว่างสถานีดอนเมืองและสถานีรังสิต โดยสถานีหลักหก ตั้งอยู่ในบริเวณถนนกำแพงเพชร 6 เชื่อมต่อกับถนนเอกทักษิณและถนนพหลโยธิน ใกล้หมู่บ้านเมืองเอก	การรถไฟแห่งประเทศไทย (รฟท.)	Side Platform รองรับแนวรางจำนวน 4 ราง โดยมีรางสำหรับส่งสินค้าอยู่ตรงกลาง และชานชาลาอยู่บริเวณด้านข้าง	กว้างประมาณ 21 ม. ความยาวคลุมชานชาลาประมาณ 210 ม. และความยาวทั้งสถานี 240 ม. รูปทรงโครงสร้างหลังคาไล่ระดับความโค้งไม่เท่ากัน หลังคาแบ่งเป็น 3 ส่วนคลุม 2 ข้าง บริเวณตรงกลางเป็นวัสดุเมทัลชีทแบบขุ่นแทน
9) สถานีรังสิต	สถานีปลายทางในระยะแรกของโครงการ โดยสถานีรังสิตตั้งอยู่ในบริเวณ ถนนรังสิต-ปทุมธานีและถนนกำแพงเพชร 6 บริเวณหมู่บ้านรัตนโกสินทร์ 200 ปี	การรถไฟแห่งประเทศไทย (รฟท.)	Centre Platform ชานชาลาอยู่ตรงกลางและรถไฟฟ้าวิ่งขนาบสองข้าง	กว้างประมาณ 23 ม. ความยาวคลุมชานชาลาประมาณ 210 ม.รูปทรงโครงสร้างหลังคาไล่ระดับความโค้งไม่เท่ากัน หลังคาแบ่งเป็น 3 ส่วน คลุม 2 ข้าง บริเวณตรงกลางเป็นวัสดุเมทัลชีทแบบขุ่น

ตารางที่ 4.3 แสดงผลการสำรวจสถานีรถไฟสายสีแดงเข้ม

ชื่อสถานี	สถานที่ตั้ง	ผู้รับผิดชอบโครงการ	รูปแบบรางรถไฟฟ้า	ลักษณะทางกายภาพ
1) สถานีบางซ่อน	ถนนกรุงเทพฯ-นนทบุรี เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ ตั้งอยู่บริเวณใกล้แหล่งชุมชนและอสังหาริมทรัพย์บริเวณพื้นที่เศรษฐกิจ เขตบางซื่อ โดยเป็นจุดเชื่อมต่อกับรถไฟฟ้าสายสีม่วง	การรถไฟแห่งประเทศไทย (รฟท.)	Side Platform รองรับแนวรางตรงกลางจำนวน 2 ราง และชานชาลาอยู่บริเวณด้านข้าง	กว้างประมาณ 15 ม. ความยาวในส่วนของหลังคาที่คลุมสถานีประมาณ 220 ม. หลังคาแบ่งเป็น 4 ส่วนคลุม 2 ข้างโปร่งบริเวณตรงกลาง
2) สถานีบางบำหรุ	ถนนสิรินธร บริเวณซอยเลียบทางรถไฟ ในพื้นที่แขวงบางพลัด เขตบางพลัด กรุงเทพฯ และตำบลวัดชลอ อำเภอบางกรวย จังหวัดนนทบุรี	การรถไฟแห่งประเทศไทย (รฟท.)	Side Platform Centre Platform รองรับจำนวน 6 ราง	สถานีระดับดิน เป็นโครงสร้างเสารูปตัว T ยื่นออกมาคลุมบริเวณชานชาลา โดยมีระยะชายคาคลุมประมาณ 7 ม. ความยาวในส่วนของหลังคาที่คลุมสถานีประมาณ 270 ม.
3) สถานีตลิ่งชัน	ตั้งอยู่ในซอยฉิมพลี 12 แขวงฉิมพลี เขตตลิ่งชัน กรุงเทพฯ	การรถไฟแห่งประเทศไทย (รฟท.)	Side Platform Centre Platform รองรับจำนวน 6 ราง	สถานีระดับดิน เป็นโครงสร้างเสารูปตัว T ยื่นออกมาคลุมบริเวณชานชาลา โดยมีระยะชายคาคลุมประมาณ 5 ม. ความยาวในส่วนของหลังคาที่คลุมสถานีประมาณ 270 ม.

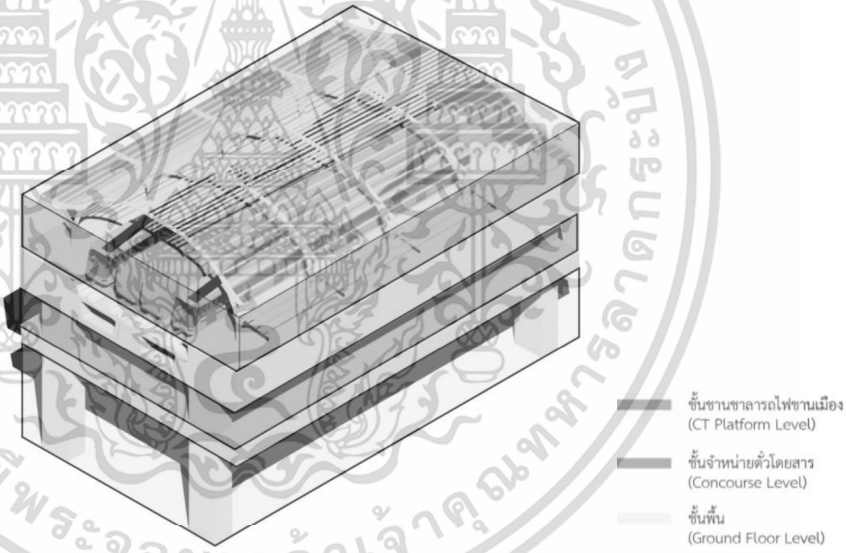
4.1.3 การศึกษาพื้นที่การใช้งาน

จุดมุ่งหมายของสายสีแดงคือการเดินรถไฟร่วมกันระหว่างรถไฟฟ้าชานเมืองกับรถไฟทางไกลไปต่างจังหวัด ทำให้สถานีของรถไฟสายสีแดงจะมีอยู่ด้วยกัน 2 รูปแบบ โดยรูปแบบแรกมีเป็นส่วนใหญ่ของเส้นทางคือ มีเฉพาะรถไฟฟ้าเท่านั้นที่จอดในสถานี รูปแบบที่สองจอดทั้งรถไฟฟ้าชานเมืองและรถไฟทางไกล โดยมีชานชาลาแยกจากกัน มีด้วยกันทั้งสิ้น 5 สถานีที่มีรูปแบบเช่นนี้ นั่นคือสถานีกลางบางซื่อ สถานีดอนเมือง สถานีรังสิต สถานีบางบำหรุ และสถานีตลิ่งชัน โดยจะมีแค่สถานีดอนเมืองกับรังสิตเท่านั้นที่แยกชั้นของชานชาลาอย่างชัดเจน ให้รถไฟฟ้าอยู่ชั้นหนึ่ง และรถไฟทางไกลอยู่อีกชั้นหนึ่ง ต่างกับอีก 3 สถานีที่เหลือที่ชานชาลารถไฟสองประเภทอยู่ในระดับเดียวกัน

4.1.3.1 สถานีรองรับเฉพาะผู้โดยสารรถไฟชานเมือง

4.1.3.1.1 สายสีแดงเข้ม

1) สถานีรูปแบบที่ 1 ประกอบไปด้วย สถานีจตุจักร สถานีวัดเสมียนนารี สถานีบางเขน สถานีทุ่งสองห้อง สถานีหลักสี่ และสถานีการเคหะ



ภาพที่ 4.5 แสดงการใช้งานพื้นที่ของสถานีจตุจักร

ที่มา : ผู้วิจัยดัดแปลงจากแบบก่อสร้างของการรถไฟแห่งประเทศไทย (รฟท.)

(1) ชั้นพื้น (Ground Floor Level)

เป็นพื้นที่ของถนนสำหรับยานพาหนะประเภทต่าง ๆ (Local Road) จัดเตรียมพื้นที่จอดรถสำหรับจอดแล้วจร และสำหรับสงแล้วจร เป็นที่ตั้งของทางขึ้น - ลงสถานีที่ครอบคลุมพื้นที่ตลอดแนวความยาวสถานีทั้งสองฟากของถนน รวมทั้งจัดเตรียมพื้นที่ส วนของห่องเครื่องสำหรับสถานี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

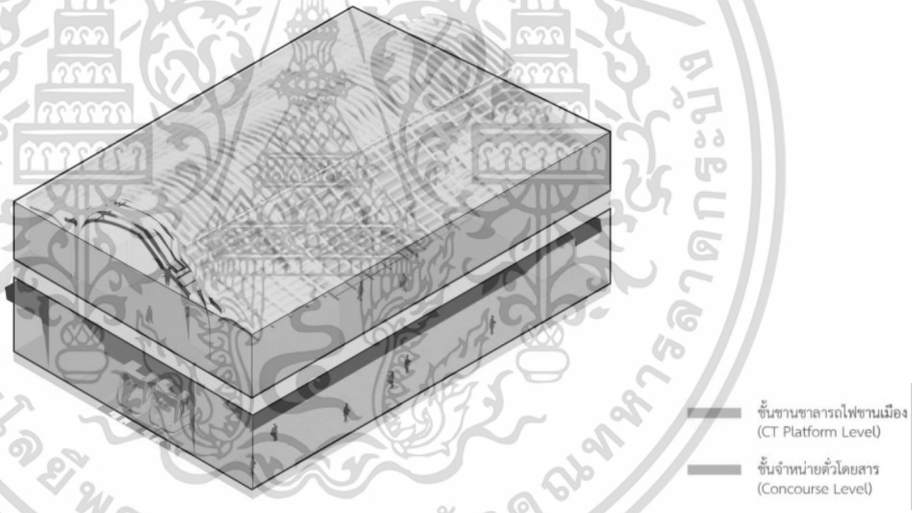
(2) ชั้นจำหน่ายตั๋วโดยสาร (Concourse Level)

แบ่งพื้นที่ออกเป็น 4 ส่วน ประกอบด้วยพื้นที่สวน Free Area เป็นสวนรองรับผู้โดยสารที่ขึ้น-ลงสถานี สำหรับตั้งวางตู้จำหน่ายตั๋วโดยสารและสิ่งอำนวยความสะดวกต่าง ๆ พื้นที่ Paid Area เป็นที่รองรับผู้โดยสารที่ผ่านประตูตรวจตั๋ว พื้นที่ทำงานของเจ้าหน้าที่ (Staff Area) และพื้นที่สำหรับห้องเครื่อง (M&E Area) ตั้งอยู่บริเวณปลายสถานีต่อเนื่องกับสวน Free Area

(3) ชั้นชานชาลารถไฟชานเมือง (CT Platform Level)

ชั้นที่ 3 เป็นชั้นชานชาลาสำหรับผู้โดยสารรถไฟชานเมือง (Commuter Train) มีชานชาลายาวประมาณ 210 ม. เป็นรูปแบบชานชาลาด้านข้าง (Side Platform) รองรับแนวรางจำนวน 4 ราง โดยมีรางสำหรับรถสินค้าอยู่ตรงกลาง

2) สถานีรูปแบบที่ 2 ประกอบไปด้วย สถานีหลักหก เป็นสถานียกระดับแบบเปิดโล่งที่ไม่มีระบบปรับอากาศทุกชั้น จะติดตั้งเครื่องปรับอากาศ เฉพาะในสวนที่จำเป็น เช่น ส่วนสำนักงาน เพื่อประหยัดพลังงาน



ภาพที่ 4.6 แสดงการใช้งานพื้นที่ของสถานีหลักหก

ที่มา : ผู้วิจัยดัดแปลงจากแบบก่อสร้างของการรถไฟแห่งประเทศไทย (รฟท.)

(1) ชั้นชานชาลารถไฟชานเมือง (CT Platform Level)

ชั้นชานชาลาสถานีหลักหกอยู่ที่ระดับพื้น โดยกั้นแบงพื้นที่ชานชาลาและพื้นที่สาธารณะ สำหรับผู้โดยสารรถไฟชานเมือง (Commuter Train) มีชานชาลายาวประมาณ 210 ม. เป็นรูปแบบชานชาลาด้านข้าง (Side Platform) รองรับแนวรางจำนวน 3 ราง โดยมีรางสำหรับรถสินคาอยู่ตรงกลาง

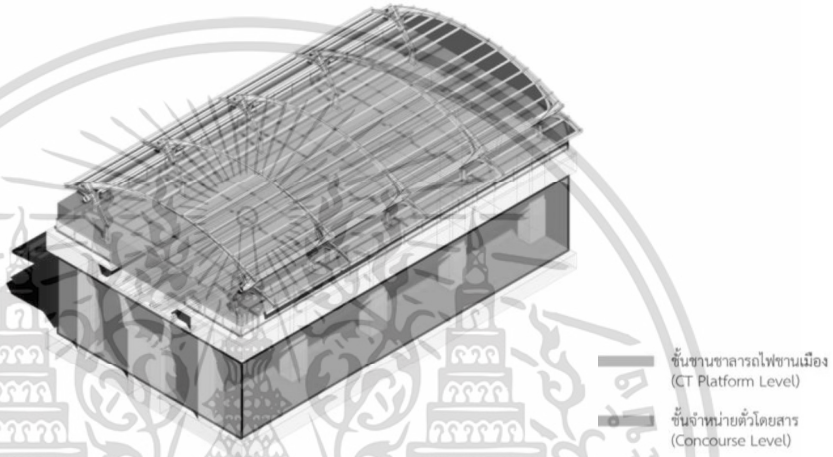
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(2) ชั้นจำหน่ายตั๋วโดยสาร (Concourse Level)

ชั้นที่ 2 เป็นชั้นจำหน่ายตั๋วโดยสาร แบ่งพื้นที่ออกเป็น 4 สวน ประกอบไปด้วยพื้นที่สวน Free Area พื้นที่ Paid Area พื้นที่ทำงานของเจ้าหน้าที่ (Staff Area) และพื้นที่สำหรับห้องเครื่อง (M&E Area)

4.1.3.1.2 สายสีแดงอ่อน

1) สถานีรูปแบบที่ 1 ประกอบไปด้วย สถานีบางซ่อน เป็นสถานียกระดับแบบเปิดโล่งที่ไม่มีระบบปรับอากาศ และเป็นสถานีที่เชื่อมต่อกับสถานี MRT สีม่วง



ภาพที่ 4.7 แสดงการใช้งานพื้นที่ของสถานีบางซ่อน

ที่มา : ผู้วิจัยดัดแปลงจากแบบก่อสร้างของการรถไฟแห่งประเทศไทย (รฟท.)

(1) ชั้นจำหน่ายตั๋วโดยสาร (Concourse Level)

แบ่งพื้นที่ออกเป็น 4 สวน ประกอบ ไปด้วยพื้นที่สวน Free Area พื้นที่ Paid Area พื้นที่ทำงานของเจาหนาที่ (Staff Area) และพื้นที่สำหรับห้องเครื่อง (M&E Area)

(2) ชั้นชานชาลารถไฟชานเมือง (CT Platform Level)

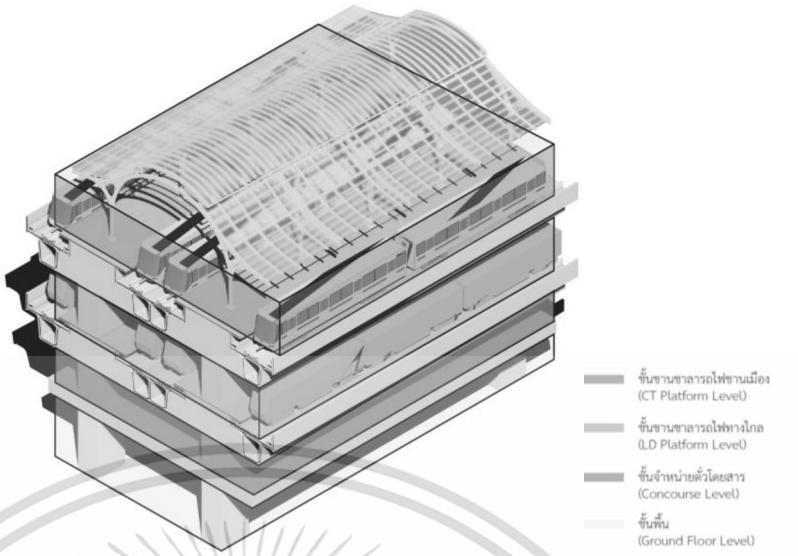
ชั้น 2 เป็นชั้นชานชาลาสถานีบางซ่อน สำหรับผู้โดยสารรถไฟชานเมือง (Commuter Train) มีชานชาลายาวประมาณ 220 ม. เป็นรูปแบบชานชาลาด้านข้าง (Side Platform) รองรับแนวรางจำนวน 2 ราง

4.1.3.2 สถานีรองรับผู้โดยสารรถไฟชานเมืองและรถไฟทางไกล

4.1.3.2.1 สายสีแดงเข้ม

1) สถานีรูปแบบที่ 1 ประกอบไปด้วย สถานีดอนเมือง ลักษณะโดยทั่วไปเป็นสถานียกระดับ จำนวน 4 ชั้น โดยมีชั้นจำหน่ายตั๋วโดยสาร และชั้นชานชาลายกระดับจากพื้นดิน พื้นที่สถานีมีลักษณะเปิดโล่ง ระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.8 แสดงการใช้งานพื้นที่ของสถานีดอนเมือง

ที่มา : ผู้วิจัยดัดแปลงจากแบบก่อสร้างของการรถไฟแห่งประเทศไทย (รฟท.)

(1) ชั้นพื้น (Ground Floor Level)

เป็นพื้นที่ของถนนสำหรับยานพาหนะประเภทต่าง ๆ (Local Road) เป็นที่ตั้งของทางขึ้น-ลงสถานีที่ครอบคลุม พื้นที่ตลอดแนวความยาวสถานีทั้งสองฟากของถนน รวมทั้งจัดเตรียมพื้นที่สวนของหองเครื่อง

(2) ชั้นจำหน่ายตั๋วโดยสาร (Concourse Level)

แบ่งพื้นที่ออกเป็น 5 ส่วน ประกอบ ไปด้วยพื้นที่ส่วน Free Area พื้นที่สำหรับผู้โดยสารรถไฟทางไกล (LD Concourse) เป็นส่วนรองรับผู้โดยสารที่ผ่านประตูตรวจตั๋วโดยสารเพื่อขึ้นไปยังชั้นชานชาลารถไฟทางไกล (LD Platform) พื้นที่ Paid Area กลางสถานีสำหรับผู้โดยสารรถไฟชานเมือง พื้นที่ทำงานของเจ้าหน้าที่ (Staff Area) และพื้นที่สำหรับห้องเครื่อง (M&E Area)

(3) ชั้นชานชาลารถไฟทางไกล (LD Platform Level)

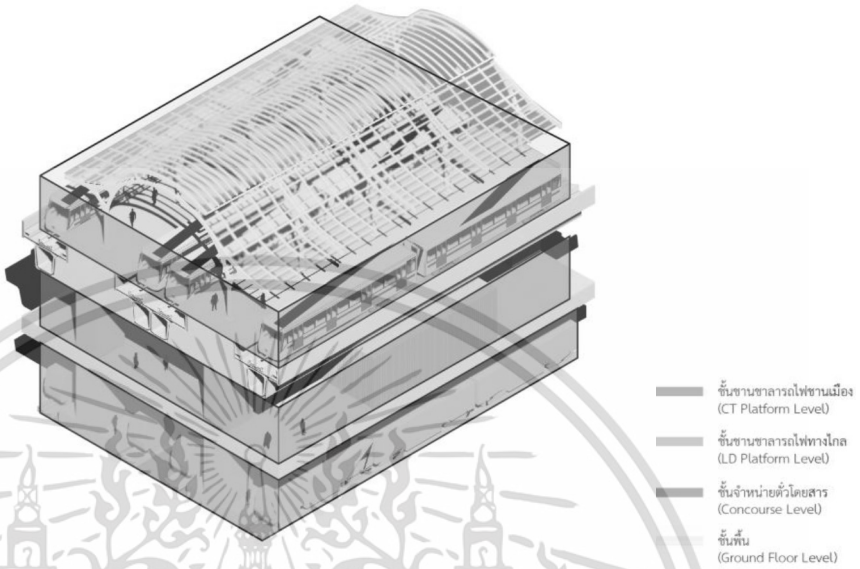
ชั้นที่ 3 เป็นชั้นชานชาลารถไฟทางไกล สำหรับโดยสารรถไฟทางไกล มีชานชาลายาว ประมาณ 500 ม. เป็นรูปแบบชานชาลาตรงกลาง (Center Platform) รองรับแนวราง ทั้งสองดานของชานชาลา โดยมีรางสำหรับรถสินคาอยู่ตรงกลาง

(4) ชั้นชานชาลารถไฟชานเมือง (CT Platform Level)

ชั้นที่ 4 เป็นชั้นชานชาลาสำหรับผู้โดยสารรถไฟชานเมือง (Commuter Train) มีชานชาลายาวประมาณ 210 ม. เป็นรูปแบบชานชาลาตรงกลาง (Center Platform)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) สถานีรูปแบบที่ 2 ประกอบไปด้วย สถานีรังสิต ลักษณะโดยทั่วไปเป็นสถานียกระดับ โดยมีชั้นจำหน่ายตั๋วโดยสารและชั้นชานชาลารถไฟชานเมืองยกระดับจากพื้นดิน สวนชั้นชานชาลารถไฟทางไกลอยู่ที่ระดับพื้น



ภาพที่ 4.9 แสดงการใช้งานพื้นที่ของสถานีรังสิต

ที่มา : ผู้วิจัยดัดแปลงจากแบบก่อสร้างของการรถไฟแห่งประเทศไทย (รฟท.)

(1) ชั้นพื้นและชั้นชานชาลารถไฟทางไกล (LD Platform Level)

เป็นพื้นที่ของถนนสำหรับยานพาหนะประเภทต่าง ๆ (Local Road) และพื้นที่สวนของห่องเครื่องสำหรับสถานี รวมถึงพื้นที่ชานชาลาสำหรับผู้โดยสารรถไฟทางไกล มีความยาวประมาณ 500 ม. รูปแบบชานชาลาตรงกลาง

(2) ชั้นจำหน่ายตั๋วโดยสาร (Concourse Level)

ชั้น 2 แบ่งพื้นที่ออกเป็น 5 สวน ประกอบ ไปด้วยพื้นที่สวน Free Area เป็นสวนรองรับผู้โดยสารที่ขึ้น-ลงสถานี สำหรับตั้งวางตูจำหน่ายตั๋วโดยสารและสิ่งอำนวยความสะดวกต่าง ๆ พื้นที่สำหรับผู้โดยสารรถไฟทางไกล (LD Concourse) เป็นส่วนรองรับผู้โดยสาร (LD Concourse) พื้นที่สวน Paid Area กลางสถานีสำหรับผู้โดยสารรถไฟชานเมือง (CT Concourse) พื้นที่ทำงานของเจ้าหนาที่ (Staff Area) และพื้นที่สำหรับห้องเครื่อง (M&E Area)

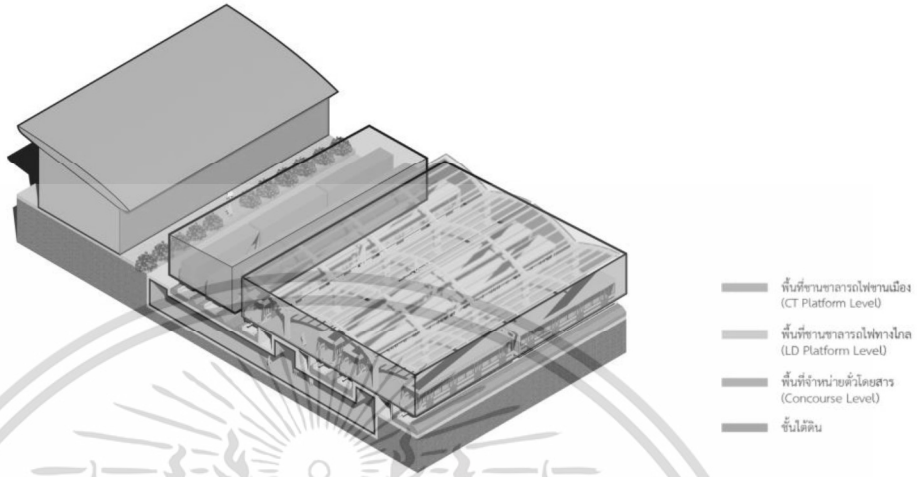
(3) ชั้นชานชาลารถไฟชานเมือง (CT Platform Level)

ชั้นที่ 3 เป็นชั้นชานชาลา สำหรับผู้โดยสารรถไฟชานเมือง (Commuter Train) มีชานชาลายาวประมาณ 210 ม. เป็นรูปแบบชานชาลาตรงกลาง (Center Platform)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.3.2.2 สายสีแดงอ่อน

1) สถานีรูปแบบที่ 1 ประกอบไปด้วย สถานีตลิ่งชัน และสถานีบางบำหรุ ซึ่ง 2 สถานีนี้เป็นสถานีระดับพื้น ที่มีรูปแบบพื้นที่ใช้งานเหมือนกัน โดยเพิ่มชั้นใต้ดินมานั้นเอง



ภาพที่ 4.10 แสดงการใช้งานพื้นที่ของสถานีตลิ่งชัน

ที่มา : ผู้วิจัยดัดแปลงจากแบบก่อสร้างของการรถไฟแห่งประเทศไทย (รฟท.)

(1) ทางเดินลอดชั้นใต้ดิน

เป็นทางลอดเชื่อมพื้นที่ชานชาลาของรถไฟทางไกล รถไฟชานเมือง และพื้นที่จำหน่ายตั๋วโดยสาร

(2) พื้นที่จำหน่ายตั๋วโดยสาร (Concourse Level)

แบ่งพื้นที่ออกเป็น 5 ส่วน ประกอบด้วย ทางเข้า-ออก ศูนย์บริการผู้โดยสารห้องขายบัตรโดยสาร เครื่องขายบัตรโดยสาร และร้านค้า

(3) พื้นที่ชานชาลารถไฟทางไกล (LD Platform Level)

พื้นที่ชานชาลารถไฟทางไกล สำหรับผู้โดยสารรถไฟทางไกล ความยาวในส่วนของหลังคาที่คลุมสถานีประมาณ 270 ม.

(4) พื้นที่ชานชาลารถไฟชานเมือง (CT Platform Level)

พื้นที่ชานชาลารถไฟชานเมือง สำหรับผู้โดยสารรถไฟชานเมือง ความยาวในส่วนของหลังคาที่คลุมสถานีประมาณ 270 ม.

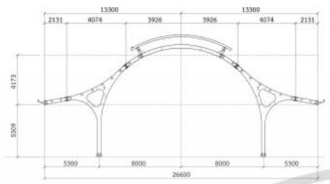
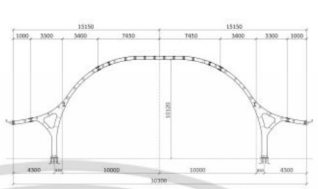
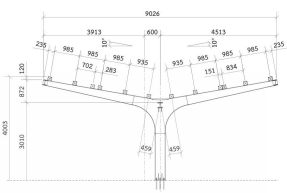
4.2 รูปแบบโครงสร้างหลังคา

สามารถจำแนกรูปแบบของโครงสร้างหลังคาสถานีรถไฟสายสีแดง จากการสำรวจเบื้องต้น พบว่าโครงการดังกล่าวมีรูปแบบโครงสร้างที่หลากหลาย โดยมีทั้งสถานียกระดับ สถานีระดับดิน

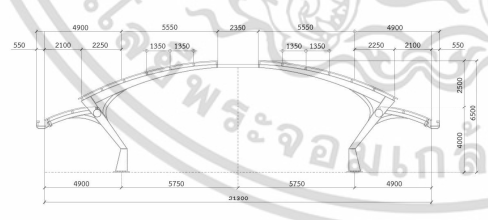
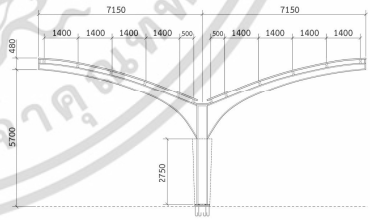
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประกอบไปด้วย สายสีแดงเข้ม 3 รูปแบบ และสายสีแดงอ่อน 2 รูปแบบ มีความแตกต่างทั้งขนาดของเหล็กรูปพรรณที่เลือกใช้ รวมถึงรูปแบบชานชาลา

ตาราง 4.4 รูปแบบโครงสร้างหลังคาอาคารกรณีศึกษา (สายสีแดงเข้ม) ที่มา : ผู้วิจัย

รูปแบบโครงสร้างหลังคาเหล็กรูปพรรณอาคารสถานีรถไฟสายสีแดงเข้ม						
รูปตัดโดยสังเขป	รูปแบบที่ 1	DM1	รูปแบบที่ 2	CC1	รูปแบบที่ 3	DM2
						
สถานี	ดอนเมือง หลักหก รังสิต		จตุจักร วัดเสมียรนารี บางเขน ทุ่งสองห้อง หลักสี่ การเคหะ		ดอนเมือง รังสิต	
กายภาพ	ช่วงพาดกว้าง	16 ม.	ช่วงพาดกว้าง	20 ม.	ระยะยื่น	5 ม.
	วางโครงสร้างหลัก	8.75 ม.	วางโครงสร้างหลัก	10 ม.	วางโครงสร้างหลัก	9 ม.
	ความยาวโครงสร้าง	210 ม.	ความยาวโครงสร้าง	220 ม.	ความยาวโครงสร้าง	145.5 ม.
	ชานชาลาอยู่ตรงกลาง ขนาบราง เดี่ยว 2 ข้าง (จำนวน 2 ชุด)		ชานชาลาด้านข้าง รองรับแนวรางตรงกลางจำนวน 4 ราง		ชานชาลาอยู่ตรงกลาง ขนาบราง เดี่ยว 2 ข้าง (จำนวน 2 ชุด)	
	- เหล็กปีกกว้างรีดร้อน - คานเหล็กรูปพรรณเชื่อมประกอบ		- เหล็กปีกกว้างรีดร้อน - คานเหล็กรูปพรรณเชื่อมประกอบ		- เหล็กปีกกว้างรีดร้อน	

ตาราง 4.5 รูปแบบโครงสร้างหลังคาอาคารกรณีศึกษา (สายสีแดงอ่อน) ที่มา : ผู้วิจัย

รูปแบบโครงสร้างหลังคาเหล็กรูปพรรณอาคารสถานีรถไฟสายสีแดงเข้ม				
รูปตัดโดยสังเขป	รูปแบบที่ 1	BS1	รูปแบบที่ 2	TC1
				
สถานี	บางซ่อน		ตลิ่งชัน บางบำหรุ	
กายภาพ	ช่วงพาดกว้าง	12 ม.	ระยะยื่น	7 ม.
	วางโครงสร้างหลัก	8 ม.	วางโครงสร้างหลัก	8 ม.
	ความยาวโครงสร้าง	220 ม.	ความยาวโครงสร้าง	210-300 ม.
	ชานชาลาดานข้าง รองรับแนวรางตรงกลาง จำนวน 2 ราง		ชานชาลาดานข้าง และชานชาลากลาง	
	- เหล็กปีกกว้างรีดร้อน - คานเหล็กรูปพรรณเชื่อมประกอบ (ทรงกลม)		- เหล็กปีกกว้างรีดร้อน - คานเหล็กรูปพรรณเชื่อมประกอบ	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.1 สีแดงเข้ม

4.2.1.1 สถานีดอนเมือง รูปแบบที่ 1

4.2.1.1.1 ข้อมูลทั่วไปสถานีดอนเมือง

เป็นสถานีรถไฟฟ้าในเส้นทางรถไฟฟ้าชานเมือง สายธานีรัถยา และยังเป็นสถานีของรถไฟทางไกลในเส้นทางทางรถไฟสายเหนือ และทางรถไฟสาตะวันออกเฉียงเหนือ ยกระดับเหนือถนนกำแพงเพชร 6 ในพื้นที่แขวงดอนเมือง เขตดอนเมือง กรุงเทพมหานคร เปิดให้บริการเฉพาะส่วนสถานีรถไฟฟ้าเมื่อวันที่ 2 สิงหาคม พ.ศ. 2564 โดยในส่วนของสถานีรถไฟทางไกลยังไม่เปิดใช้งานสถานีดอนเมืองเป็นสถานีที่ตั้งอยู่ถัดจากสถานีการเคหะ โดยสถานีที่สร้างขึ้นใหม่จะตั้งอยู่ตรงข้ามอาคารผู้โดยสารทาอากาศยานดอนเมือง บริเวณถนนกำแพงเพชร 6 และถนนวิภาวดีรังสิตใกลกับสถานีรถไฟดอนเมืองในปจจุบัน

ภาพที่ 4.11 สถานที่ตั้งสถานีดอนเมือง

ที่มา : ผู้วิจัยดัดแปลงจาก Google Map

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.1.1.2 แผนผังสถานี

แผนผังสถานี		
ชั้น 4 ชั้นชานชาลา (รถไฟฟ้าชานเมือง)	ชานชาลา 1	สายธานีรัถยา มุ่งหน้า สถานีรังสิต
		ชานชาลาเกาะกลาง, ประตูรถจะเปิดทางด้านซ้าย / ขวา
	ชานชาลา 2	สายธานีรัถยา มุ่งหน้า สถานีรังสิต
	ชานชาลา 3	สายธานีรัถยา มุ่งหน้า สถานีกรุงเทพอภิวัฒน์
		ชานชาลาเกาะกลาง, ประตูรถจะเปิดทางด้านซ้าย / ขวา
	ชานชาลา 4	สายธานีรัถยา มุ่งหน้า สถานีกรุงเทพอภิวัฒน์
ชั้น 3 ชั้นชานชาลาล่าง (รถไฟทางไกล) (ไม่เปิดใช้งาน)	ชานชาลา 5	รฟท.เหนือ, รฟท.ตะวันออกเฉียงเหนือ มุ่งหน้า สถานีรถไฟชุมทางบ้านภาษี
		ชานชาลาเกาะกลาง, ประตูรถจะเปิดทางด้านซ้าย / ขวา
	ชานชาลา 6	รฟท.เหนือ, รฟท.ตะวันออกเฉียงเหนือ มุ่งหน้า สถานีรถไฟชุมทางบ้านภาษี
	ชานชาลา 7	รฟท.เหนือ, รฟท.ตะวันออกเฉียงเหนือ มุ่งหน้า สถานีกลางกรุงเทพอภิวัฒน์
		ชานชาลาเกาะกลาง, ประตูรถจะเปิดทางด้านซ้าย / ขวา
	ชานชาลา 8	รฟท.เหนือ, รฟท.ตะวันออกเฉียงเหนือ มุ่งหน้า สถานีกลางกรุงเทพอภิวัฒน์
ชั้น 2	ชั้นขายบัตรโดยสาร	ทางออก 1-4, ศูนย์บริการผู้โดยสาร, ห้องขายบัตรโดยสาร, เครื่องขายบัตรโดยสาร, ร้านค้า ทางเดินเชื่อมท่าอากาศยานดอนเมือง
ชั้น 1	ระดับถนน	ถนนกำแพงเพชร 6, ท่าอากาศยานดอนเมือง (อาคารผู้โดยสารในประเทศ), ตลาดใหม่ดอนเมือง

ภาพที่ 4.12 แผนผังการใช้งานสถานีดอนเมือง

ที่มา : ผู้วิจัย, 2566

4.2.1.1.3 โครงสร้างสถานีดอนเมือง

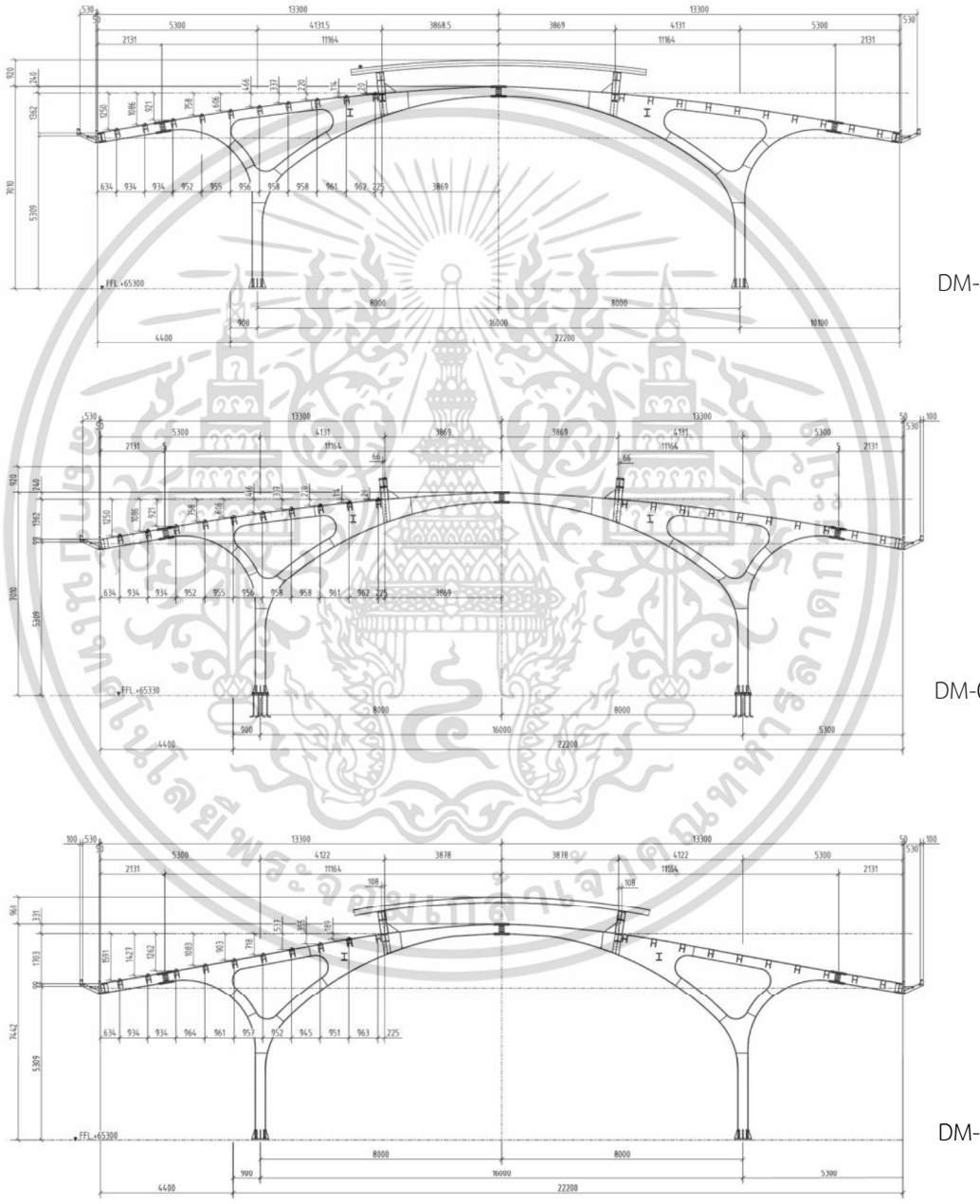
1) รูปแบบ DM1

ภาพที่ 4.13 ส่วนประกอบของโครงสร้างหลังคาสถานีดอนเมือง รูปแบบ DM1

ที่มา : ผู้วิจัยเขียนภาพ Isometric จากรูปตัดของแบบก่อสร้างจากการรถไฟแห่งประเทศไทย (รฟท.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

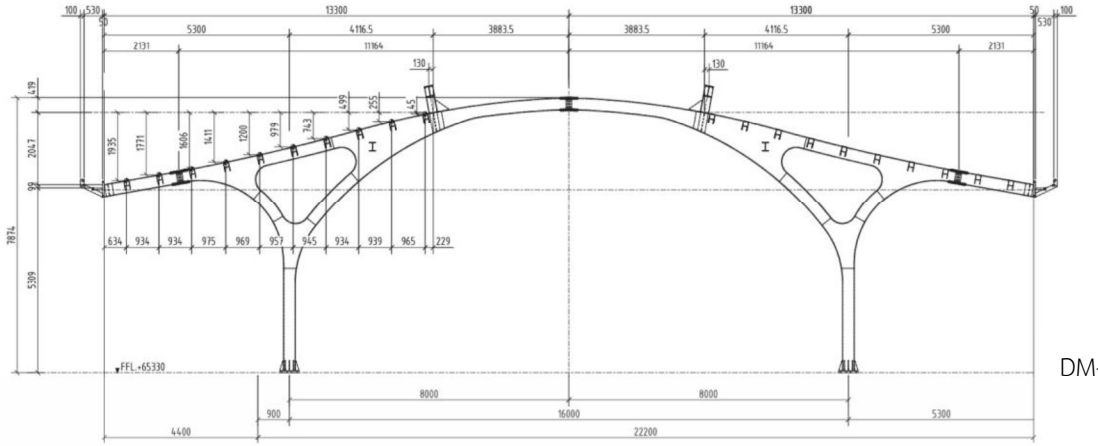
จากการศึกษาโครงสร้างหลังคาสถานีดอนเมือง ชั้นชานชาลารถไฟชานเมือง (CT Platform Level) ภาพที่ 4.13 พบว่าใช้โครงสร้างแบบโครงแข็งเกร็ง (Portal Frame) โดยจะมีลักษณะพิเศษคือไหล่โครงสร้างมีขนาดใหญ่ เสาและคานเป็นองค์อาคารเดียวกัน ซึ่งมีองค์อาคารที่แตกต่างกัน 12 รูปแบบ มีความสูงรวม 7.01-11.33 ม. ระยะพาดช่วงกว้าง 16 ม. ระยะยื่นชายคา 5.30 ม. มีคานยึดโครงสร้างแข็งเกร็งทุกช่วง 8.75 ม. ความยาวสถานีรวมทั้งสิ้น 516 ม. และส่วนที่มีหลังคาคลุมยาวทั้งสิ้น 210 ม.



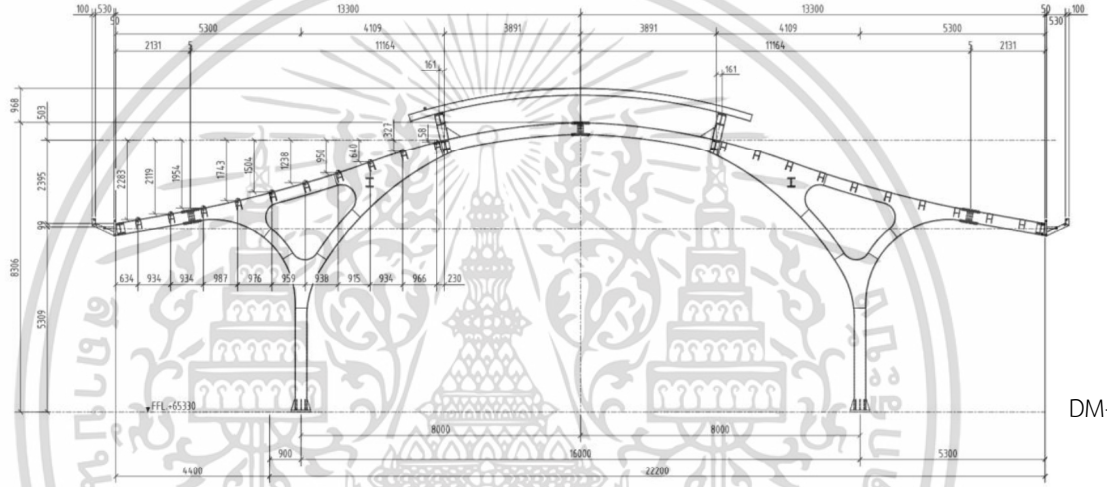
ภาพที่ 4.14 ส่วนประกอบของโครงสร้างหลังคาสถานีดอนเมือง รูปแบบ DM1

ที่มา : ดัดแปลงจากแบบก่อสร้างของการรถไฟแห่งประเทศไทย (รฟท.)

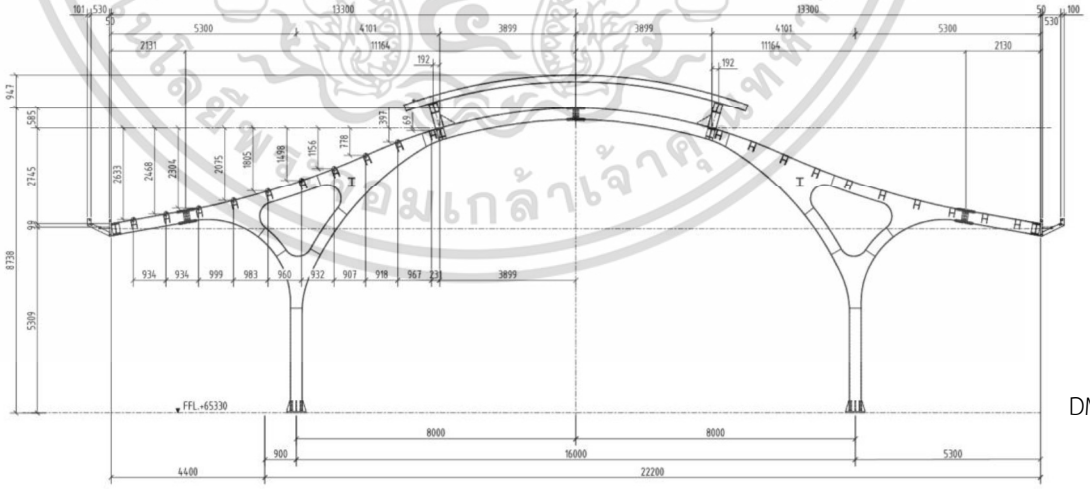
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



DM-04



DM-05

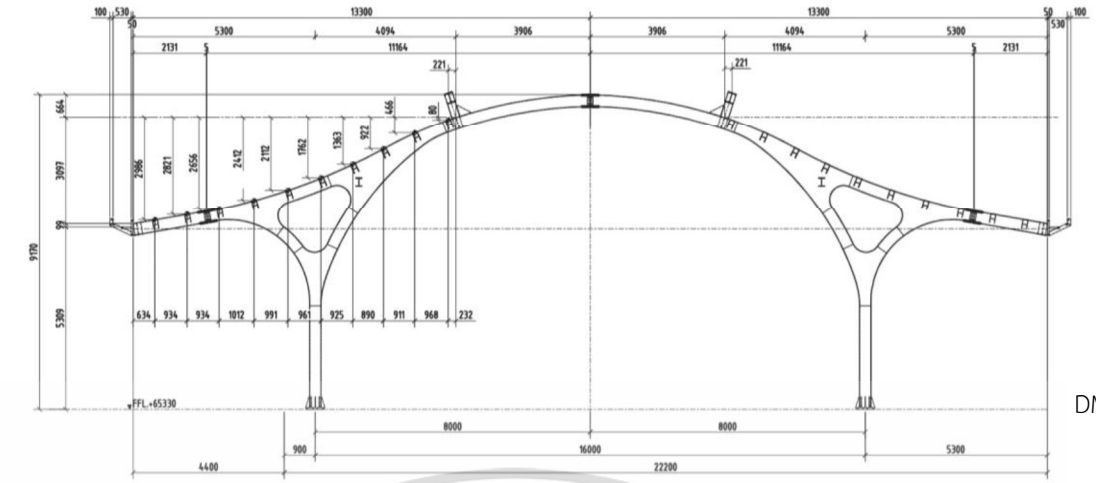


DM-06

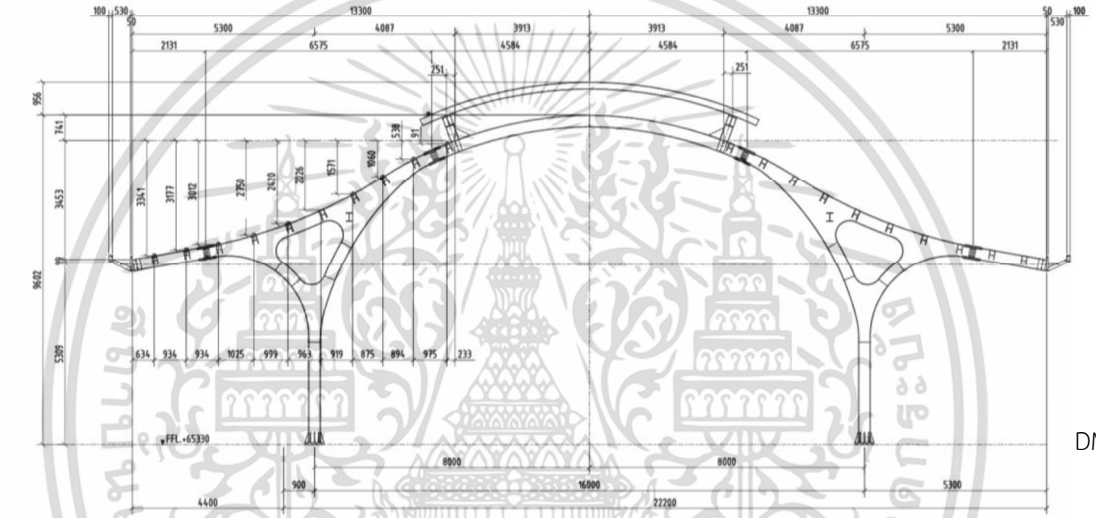
ภาพที่ 4.14 (ต่อ)

ที่มา : ดัดแปลงจากแบบก่อสร้างของการรถไฟแห่งประเทศไทย (รฟท.)

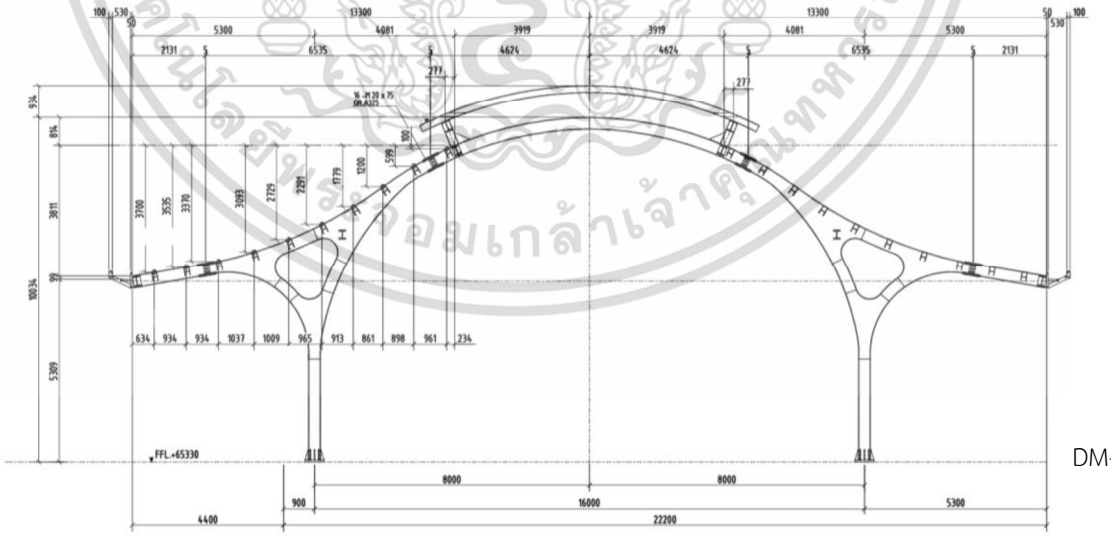
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



DM-07



DM-08

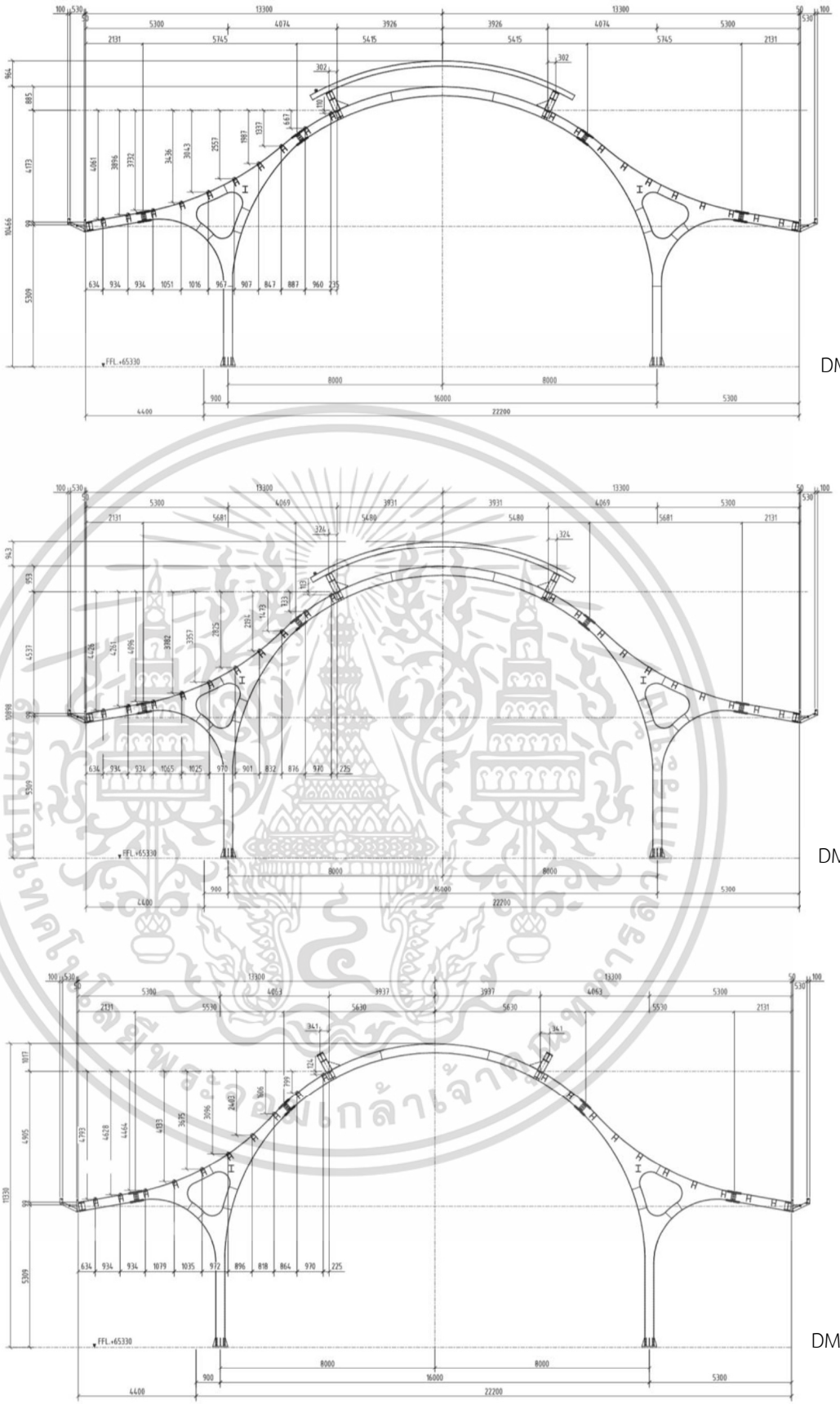


DM-09

ภาพที่ 4.14 (ต่อ)

ที่มา : ดัดแปลงจากแบบก่อสร้างของการรถไฟแห่งประเทศไทย (รฟท.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.14 (ต่อ)

ที่มา : ดัดแปลงจากแบบก่อสร้างของการรถไฟแห่งประเทศไทย (รฟท.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.1.1.3 องค์อาคารและจุดต่อ

โครงสร้างหลังคาสถานีดอนเมือง (DM1) ประกอบไปด้วย

1) โครงช่วงพาดกว้าง อาคารสถานีดอนเมือง (DM1)

ประกอบไปด้วยโครงแข็งเกร็ง (Portal Frame) 12 รูปแบบ ซึ่งแต่ละรูปแบบมีรูปทรงคล้ายคลึงกัน แตกต่างกันในส่วนของความสูงหลังคา ซึ่งทั้งหมดเป็นโครงสร้างเหล็กรูปพรรณรีดร้อน โดยใช้เป็นเหล็กไวด์เฟลนจ์ (Wide Flange) ยึดต่อกันด้วยวิธีการเชื่อม เพื่อต่อขยายความยาวขององค์อาคารต่าง ๆ โดยขนาดหน้าตัดเหล็กของโครงสร้างหลัก ประกอบไปด้วย 4 ขนาด ซึ่งขนาดที่ใหญ่ที่สุดคือเสา และจันทัน ขนาดหน้าตัดลึก 35 ซม. ออกแบบให้ใช้จุดต่อที่ฐานรองรับแบบเดียวกันทั้งหมด โดยใช้เป็นจุดต่อแบบยึดแน่น (Fixed) และทำการเชื่อมประกอบแผ่นเหล็กและยึดกับฐานคอนกรีตด้วยสลักเกลียว

ภาพที่ 4.15 โครงแข็งเกร็ง (Portal Frame)

ที่มา : จากการสำรวจในเดือนตุลาคม พ.ศ.2565

2) โครงช่วงพาดสั้น อาคารสถานีดอนเมือง (DM1)

- คานยึด (Tie Beam) เป็นคานตรงยึดระหว่างโครงหลักทุกระยะ 8.75 ม. ช่วยรองรับโมเมนต์ดัด (Moment) ที่มีมากบริเวณไหล่โครงสร้าง โดยใช้เหล็กรูปประพรรณรีดร้อน เหล็กไวด์เฟลนจ์ (Wide Flange) ขนาด 250x175x7x11 มม. ยึดติดกันด้วยวิธีการเชื่อมเหล็กฉาก

- แป (Purlin) เป็นโครงสร้างเหล็กรูปพรรณรีดเย็น โดยใช้เป็นเหล็กกล่องสี่เหลี่ยม ขนาด 150x150x6 มม.ต่อขยายความยาวด้วยการเชื่อมและยึดบนโครงสร้างหลัก (โครงแข็งเกร็ง) ด้วยวิธีการเชื่อมเช่นเดียวกัน

- โครงช่องรับแสง (Monitor Roof Frames) วางอยู่ด้านบนโครงสร้างหลักในตำแหน่งยอดหลังคาเพื่อเปิดช่องแสงให้แสงลงมายังสถานี มีลักษณะเป็นโครงโค้งขนานกับโครงสร้างหลัก โดยใช้เหล็กรูปประพรรณรีดร้อน เหล็กไวด์เฟลนจ์ (Wide Flange) ขนาด 200x100x5.5x8 มม. ยึดต่อด้วยวิธีการเชื่อมองค์อาคาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

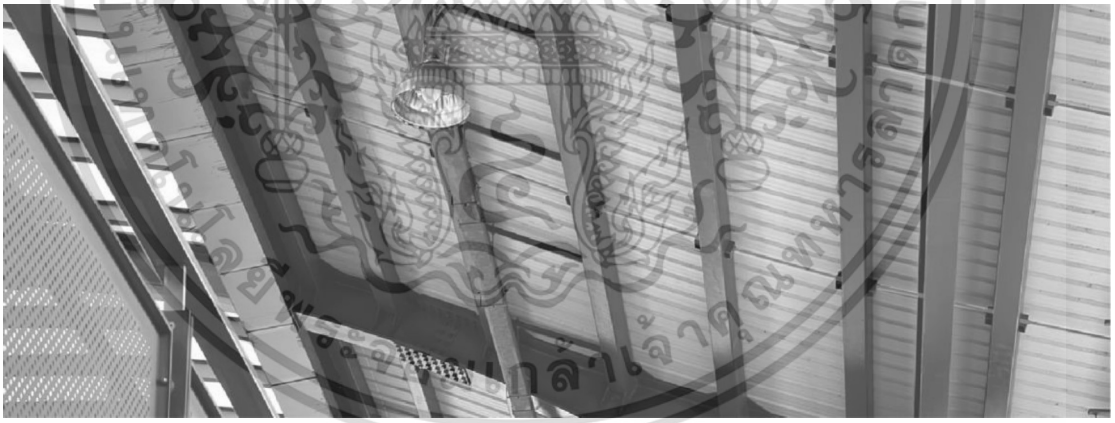
ก. คานยึดรั้ง ข. แป ค. โครงช่องรับแสง

ภาพที่ 4.16 แสดงคานยึดรั้ง แป และโครงช่องรับแสง

ที่มา : จากการสำรวจในเดือนมกราคม พ.ศ.2566

3) โครงยึดรั้ง อาคารสถานีดอนเมือง (DM1) ประกอบไปด้วย

- เหล็กยึดแป (Sag Rod) เป็นเหล็กที่ยึดบริเวณกึ่งกลางแป เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการแอ่นตัว หรือเกิดการโก่งในแนวยาว เหล็กยึดแปจะรับแรงดึงสะสมตามความลาดเอียงของหลังคาทั้งสองด้านโดยใช้เหล็กเส้นกลมขนาด RB 15 มม. ทำเกลียวที่ปลายแล้วขันน็อตยึดระหว่างแป



ภาพที่ 4.17 แสดงเหล็กยึดแป

ที่มา : จากการสำรวจในเดือนมกราคม พ.ศ.2566

4) ฐานรองรับ อาคารสถานีดอนเมือง (DM1) ประกอบไปด้วย

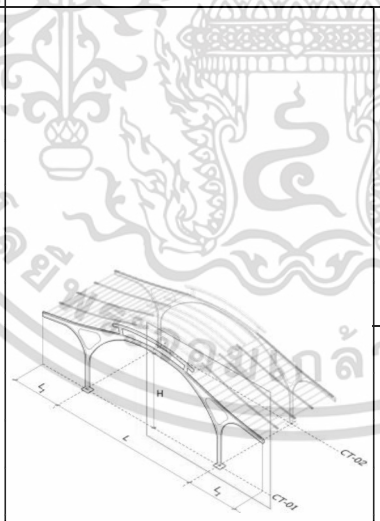
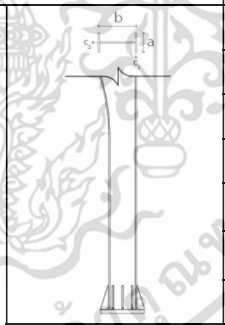
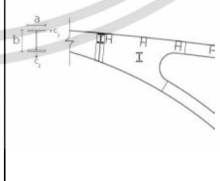
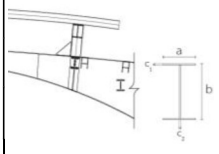
ฐานรองรับถือเป็นองค์ประกอบสำคัญต่อพฤติกรรมของโครงสร้าง เนื่องจากทำหน้าที่ยึดและถ่ายเทน้ำหนักไปยังโครงสร้างด้านล่าง ฐานรองรับสถานีดอนเมือง (DM1) เป็นเสาไวด์เฟลนจ์ (Wide Flange) ยึดติดกับแผ่นเหล็กรองด้วยวิธีการเชื่อม โดยแผ่นเหล็กรองจะแผ่ออกจาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงสร้างเสา และยึดด้วยสลักเกลียวจำนวน 10 ตัว ฝังลงคานคอนกรีตด้านล่าง สถานีดอนเมืองจะมีการใช้ฐานรองรับแบบยึดแน่น (Fixed) ทั้งหมด

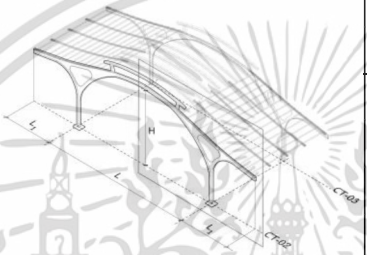
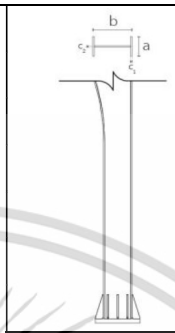
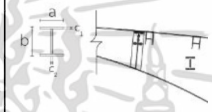
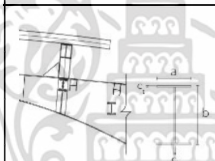
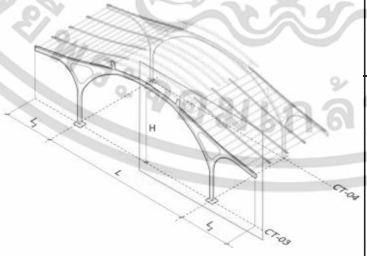
ภาพที่ 4.18 แสดงฐานรองรับโครงสร้างหลังคาสถานีดอนเมือง (DM1)
ที่มา : จากการสำรวจในเดือนมกราคม พ.ศ.2566

ตารางที่ 4.6 แสดงองค์อาคารและจุดต่อโครงสร้างหลังคาสถานีดอนเมือง DM1

องค์อาคาร			แบบโครงสร้างโดยสังเขป		ขนาด (มิลลิเมตร)		จุดต่อ	
							การยึดต่อ	รูปแบบ
โครงสร้างหลังคาสถานีดอนเมือง (DM1)	โครงสร้างพาดช่วงกว้าง	DM-01			L	16,000	เชื่อม + สลักเกลียว	ยึดแน่น
					L_1	5,300		
					H	7,010		
					a	250		
					b	350		
					c_1	14		
					c_2	9		
					a	250	เชื่อม	ยึดแน่น
					b	350		
					c_1	14		
					c_2	9		
					a	250	เชื่อม	ยึดแน่น
					b	350		
					c_1	14		
					c_2	9		

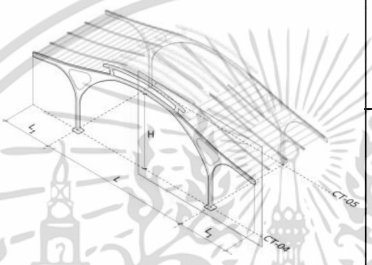
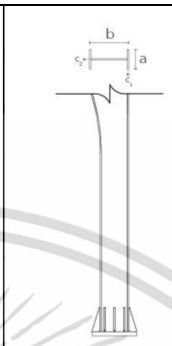
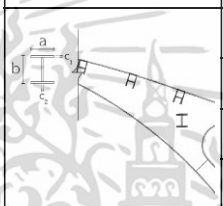
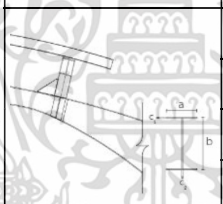
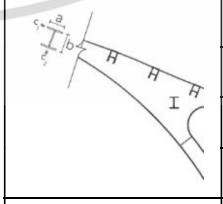
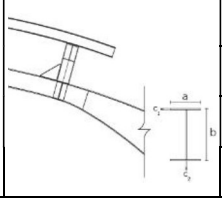
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 (ต่อ)

องค์อาคาร			แบบโครงสร้างโดยสังเขป		ขนาด (มิลลิเมตร)		จุดต่อ	
							การยึดต่อ	รูปแบบ
โครงสร้างหลังคาสถานีดอนเมือง (DM1)	โครงสร้างพาดช่วงกว้าง	DM-02			L	16,000	เชื่อม + สลักเกลียว	กึ่งยึดแน่น
					L_1	5,300		
					H	7,010		
					a	250		
					b	350		
					c_1	14		
					c_2	9		
					a	250	เชื่อม	ยึดแน่น
					b	350		
					c_1	14		
					c_2	9		
					a	250	เชื่อม	ยึดแน่น
					b	350		
					c_1	14		
					c_2	9		
		DM-03			L	16,000	เชื่อม + สลักเกลียว	ยึดแน่น
					L_1	5,300		
					H	7 ,442		
					a	250		
					b	350		
					c_1	14		
					c_2	9		
					a	250	เชื่อม	ยึดแน่น
					b	350		
					c_1	14		
					c_2	9		
					a	250	เชื่อม	ยึดแน่น
					b	350		
					c_1	14		
					c_2	9		

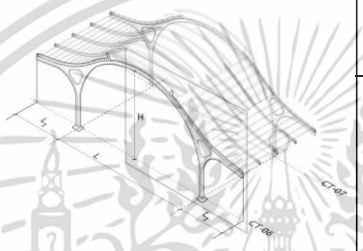
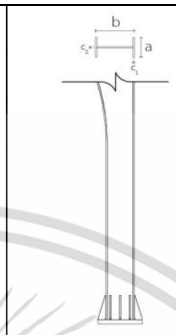
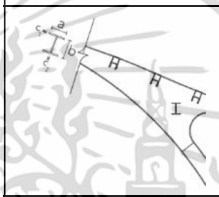
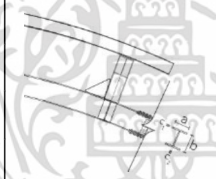
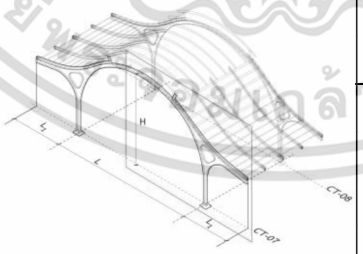
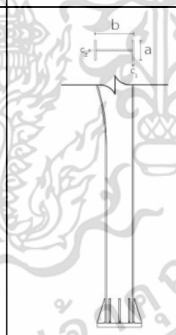
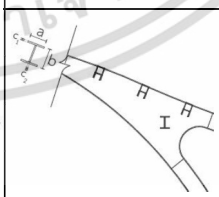
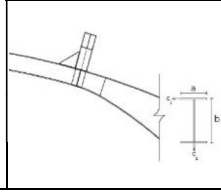
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 (ต่อ)

องค์อาคาร			แบบโครงสร้างโดยสังเขป		ขนาด (มิลลิเมตร)		จุดต่อ	
							การยึดต่อ	รูปแบบ
โครงสร้างหลังคาถนนดอนเมือง (DM1)	โครงสร้างพาดช่วงกว้าง	DM-04			L	16,000	เชื่อม + สลักเกลียว	กึ่งยึดแน่น
					L_1	5,300		
					H	7,874		
					a	250		
					b	350		
					c_1	14		
					c_2	9		
					a	250	เชื่อม	ยึดแน่น
					b	350		
					c_1	14		
					c_2	9		
					a	250	เชื่อม	ยึดแน่น
					b	350		
					c_1	14		
					c_2	9		
		DM-05			L	16,000	เชื่อม + สลักเกลียว	ยึดแน่น
					L_1	5,300		
					H	8,306		
					a	250		
					b	350		
					c_1	14		
					c_2	9		
					a	250	เชื่อม	ยึดแน่น
					b	350		
					c_1	14		
					c_2	9		
					a	250	เชื่อม	ยึดแน่น
					b	350		
					c_1	14		
					c_2	9		

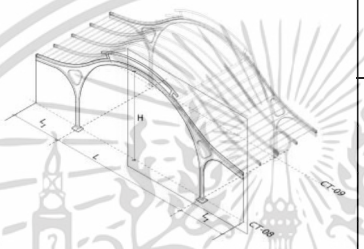
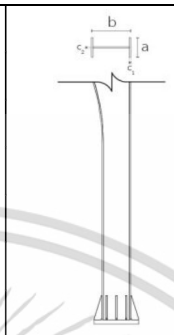
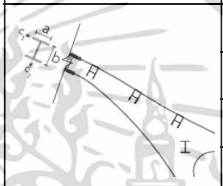
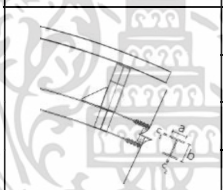
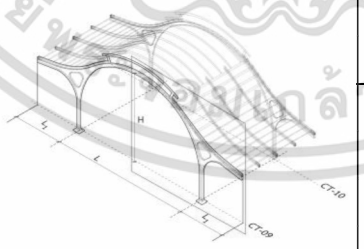
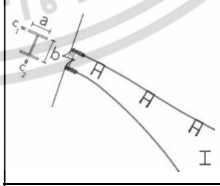
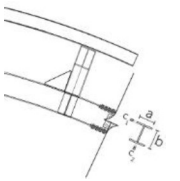
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 (ต่อ)

องค์อาคาร			แบบโครงสร้างโดยสังเขป		ขนาด (มิลลิเมตร)		จุดต่อ	
							การยึดต่อ	รูปแบบ
โครงสร้างหลังคาสถานีดอนเมือง (DM1)	โครงสร้างพาดช่วงกว้าง	DM-06			L	16,000	เชื่อม + สลักเกลียว	ยึดแน่น
					L_1	5,300		
					H	8,738		
					a	250		
					b	350		
					c_1	14		
					c_2	9		
					a	250	เชื่อม	ยึดแน่น
					b	350		
					c_1	14		
					c_2	9		
					a	250	เชื่อม	ยึดแน่น
					b	350		
					c_1	14		
					c_2	9		
		DM-07			L	16,000	เชื่อม + สลักเกลียว	ยึดแน่น
					L_1	5,300		
					H	9,170		
					a	250		
					b	350		
					c_1	14		
					c_2	9		
					a	250	เชื่อม	ยึดแน่น
					b	350		
					c_1	14		
					c_2	9		
					a	250	เชื่อม	ยึดแน่น
					b	350		
					c_1	14		
					c_2	9		

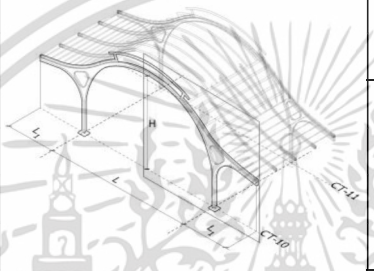
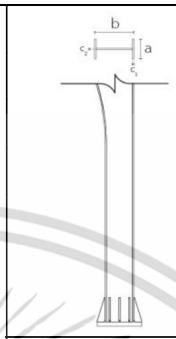
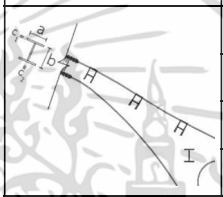
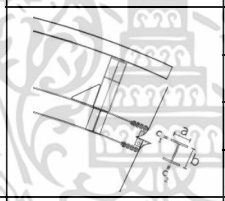
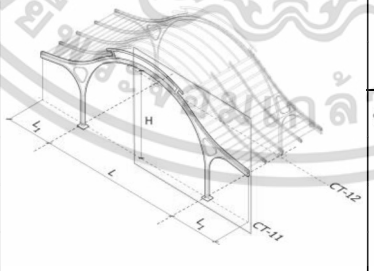
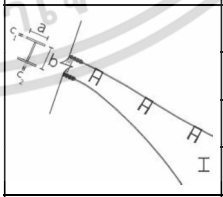
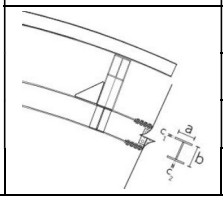
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 (ต่อ)

องค์อาคาร			แบบโครงสร้างโดยสังเขป		ขนาด (มิลลิเมตร)		จุดต่อ	
							การยึดต่อ	รูปแบบ
โครงสร้างหลังคาสถานีดอนเมือง (DM1)	โครงสร้างพาดช่วงกว้าง	DM-08			L	16,000	เชื่อม + สลักเกลียว	สิ้นยึดแน่น
					L_1	5,300		
					H	9,602		
					a	250		
					b	350		
					c_1	14		
					c_2	9		
					a	250	เชื่อม	ยึดแน่น
					b	350		
					c_1	14		
					c_2	9		
					a	250	เชื่อม	ยึดแน่น
					b	350		
					c_1	14		
					c_2	9		
		DM-09			L	16,000	เชื่อม + สลักเกลียว	ยึดแน่น
					L_1	5,300		
					H	10,034		
					a	250		
					b	350		
					c_1	14		
					c_2	9		
					a	250	เชื่อม	ยึดแน่น
					b	350		
					c_1	14		
					c_2	9		
					a	250	เชื่อม	ยึดแน่น
					b	350		
					c_1	14		
					c_2	9		

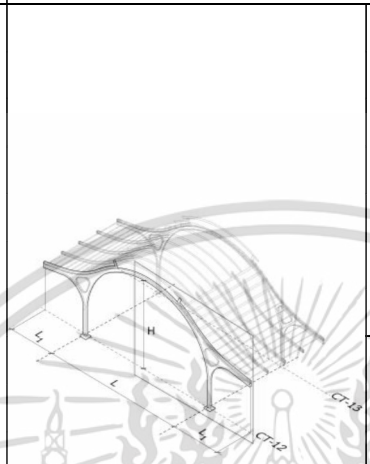
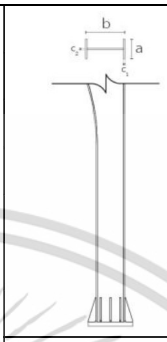
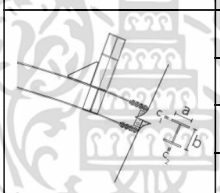
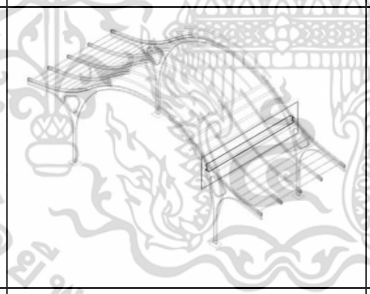
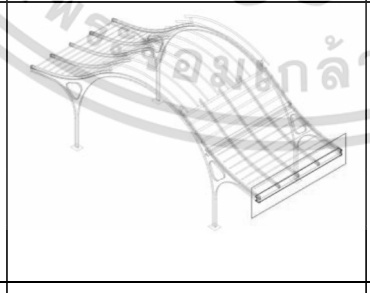
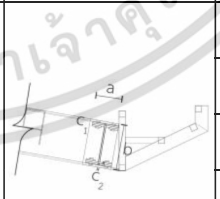
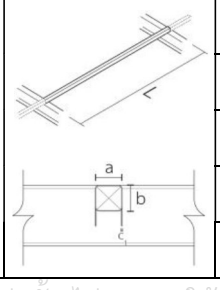
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 (ต่อ)

องค์อาคาร			แบบโครงสร้างโดยสังเขป		ขนาด (มิลลิเมตร)		จุดต่อ	
							การยึดต่อ	รูปแบบ
โครงสร้างหลังคาสถานีดอนเมือง (DM1)	โครงสร้างพาดช่วงกว้าง	DM-10			L	16,000	เชื่อม + สลักเกลียว	ยึดแน่น
					L_1	5,300		
					H	10,466		
					a	250		
					b	350		
					c_1	14		
					c_2	9		
					a	250	เชื่อม	ยึดแน่น
					b	350		
					c_1	14		
					c_2	9		
					a	250	เชื่อม	ยึดแน่น
					b	350		
					c_1	14		
					c_2	9		
		DM-11			L	16,000	เชื่อม + สลักเกลียว	ยึดแน่น
					L_1	5,300		
					H	10,898		
					a	250		
					b	350		
					c_1	14		
					c_2	9		
					a	250	เชื่อม	ยึดแน่น
					b	350		
					c_1	14		
					c_2	9		
					a	250	เชื่อม	ยึดแน่น
					b	350		
					c_1	14		
					c_2	9		

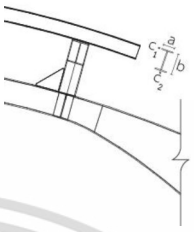
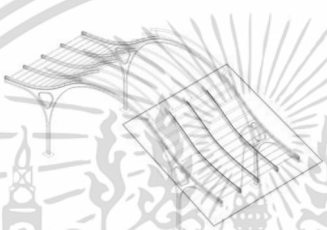
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 (ต่อ)

องค์อาคาร			แบบโครงสร้างโดยสังเขป		ขนาด (มิลลิเมตร)		จุดต่อ	
							การยึดต่อ	รูปแบบ
โครงสร้างหลังคาสถานีดอนเมือง (DM1)	โครงสร้างพาดช่วงกว้าง	DM-12			L	16,000	เชื่อม + สลักเกลียว	ยึดแน่น
					L_1	5,300		
					H	11,330		
					a	250		
					b	350		
					c_1	14		
					c_2	9		
					a	250	เชื่อม	ยึดแน่น
					b	350		
					c_1	14		
					c_2	9		
					a	250	เชื่อม	ยึดแน่น
					b	350		
					c_1	14		
					c_2	9		
	โครงช่วงพาดสั้น	คานยึด 1			L	8,750	เชื่อม + สลักเกลียว	ยึดแน่น
					a	175		
					b	250		
					c_1	11		
					c_2	7		
		คานยึด 2			L	8,750	เชื่อม + สลักเกลียว	ยึดแน่น
					a	200		
					b	300		
					c_1	12		
					c_2	8		
		แป (Purlin)			L	8,750	เชื่อม	ยึดแน่น
					a	150		
					b	150		
					c_1	6		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 (ต่อ)

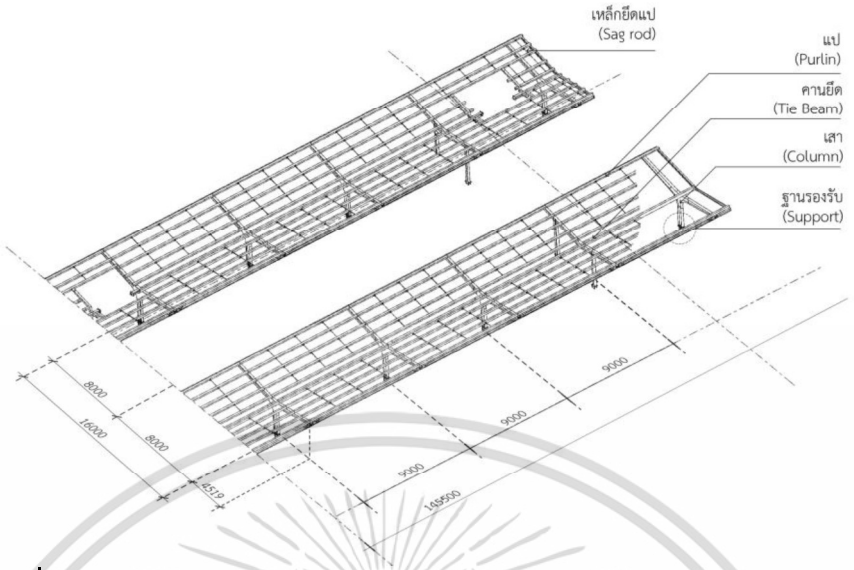
องค์อาคาร			แบบโครงสร้างโดยสังเขป		ขนาด (มิลลิเมตร)		จุดต่อ	
							การยึดต่อ	รูปแบบ
โครงสร้างหลังคาสถานีดอนเมือง (DM-01)	โครงช่วงพาดสั้น	โครงช่องรับแสง			L	7,852	เชื่อม	ยึดแน่น
					a	100		
					b	200		
					c_1	8		
					c_2	5.5		
	โครงยึดรั้ง	เหล็กยึดแป			L	950	สลักเกลียว	ยึดหมุน
					c_1	2.5		

จากตารางจะเห็นได้ว่า โครงสร้างมีขนาดต่างกัน 12 ขนาด เนื่องจากโครงสร้างหลังคามีการไล่ระดับความสูงของโค้ง (Arch) องค์อาคารของสถานีดอนเมืองประกอบไปด้วย โครงสร้างพาดช่วงกว้างประเภทโครงข้อแข็งเกร็ง (Portal frame) ใช้เหล็กไวด์เฟลนจ์ ที่มีขนาดต่างกัน 12 ขนาด โดยที่องค์อาคารทั้งเสา และคานมีขนาดเท่า ๆ กัน แตกต่างกันที่ความสูงของระดับความโค้ง (Arch) เฉลี่ยความสูงตั้งแต่ระดับชายคาจนถึงระดับสูงสุดของโค้ง (Arch) ตั้งแต่ 1.25 ม. ถึง 4.90 ม. จึงทำให้รูปทรงของโครงสร้างหลังคาสถานีดอนเมืองเกิดระดับความโค้งที่แตกต่างกัน

โครงสร้างพาดช่วงสั้น ประกอบไปด้วย แป โดยใช้เป็นเหล็กกล่อง ยึดต่อกันด้วยวิธีการเชื่อม คานยึด ส่วนประกอบนี้ใช้เป็นเหล็กไวด์เฟลนจ์ที่มีขนาดเล็กกว่าโครงสร้างหลักยึดต่อกันด้วยวิธีการเชื่อมร่วมกับสลักเกลียว และโครงช่องรับแสง ใช้เป็นเหล็กไวด์เฟลนจ์ขนาดเล็ก ยึดต่อด้วยวิธีการเชื่อม และส่วนสุดท้ายคือโครงยึดรั้ง ซึ่งเป็นโครงสร้างยึดระหว่างแป ยึดต่อกันด้วยสลักเกลียว

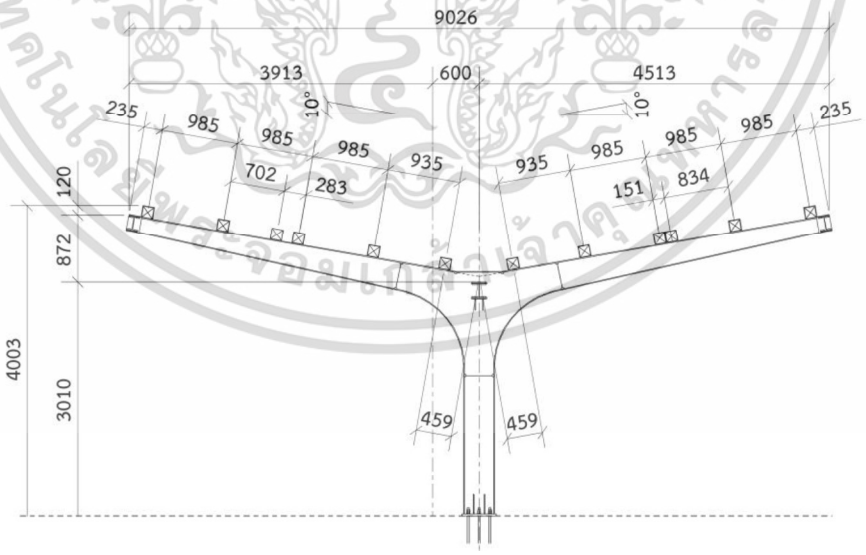
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.1.2 สถานีดอนเมือง รูปแบบที่ 2



ภาพที่ 4.19 แสดงส่วนประกอบของโครงสร้างหลังคาสถานีดอนเมือง รูปแบบ DM2
ที่มา : ผู้วิจัยเขียนภาพ Isometric จากรูปตัดของแบบก่อสร้างจากการรถไฟแห่งประเทศไทย (รฟท.)

จากการศึกษาโครงสร้างหลังคาสถานีดอนเมือง ชั้นชานชาลารถไฟทางไกล DM2 (LD Platform Level) ภาพที่ 4.19 พบว่าใช้โครงสร้างโครงเสารูปตัว T วางโครงสร้างหลักระยะห่าง 9 ม. ความสูงประมาณ 4 ม. ระยะยื่นชายคา 3.91 ม. ความยาวในส่วนของหลังคาที่คลุมสถานีประมาณ 145.5 ม. วัสดุมุงหลังคาเมทัลชีท



ภาพที่ 4.20 แสดงส่วนประกอบของโครงสร้างหลังคาสถานีดอนเมือง รูปแบบ DM2
ที่มา : ดัดแปลงจากแบบก่อสร้างของการรถไฟแห่งประเทศไทย (รฟท.)

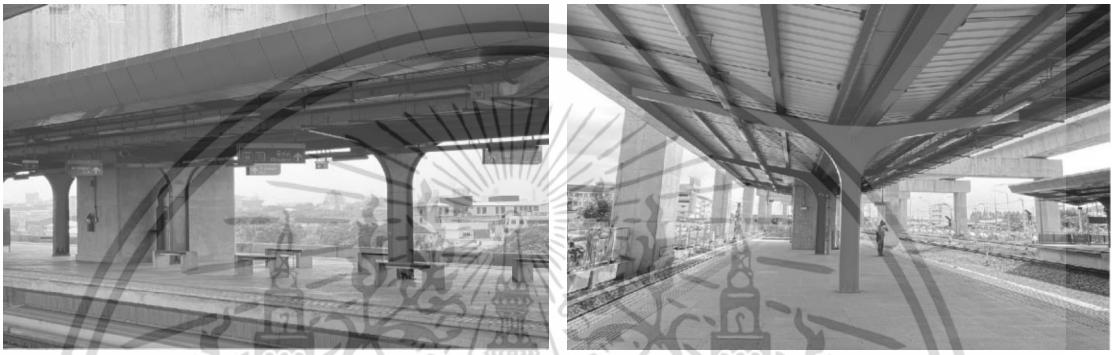
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.1.2.1 องค์อาคารและจุดต่อ

โครงสร้างหลังคาสถานีดอนเมือง DM2 ประกอบไปด้วย

1) โครงเสารูปตัว T อาคารสถานีดอนเมือง (DM2)

โครงหลัก (Main Structure) ใช้เป็นโครงเสารูปตัว T เป็นเหล็กไวด์เฟลนจ์ (Wide Flange) ประกอบไปด้วย 2 ขนาด ได้แก่ เสาขนาดประมาณ 400x200x13x8 มม. ส่วนยื่นชายคาประมาณ 300x200x13x8 มม. และเชื่อมต่อกันด้วยวิธีการเชื่อม ฐานเสาเชื่อมกับแผ่นเหล็กสี่เหลี่ยมผืนผ้า มีสลักเกลียวทั้งหมด 6 ตัว



ภาพที่ 4.21 แสดงโครงเสารูปตัว T

ที่มา : จากการสำรวจในเดือนมกราคม พ.ศ.2566

2) โครงช่วงพาดสั้น อาคารสถานีดอนเมือง DM2 ประกอบไปด้วย

- คานยึดรั้ง (Tie Beam) เป็นคานตรงยึดระหว่างโครงหลักทุกระยะ 9.00 ม. ช่วยรองรับ โดยใช้เหล็กรูปประพรรณรีดร้อน เหล็กไวด์เฟลนจ์ (Wide Flange) ขนาด 200x200x8x12 มม. ยึดติดกันด้วยวิธีการเชื่อมเหล็กฉาก

- แป (Purlin) เป็นโครงสร้างเหล็กรูปพรรณรีดเย็น โดยใช้เป็นเหล็กกล่องสี่เหลี่ยม ขนาด 150x150x6 มม.ต่อขยายความยาวด้วยการเชื่อมและยึดบนโครงสร้างหลัก ด้วยวิธีการเชื่อมเช่นเดียวกัน

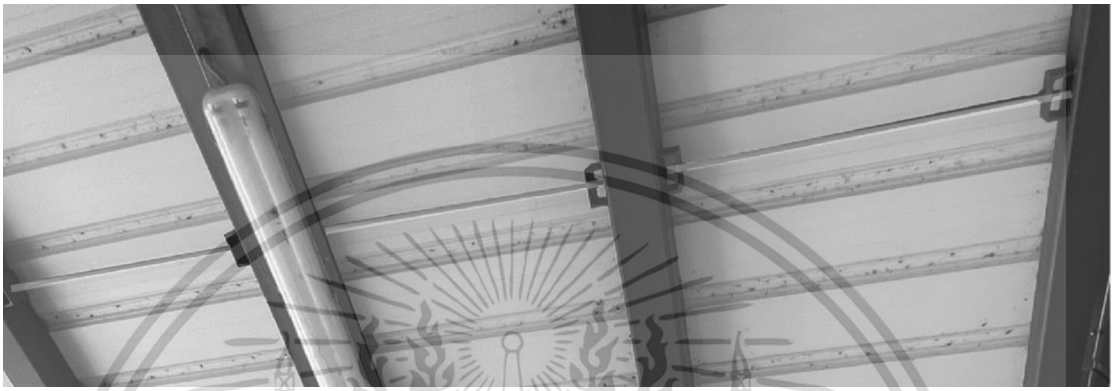
ภาพที่ 4.22 แสดงคานยึดรั้ง และแปตามลำดับ

ที่มา : จากการสำรวจในเดือนมกราคม พ.ศ.2566

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) โครงยึดรั้ง อาคารสถานีดอนเมือง (DM2) ประกอบไปด้วย

- เหล็กยึดแป (Sag Rod) เป็นเหล็กที่ยึดบริเวณกึ่งกลางแป เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการแอ่นตัว หรือเกิดการโก่งในแนวยาว เหล็กยึดแปจะรับแรงดึงสะสมตามความลาดเอียงของหลังคาทั้งสองด้านโดยใช้เหล็กเส้นกลมขนาด RB 15 มม. ทำเกลียวที่ปลายแล้วขันน็อตยึดระหว่างแป



ภาพที่ 4.23 แสดงโครงยึดรั้ง

ที่มา : จากการสำรวจในเดือนมกราคม พ.ศ.2566

4) ฐานรองรับ อาคารสถานีดอนเมือง (DM2) ประกอบไปด้วย

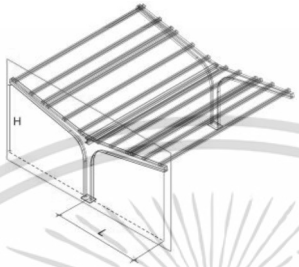
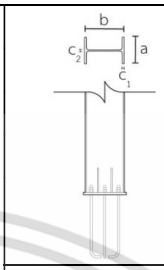
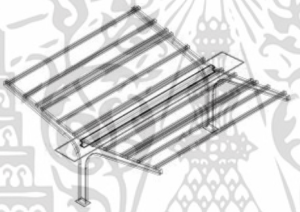
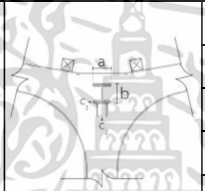
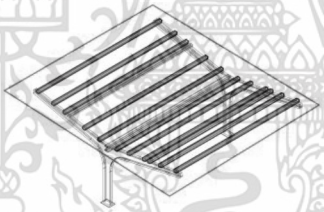
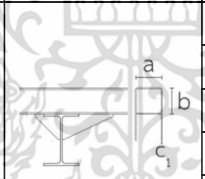
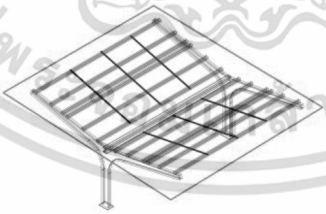
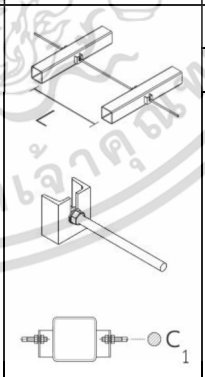
ฐานรองรับถือเป็นองค์ประกอบสำคัญต่อพฤติกรรมของโครงสร้าง เนื่องจากทำหน้าที่ยึดและถ่ายเทน้ำหนักไปยังโครงสร้างด้านล่าง ฐานรองรับสถานีดอนเมือง (DM2) เป็นเสาไวด์เฟลนจ์ (Wide Flange) ยึดติดกับแผ่นเหล็กรองด้วยวิธีการเชื่อม โดยแผ่นเหล็กรองจะแผ่ออกจากโครงสร้างเสา และยึดด้วยสลักเกลียวจำนวน 10 ตัว ฝังลงคานคอนกรีตด้านล่าง สถานีดอนเมืองจะมีการใช้ฐานรองรับแบบยึดแน่น (Fixed) ทั้งหมด

ภาพที่ 4.24 แสดงฐานรองรับโครงสร้างหลังคาสถานีดอนเมือง (DM2)

ที่มา : จากการสำรวจในเดือนมกราคม พ.ศ.2566

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 แสดงองค์อาคารและจุดต่อโครงสร้างหลังคาสถานีดอนเมือง DM2

องค์อาคาร			แบบโครงสร้างโดยสังเขป		ขนาด (มิลลิเมตร)		จุดต่อ	
							การยึดต่อ	รูปแบบ
โครงสร้างหลังคาสถานีดอนเมือง (DM2)	โครงสร้างหลัก	โครงเสารูปตัว T			L	4,513	เชื่อม + สลักเกลียว	กึ่งยึดแน่น
					H	4,003		
					a	200		
					b	400		
					c_1	20		
					c_2	12		
					a	300	เชื่อม	ยึดแน่น
					b	300		
					c_1	20		
					c_2	12		
	โครงข่างพาดสั้น	คานยึด			L	9,000	เชื่อม	ยึดแน่น
					a	200		
					b	200		
					c_1	12		
					c_2	8		
		แป (Purlin)			L	9,000	เชื่อม	ยึดแน่น
					a	150		
					b	150		
					c_1	6		
	โครงยึดรั้ง	เหล็กยึดแป (Sag Rod)			L	500	เชื่อม + สลักเกลียว	ยึดแน่น
					c_1	15		

จากตารางโครงสร้างรูปแบบนี้ประกอบไปด้วย 3 องค์อาคารหลัก ได้แก่ โครงเสารูปตัว T ใช้เสาเหล็กไวด์เฟลนจ์ ยึดต่อบริเวณฐานด้วยการเชื่อมเพลทเหล็กและยึดอีกหนึ่งรอบด้วยสลักเกลียว ต่อมาคือส่วนยื่นชายคา ใช้เหล็กไวด์เฟลนจ์เช่นเดียวกัน ยึดต่อกับเสาด้วยการเชื่อม โครงสร้างพาดสั้น ประกอบด้วย คานยึด ใช้เหล็กไวด์เฟลนจ์ ยึดต่อด้วยวิธีการเชื่อม และแปใช้เป็นเหล็กกล่อง ส่วนสุดท้ายคือโครงยึดรั้ง ยึดระหว่างแปด้วยวิธีการเชื่อมและสลักเกลียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.1.3 ข้อมูลทั่วไปสถานีจตุจักร

4.2.1.3.1 ข้อมูลทั่วไปสถานีจตุจักร

เป็นสถานีรถไฟฟ้าในเส้นทางรถไฟฟ้าชานเมือง เป็นสถานียกระดับเหนือถนนกำแพงเพชร 2 ในพื้นที่แขวงจตุจักร เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร สถานีรูปแบบนี้มีการใช้ซ้ำในสถานีวัดเสมียรนารี บางเขน ทุ่งสองห้อง หลักสี่ และการเคหะ โดยตั้งอยู่ที่ถนนกำแพงเพชร 2 ใกล้กับสถานีจ่ายไฟฟ้าย่อยจตุจักร การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย และสถานีจ่ายไฟฟ้าต้นทางบางซื่อ การไฟฟ้านครหลวง ในพื้นที่แขวงจตุจักร เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร

ภาพที่ 4.25 สถานที่ตั้งสถานีจตุจักร

ที่มา : ผู้วิจัยดัดแปลงจาก Google Map

4.2.1.3.2 แผนผังสถานี

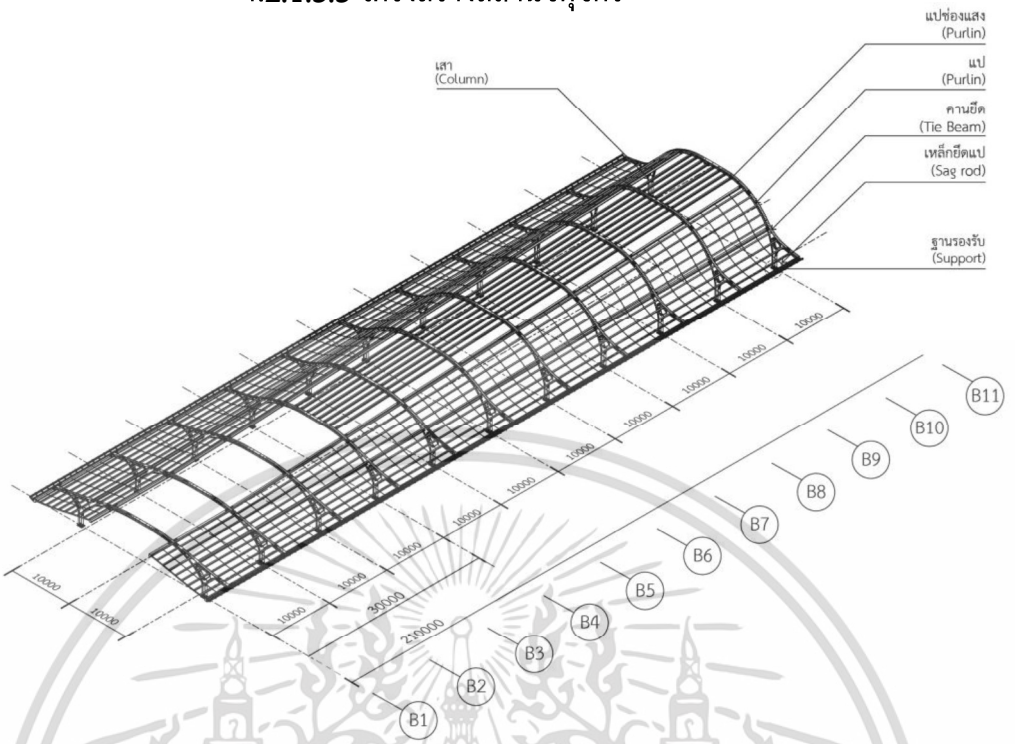
แผนผังสถานี		
ชั้น 3 ชั้นชานชาลา (รถไฟฟ้าชานเมือง)		ชานชาลาด้านข้าง, ประตูรถจะเปิดทางด้านซ้าย
	ชานชาลา 1	สายธานีรัถยา มุ่งหน้า สถานีรังสิต
		ราง รฟท.เหนือ, รฟท.ตะวันออกเฉียงเหนือ
		ราง รฟท.เหนือ, รฟท.ตะวันออกเฉียงเหนือ
	ชานชาลา 2	สายธานีรัถยา มุ่งหน้า สถากลางกรุงเทพอภิวัฒน์
		ชานชาลาด้านข้าง, ประตูรถจะเปิดทางด้านซ้าย
ชั้น 2	ชั้นจำหน่ายบัตรโดยสาร	ทางออก 1-6, ศูนย์บริการผู้โดยสาร, ห้องจำหน่ายบัตรโดยสาร, เครื่องขายบัตรโดยสาร, ร้านค้า
ชั้นพื้นดิน	ระดับถนน	ป้านรถประจำทาง, ชุมชนบ้านพักรถไฟ, สถานีจ่ายไฟฟ้าย่อยจตุจักร, การไฟฟ้าผ่านผลิตแห่งประเทศไทย, สถานีจ่ายไฟฟ้าต้นทางบางซื่อ, การไฟฟ้านครหลวง, สถานีโดยสารจตุจักรนครชัยแอร์

ภาพที่ 4.26 แผนผังการใช้งานสถานีจตุจักร

ที่มา : ผู้วิจัย, 2566

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.1.3.3 โครงสร้างสถานีจตุจักร

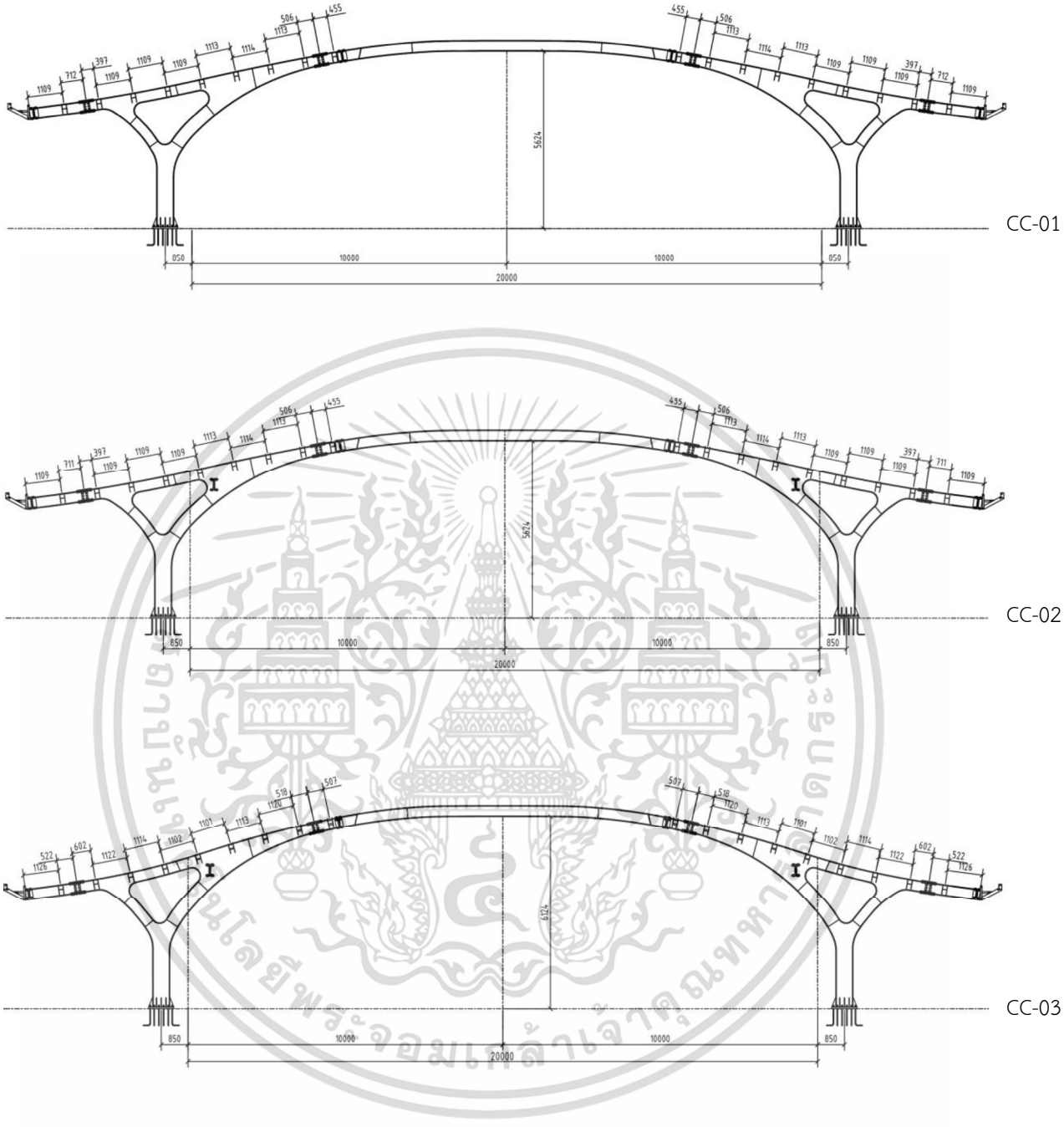


ภาพที่ 4.27 ส่วนประกอบของโครงสร้างหลังคาสถานีจตุจักร รูปแบบ CC1

ที่มา : ผู้วิจัยเขียนภาพ Isometric จากรูปตัดของแบบก่อสร้างจากการรถไฟแห่งประเทศไทย (รฟท.)

จากการศึกษาโครงสร้างหลังคาสถานีจตุจักร ภาพที่ 4.27 พบว่าใช้โครงสร้างแบบโครงแข็งเกร็ง (Portal Frame) โดยจะมีลักษณะพิเศษคือไหล่โครงสร้างมีขนาดใหญ่ เสาและจันทันเป็นองค์อาคารเดียวกัน ซึ่งมีองค์อาคารที่แตกต่างกัน 10 รูปแบบ มีความสูงรวม 5.624-10.125 ม. ระยะพาดช่วงกว้าง 20 ม. มีระยะพาดช่วงกว้างมากกว่าสถานีดอนเมืองเพราะต้องรองรับจำนวนรางมากกว่า ระยะยื่นชายคา 5.15 ม. มีคานยึดโครงสร้างแข็งเกร็งทุกช่วง 10 ม. ความยาวสถานีรวมทั้งสิ้น 300 ม. และส่วนที่มีหลังคาคลุมยาวทั้งสิ้น 210 ม. ให้บริการแค่รถไฟชานเมืองเท่านั้น จึงมีขนาดสถานีเล็กกว่าสถานีดอนเมืองนั้นเอง

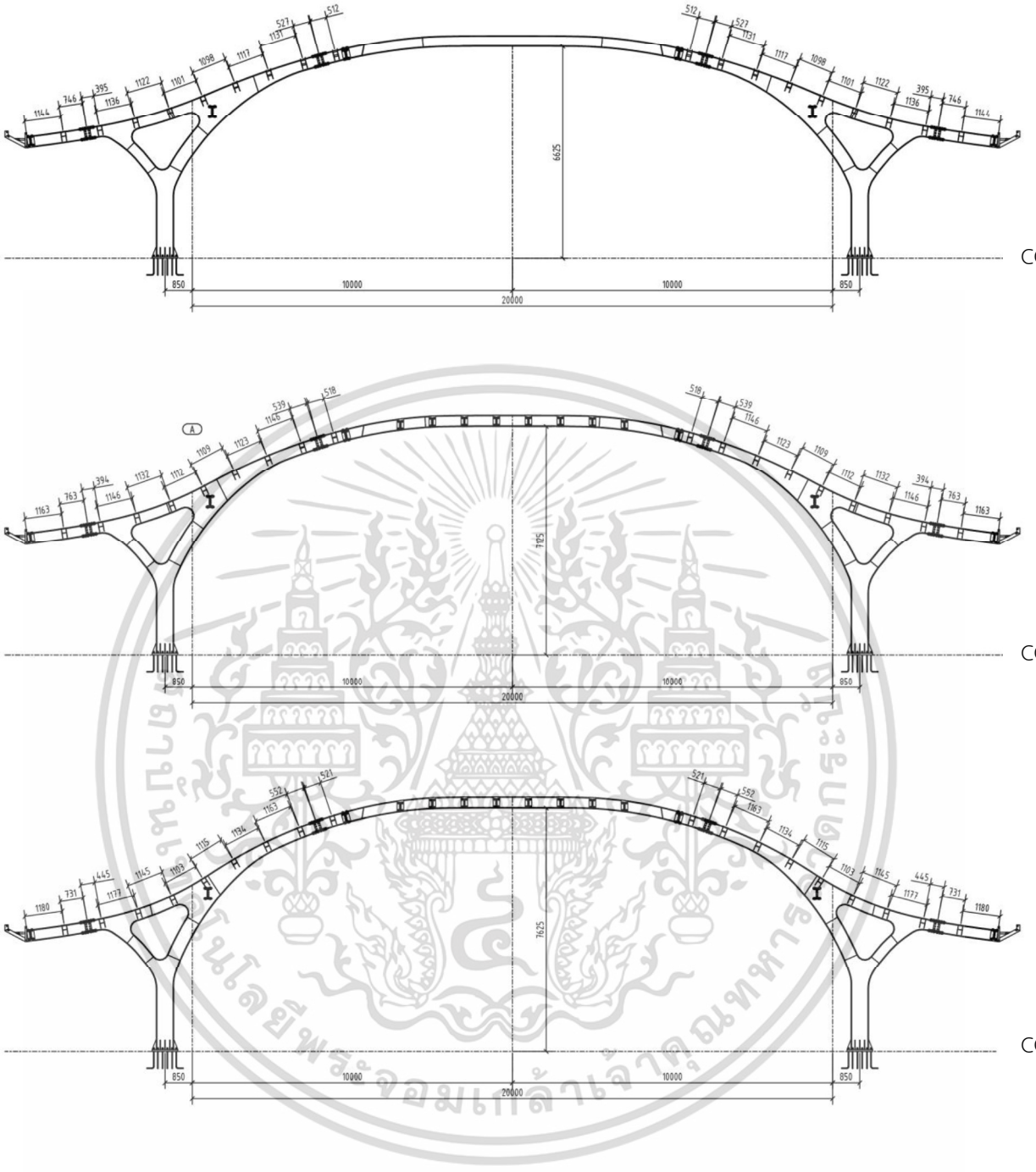
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.28 ส่วนประกอบของโครงสร้างหลังคาสถานีดอนเมือง รูปแบบ CC1

ที่มา : ดัดแปลงจากแบบก่อสร้างของการรถไฟแห่งประเทศไทย (รฟท.)

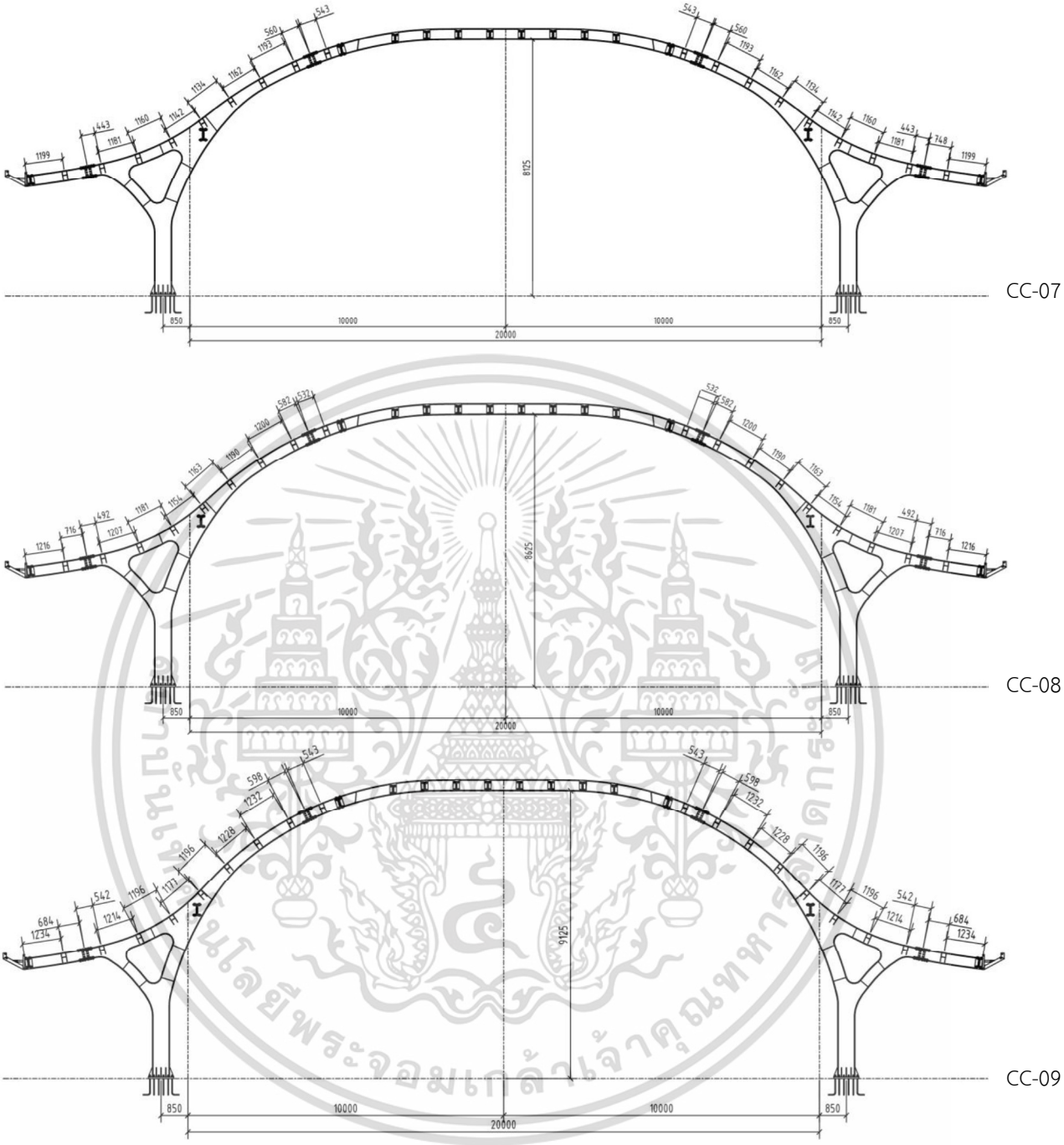
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.28 (ต่อ)

ที่มา : ดัดแปลงจากแบบก่อสร้างของการรถไฟแห่งประเทศไทย (รฟท.)

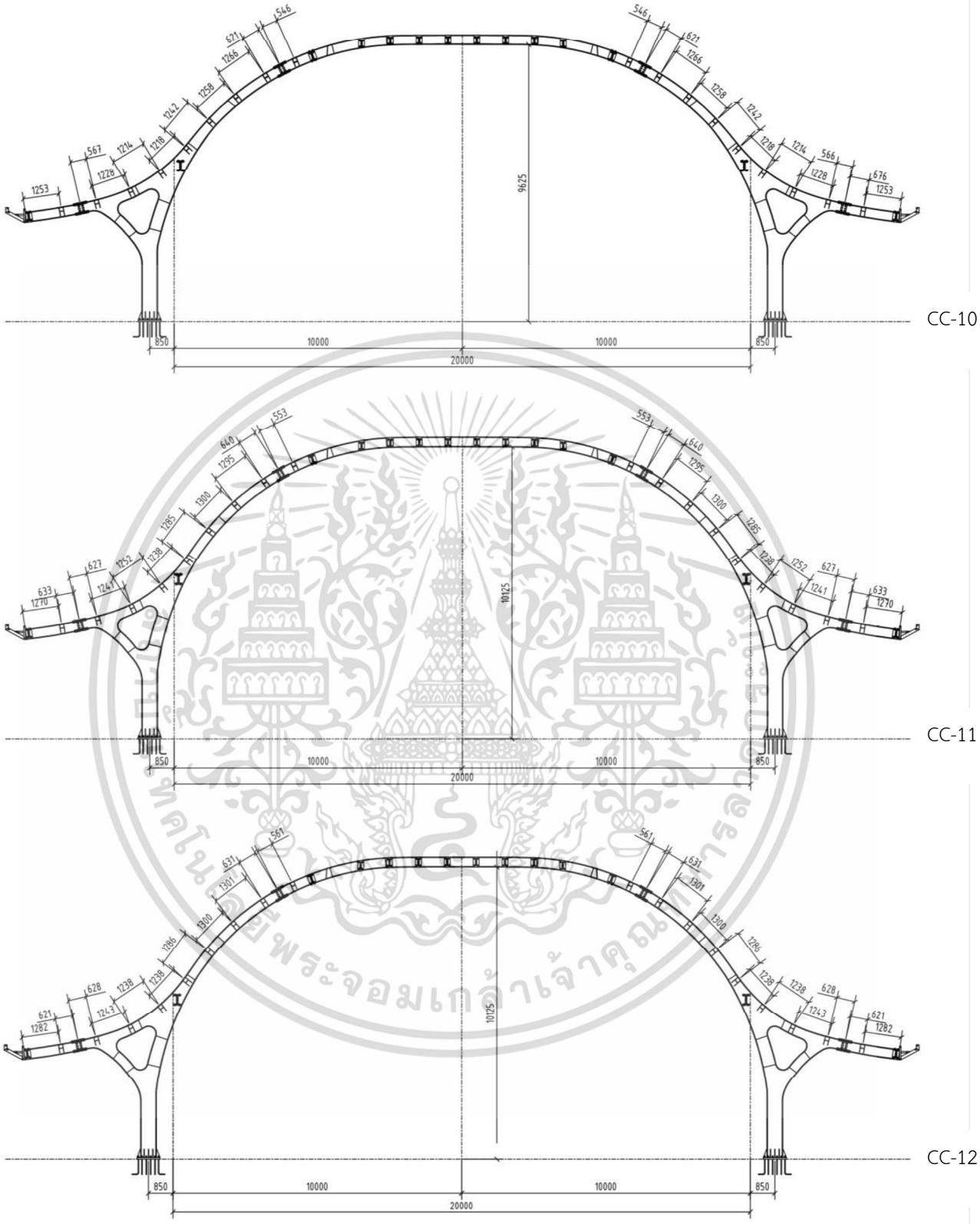
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.28 (ต่อ)

ที่มา : ดัดแปลงจากแบบก่อสร้างของการรถไฟแห่งประเทศไทย (รฟท.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.28 (ต่อ)

ที่มา : ดัดแปลงจากแบบก่อสร้างของการรถไฟแห่งประเทศไทย (รฟท.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.1.3.4 องค์อาคารและจุดต่อ

1) โครงช่วงพาดกว้าง อาคารสถานีจตุจักร ประกอบไปด้วย

ประกอบไปด้วยโครงแข็งเกร็ง (Portal Frame) 10 รูปแบบ ซึ่งแต่ละรูปแบบมีรูปทรงคล้ายคลึงกัน แตกต่างกันในส่วนของความสูงหลังคา ซึ่งทั้งหมดเป็นโครงสร้างเหล็กรูปพรรณรีดร้อน โดยใช้เป็นเหล็กไวด์เฟลนจ์ (Wide Flange) ยึดต่อกันด้วยวิธีการเชื่อม เพื่อต่อขยายความยาวขององค์อาคารต่าง ๆ โดยขนาดหน้าตัดเหล็กของโครงสร้างหลัก ประกอบไปด้วย 4 ขนาด ซึ่งขนาดที่ใหญ่ที่สุดคือเสา ขนาดหน้าตัดลึก 55 ซม. ออกแบบให้ใช้จุดต่อที่ฐานรองรับแบบเดียวกันทั้งหมด โดยใช้เป็นจุดต่อแบบยึดแน่น (Fixed) และทำการเชื่อมประกอบแผ่นเหล็กและยึดกับฐานคอนกรีตด้วยสลักเกลียว

ภาพที่ 4.29 แสดงเหล็กยึดแป

ที่มา : จากการสำรวจในเดือนตุลาคม พ.ศ.2565

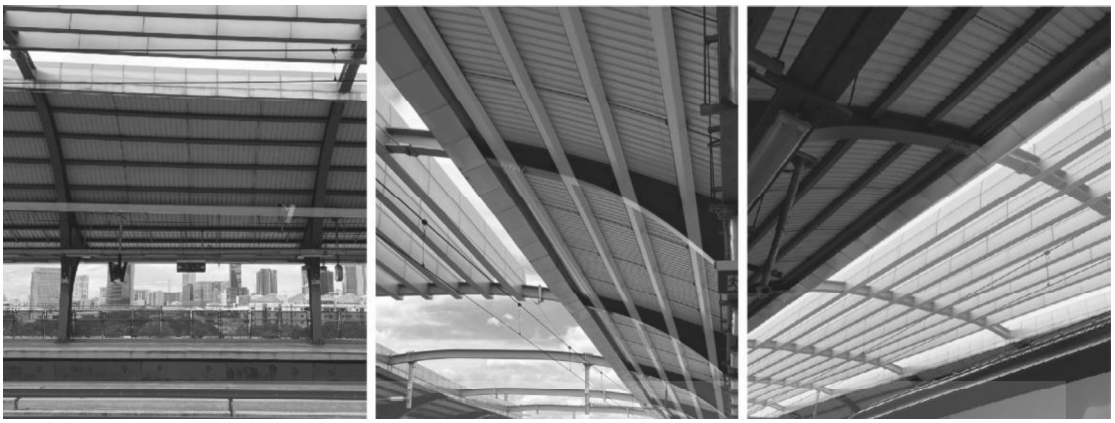
2) โครงพาดช่วงสั้น

- คานยึดรั้ง (Tie Beam) เป็นคานตรงยึดระหว่างโครงหลักทุกระยะ 10 ม. ช่วยรองรับโมเมนต์ดัด (Moment) ที่มีมากบริเวณไหล่โครงสร้าง โดยใช้เหล็กรูปประพรรณรีดร้อน เหล็กไวด์เฟลนจ์ (Wide Flange) ขนาด 340x250x9x14 มม. ยึดติดกันด้วยวิธีการเชื่อมเหล็กฉาก

- แป (Purlin) เป็นโครงสร้างเหล็กรูปพรรณรีดเย็น โดยใช้เป็นเหล็กกล่องสี่เหลี่ยม ขนาด 150x150x6 มม.ต่อขยายความยาวด้วยการเชื่อมและยึดบนโครงสร้างหลัก (โครงแข็งเกร็ง) ด้วยวิธีการเชื่อมเช่นเดียวกัน

- โครงช่องรับแสง (Monitor Roof Frames) วางอยู่กึ่งกลางโครงสร้างหลักในตำแหน่งยอดหลังคาเพื่อเปิดช่องแสงให้แสงลงมายังสถานี โดยใช้เหล็กรูปประพรรณรีดร้อน เหล็กไวด์เฟลนจ์ (Wide Flange) ขนาด 244x175x7x11 มม. มีทั้งหมด 8 ชิ้น ยึดต่อระหว่างโครงแข็งเกร็งด้วยวิธีการเชื่อมองค์อาคาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ก. คานยึดรั้ง ข. แป ค. โครงช่องรับแสง

ภาพที่ 4.30 แสดงคานยึดรั้ง แป และโครงช่องรับแสง

ที่มา : จากการสำรวจในเดือนตุลาคม พ.ศ.2565

3) โครงยึดรั้ง

- เหล็กยึดแป (Sag Rod) เป็นเหล็กที่ยึดบริเวณกึ่งกลางแป เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการแอ่นตัว หรือเกิดการโก่งในแนวยาว เหล็กยึดแปจะรับแรงดึงสะสมตามความลาดเอียงของหลังคาทั้งสองด้านโดยใช้เหล็กเส้นกลมขนาด RB 15 มม. ทำเกลียวที่ปลายแล้วขันน็อตยึดระหว่างแป เช่นเดียวกับสถานีดอนเมือง

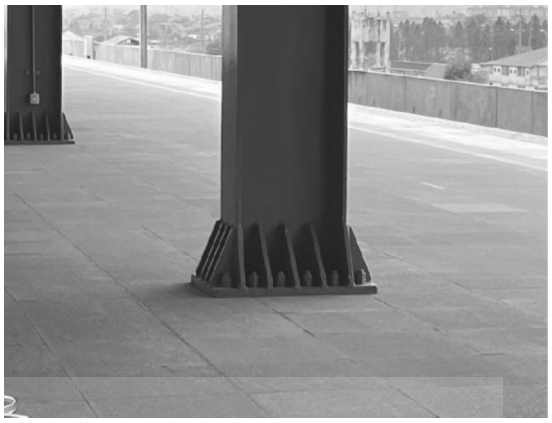
ภาพที่ 4.31 แสดงโครงยึดรั้ง

ที่มา : จากการสำรวจในเดือนตุลาคม พ.ศ.2565

4) ฐานรองรับ

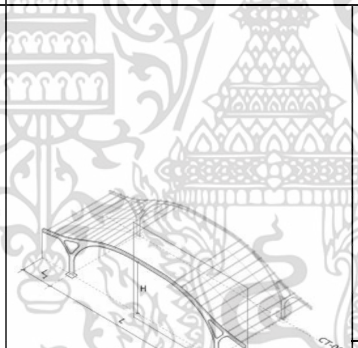
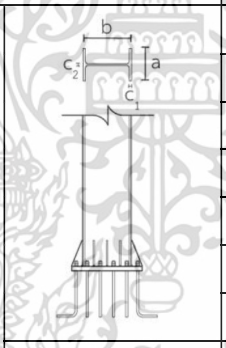
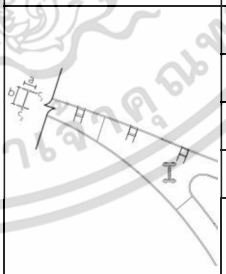
- ฐานรองรับถือเป็นองค์ประกอบสำคัญต่อพฤติกรรมของโครงสร้าง เนื่องจากทำหน้าที่ยึดและถ่ายเทน้ำหนักไปยังโครงสร้างด้านล่าง ฐานรองรับเป็นเสาไวด์เฟลนจ์ (Wide Flange) ยึดติดกับแผ่นเหล็กรองด้วยวิธีการเชื่อม โดยแผ่นเหล็กรองจะแผ่ออกจากโครงสร้างเสา และยึดด้วยสลักเกลียวจำนวน 18 ตัว ฝังลงคานคอนกรีตด้านล่าง สถานีดอนเมืองจะมีการใช้ฐานรองรับแบบยึดแน่น (Fixed) ทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



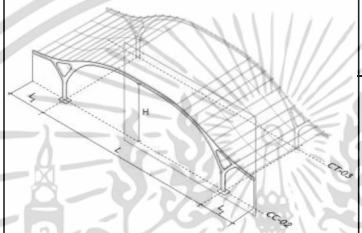
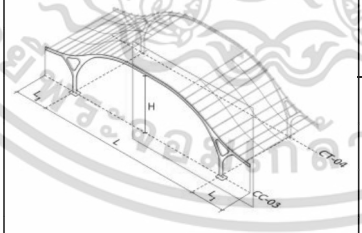
ภาพที่ 4.32 แสดงฐานรองรับโครงสร้างหลังคาสถานีจตุจักร (CC1)
ที่มา : จากการสำรวจในเดือนมกราคม พ.ศ.2566

ตารางที่ 4.8 แสดงองค์อาคารและจุดต่อโครงสร้างหลังคาสถานีจตุจักร CC1

องค์อาคาร			แบบโครงสร้างโดยสังเขป		ขนาด (มิลลิเมตร)		จุดต่อ	
							การยึดต่อ	รูปแบบ
โครงสร้างหลังคาจตุจักร (CC1)	โครงสร้างพาดช่วงกว้าง	CC-01			L	21,630	เชื่อม + สลักเกลียว	กึ่งยึดแน่น
					L_1	4,300		
					H	5,624		
					a	350		
					b	550		
					c_1	23		
					c_2	12		
					a	350	เชื่อม	ยึดแน่น
					b	350		
					c_1	23		
					c_2	12		

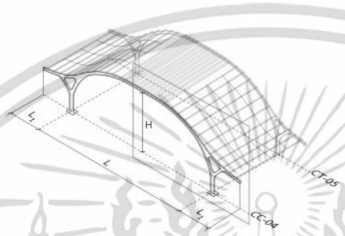
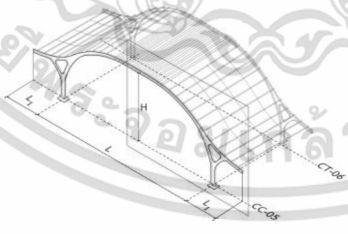
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.8 (ต่อ)

องค์อาคาร			แบบโครงสร้างโดยสังเขป		ขนาด (มิลลิเมตร)		จุดต่อ	
							การยึดต่อ	รูปแบบ
โครงสร้างหลังคาสถานีจตุจักร (CC1)	โครงสร้างพาดช่วงกว้าง	CC-02			L	21,630	เชื่อม + สลักเกลียว	กึ่งยึดแน่น
					L_1	4,300		
					H	6,124		
					a	350		
					b	550		
					c_1	23		
					c_2	12		
					a	350	เชื่อม	ยึดแน่น
					b	350		
					c_1	23		
					c_2	12		
		CC-03			L	21,630	เชื่อม + สลักเกลียว	กึ่งยึดแน่น
					L_1	4,300		
					H	6,625		
					a	350		
					b	550		
					c_1	23		
					c_2	12		
					a	350	เชื่อม	ยึดแน่น
					b	350		
					c_1	23		
					c_2	12		

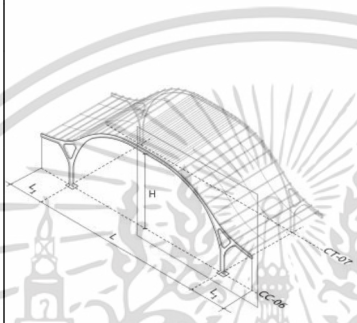
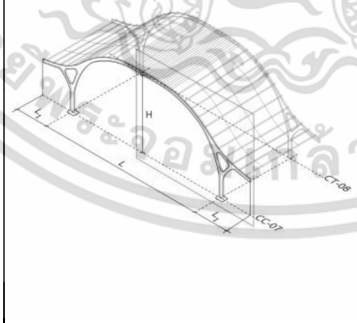
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.8 (ต่อ)

องค์อาคาร			แบบโครงสร้างโดยสังเขป		ขนาด (มิลลิเมตร)		จุดต่อ	
							การยึดต่อ	รูปแบบ
โครงสร้างหลังคาสถานีจตุจักร (CC1)	โครงสร้างพาดช่วงกว้าง	CC-04			L	21,630	เชื่อม + สลักเกลียว	กึ่งยึดแน่น
					L_1	4,300		
					H	7,125		
					a	350		
					b	550		
					c_1	23		
					c_2	12		
					a	350	เชื่อม	ยึดแน่น
					b	350		
					c_1	23		
					c_2	12		
		CC-05			L	21,630	เชื่อม + สลักเกลียว	กึ่งยึดแน่น
					L_1	4,300		
					H	7,625		
					a	350		
					b	550		
					c_1	23		
					c_2	12		
					a	350	เชื่อม	ยึดแน่น
					b	350		
					c_1	23		
					c_2	12		

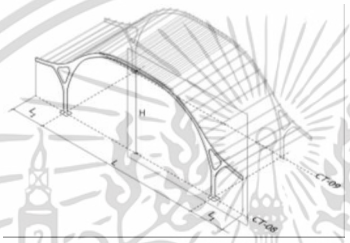
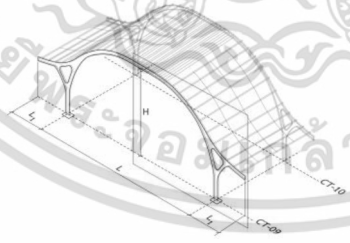
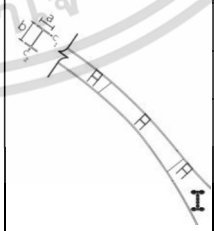
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.8 (ต่อ)

องค์อาคาร			แบบโครงสร้างโดยสังเขป		ขนาด (มิลลิเมตร)		จุดต่อ	
							การยึดต่อ	รูปแบบ
โครงสร้างหลังคาสถานีจตุจักร (CC1)	โครงสร้างพาดช่วงกว้าง	CC-06			L	21,630	เชื่อม + สลักเกลียว	ถึงยึดแน่น
					L_1	4,300		
					H	8,125		
					a	350		
					b	550		
					c_1	23		
					c_2	12		
					a	350	เชื่อม	ยึดแน่น
					b	350		
					c_1	23		
					c_2	12		
		CC-07			L	21,630	เชื่อม + สลักเกลียว	ถึงยึดแน่น
					L_1	4,300		
					H	8,625		
					a	350		
					b	550		
					c_1	23		
					c_2	12		
					a	350	เชื่อม	ยึดแน่น
					b	350		
					c_1	23		
					c_2	12		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.8 (ต่อ)

องค์อาคาร			แบบโครงสร้างโดยสังเขป		ขนาด (มิลลิเมตร)		จุดต่อ	
							การยึดต่อ	รูปแบบ
โครงสร้างหลังคาสถานีจตุจักร (CC1)	โครงสร้างพาดช่วงกว้าง	CC-08			L	21,630	เชื่อม + สลักเกลียว	สิ่งยึดแน่น
					L_1	4,300		
					H	9,125		
					a	350		
					b	550		
					c_1	23		
					c_2	12		
					a	350	เชื่อม	ยึดแน่น
					b	350		
					c_1	23		
					c_2	12		
		CC-09			L	21,630	เชื่อม + สลักเกลียว	สิ่งยึดแน่น
					L_1	4,300		
					H	9,625		
					a	350		
					b	550		
					c_1	23		
					c_2	12		
					a	350	เชื่อม	ยึดแน่น
					b	350		
					c_1	23		
					c_2	12		

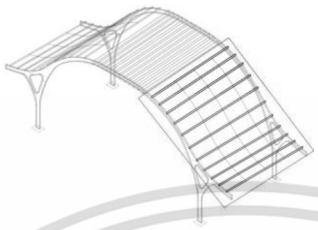
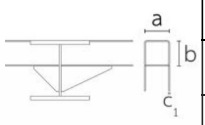
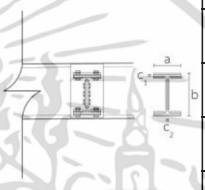
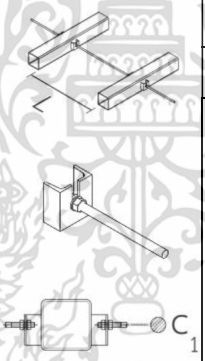
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.8 (ต่อ)

องค์อาคาร			แบบโครงสร้างโดยสังเขป		ขนาด (มิลลิเมตร)		จุดต่อ	
							การยึดต่อ	รูปแบบ
โครงสร้างหลังคาสถานีจตุจักร (CC1)	โครงสร้างพาดช่วงกว้าง	CC-10			L	21,630	เชื่อม + สลักเกลียว	ถึงยึดแน่น
					L_1	4,300		
					H	10,125		
					a	350		
					b	550		
					c_1	23		
					c_2	12		
					a	350	เชื่อม	ยึดแน่น
					b	350		
					c_1	23		
					c_2	12		
	โครงสร้างพาดช่วงสั้น	คานยึด 1			L	10,000	เชื่อม	ยึดแน่น
					a	201		
					b	298		
					c_1	14		
					c_2	9		
		คานยึด 2			L	10,000	เชื่อม	ยึดแน่น
					a	250		
					b	340		
					c_1	14		
					c_2	9		
		คานยึด 3			L	10,000	เชื่อม	ยึดแน่น
					a	201		
					b	298		
					c_1	14		
					c_2	9		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.8 (ต่อ)

องค์อาคาร			แบบโครงสร้างโดยสังเขป		ขนาด (มิลลิเมตร)		จุดต่อ	
							การยึดต่อ	รูปแบบ
โครงสร้างหลังคาสถานีจตุจักร (CC1)	โครงสร้างพาดช่วงกว้าง	แป (Purlin)			L	10,000	เชื่อม + สลักเกลียว	ยึดแน่น
					a	150		
					b	150		
					c_1	6		
		โครงช่องรับแสง			L	10,000	เชื่อม + สลักเกลียว	ยึดแน่น
					a	175		
					b	244		
					c_1	11		
					c_2	7		
	โครงยึดรั้ง	เหล็กยึดแป (Sag Rod)			L	500	เชื่อม + สลักเกลียว	ยึดแน่น
					c_1	15		

จากตารางสรุปได้ว่า โครงสร้างพาดช่วงกว้างเป็นการใช้โครงสร้างประเภทโครงข้อแข็งเกร็ง (Portal frame) ที่มีขนาดต่างกัน โดยบริเวณเสาและคานจะมีขนาดใกล้เคียงกันโดยใช้เหล็กประเภทไวด์เฟลนจ์ทั้งหมด ต่างกันที่ขนาดความสูงของโค้ง (Arch) ซึ่งวัดตั้งแต่ระดับฐานเสาถึงระดับความโค้งสูงสุด โดยมีค่าระดับความสูงตั้งแต่ 5.62 ม. ถึง 9.13 ม. จึงทำให้โครงสร้างหลังคามีลักษณะโค้งที่ไม่เท่ากัน ต่อมาโครงสร้างพาดช่วงสั้น ประกอบไปด้วยคานยึด องค์อาคารส่วนนี้ใช้เหล็กไวด์เฟลนจ์ มีหน้าที่ยึดต่อให้โครงข้อแข็งเกร็งเข้าด้วยกัน ด้วยวิธีการเชื่อม ต่อมาแป องค์อาคารส่วนนี้ใช้เหล็กกล่องขนาดเล็ก ยึดต่อด้วยวิธีการเชื่อมและสลักเกลียว และโครงช่องรับแสง ใช้เหล็กไวน์แฟรงค์ ยึดต่อกันด้วยวิธีการเชื่อมและสลักเกลียว ส่วนสุดท้ายคือโครงยึดรั้ง มีหน้าที่ยึดแปเข้าด้วยกัน ยึดต่อด้วยวิธีการเชื่อมและสลักเกลียวเช่นเดียวกัน

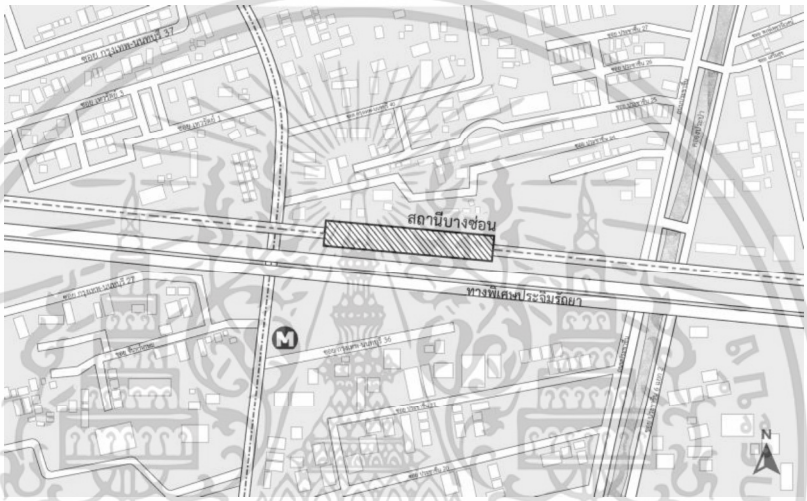
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 สีแดงอ่อน

4.2.2.1 สถานีบางซ่อน

4.2.2.1.1 ข้อมูลทั่วไปสถานีบางซ่อน

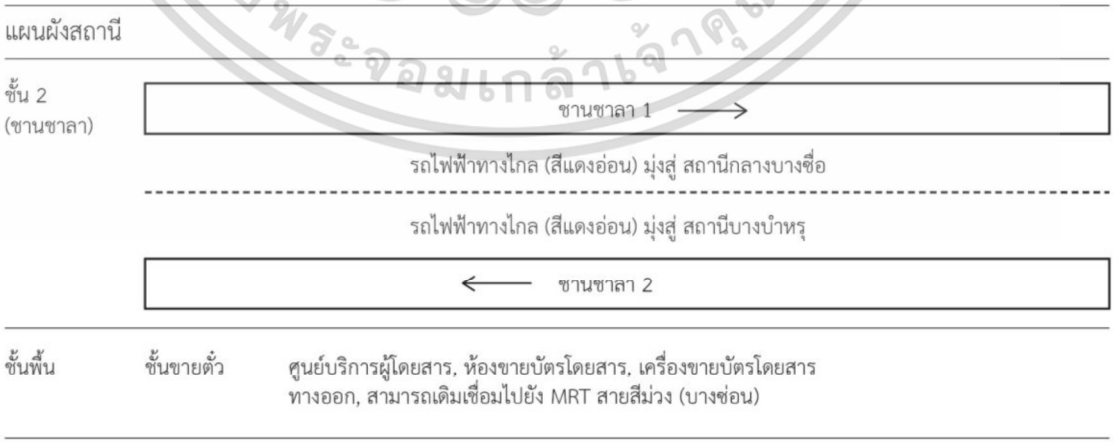
เป็นสถานีรถไฟฟ้าในเส้นทางรถไฟฟ้าชานเมือง สายนครวิถี และยังเป็นสถานีของรถไฟทางไกลในเส้นทางสายใต้ สถานีบางซ่อนเป็นสถานีต้นทางของสถานีรถไฟฟ้าสายสีแดงอ่อนที่เชื่อมต่อกับสถานีกลางบางซื่อ (บางซ่อน-ตลิ่งชัน) ระยะทางจากสถานีบางซ่อนถึงบางบำหรุ 8.5 กิโลเมตร สถานที่ตั้ง ถนนกรุงเทพฯ-นนทบุรี เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ ตั้งอยู่บริเวณใกล้แหล่งชุมชนและอสังหาริมทรัพย์บริเวณพื้นที่เศรษฐกิจ เขตบางซื่อ โดยเป็นจุดเชื่อมต่อกับรถไฟฟ้าสายสีม่วง



ภาพที่ 4.33 สถานที่ตั้งสถานีบางซ่อน

ที่มา : ผู้วิจัยดัดแปลงจาก Google Map

4.2.2.1.2 แผนผังสถานี

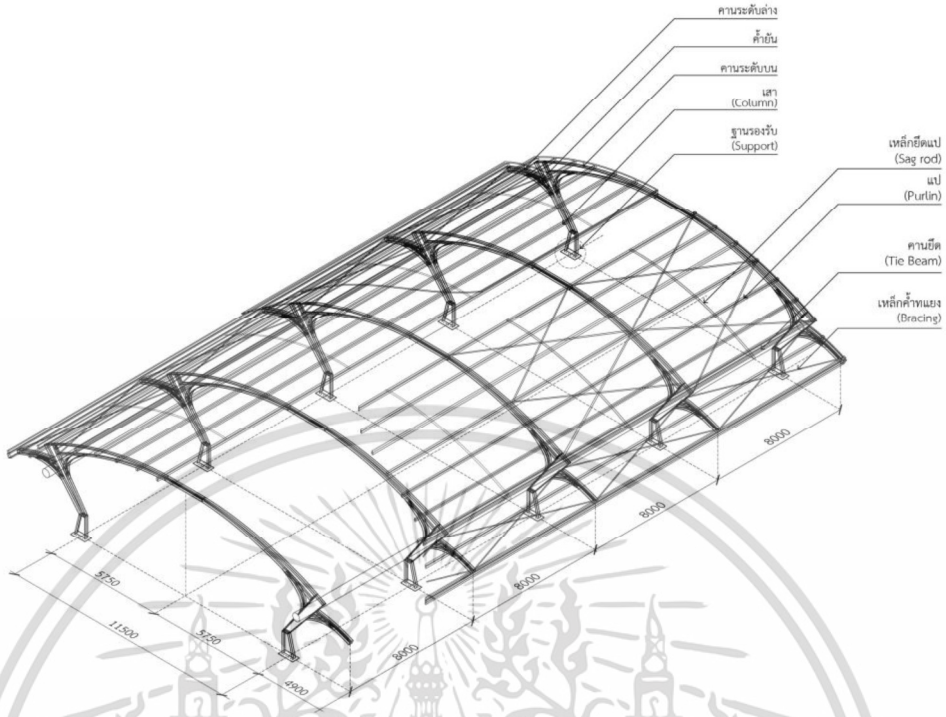


ภาพที่ 4.34 แผนผังการใช้งานสถานีบางซ่อน

ที่มา : ผู้วิจัย, 2566

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

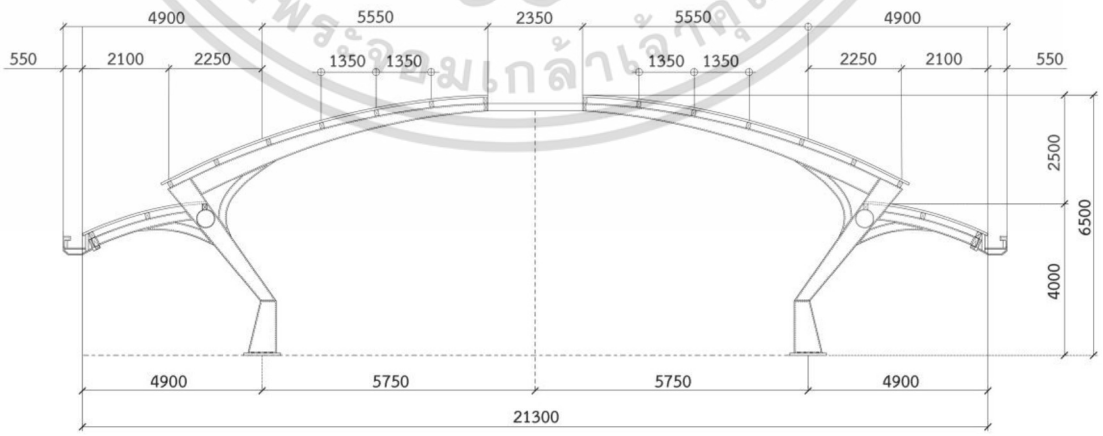
4.2.2.1.3 โครงสร้างสถานีบางซ่อน



ภาพที่ 4.35 ส่วนประกอบของโครงสร้างหลังคาสถานีบางซ่อน รูปแบบ BS1

ที่มา : ผู้วิจัยเขียนภาพ Isometric จากรูปตัดของแบบก่อสร้างจากการรถไฟแห่งประเทศไทย (รฟท.)

จากการศึกษาโครงสร้างหลังคาสถานีบางซ่อน โครงสร้างหลังคาเป็นโครงสร้างพาดช่วงกว้าง 13.45 เมตร และยื่นชายคาข้างละ 4.00 เมตร ต่อเชื่อมกับคานยึดรั้งเหล็กกลมทึบ รัศมี 225 มิลลิเมตร โครงหลักทั้งเสาและคาน ใช้เป็นเหล็กรูปพรรณไวด์เฟลนจ์ (Wide Flange) ระยะห่างระหว่างโครงหลัก 8 เมตร ช่องแสงด้านบนเปิดโล่ง



ภาพที่ 4.36 รูปตัดขวางโครงสร้างหลังคาสถานีบางซ่อน รูปแบบ BS1

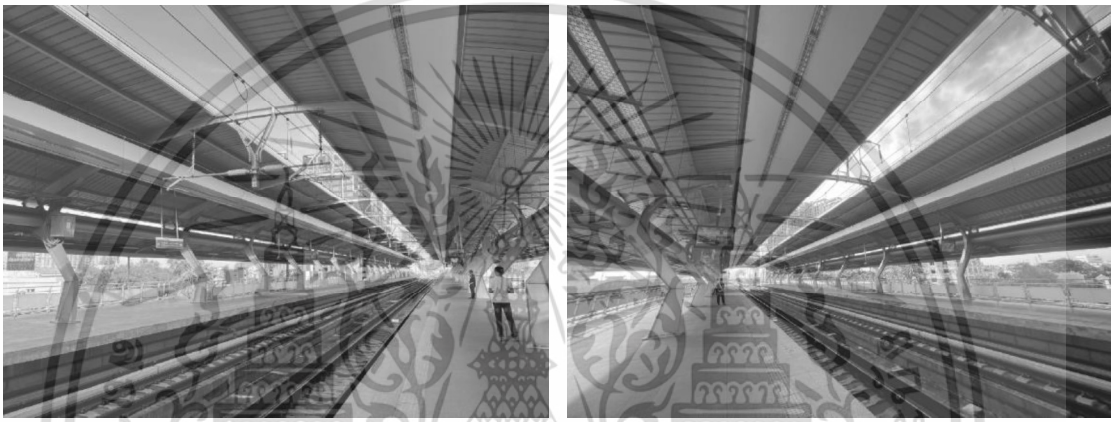
ที่มา : ดัดแปลงจากแบบก่อสร้างของการรถไฟแห่งประเทศไทย (รฟท.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2.1.4 องค์อาคารและจุดต่อ

1) โครงช่วงพาดกว้าง อาคารสถานีบางซ่อน ประกอบไปด้วย

โครงสร้างหลักเป็นโครงแข็งเกร็ง (Portal Frame) ซึ่งทั้งหมดเป็นโครงเหล็กรูปพรรณรีดร้อน โดยใช้เป็นเหล็กไวด์เฟลนจ์ (Wide Flange) ยึดต่อกันด้วยวิธีการเชื่อม เพื่อต่อขยายความยาวขององค์อาคารต่าง ๆ โดยขนาดหน้าตัดเหล็กของโครงสร้างหลักที่มีขนาดที่ใหญ่ที่สุด คือไหล่โครงสร้าง มีขนาดหน้าตัดลึก 55 ซม. ออกแบบให้ใช้จุดต่อที่ฐานรองรับแบบเดียวกันทั้งหมด โดยใช้เป็นจุดต่อแบบยึดแน่น (Fixed) และทำการเชื่อมประกอบแผ่นเหล็กและยึดกับฐานคอนกรีตด้วยสลักเกลียว



ภาพที่ 4.37 แสดงโครงแข็งเกร็ง

ที่มา : จากการสำรวจในเดือนตุลาคม พ.ศ.2565

2) โครงพาดช่วงสั้น

- คานยึดรั้ง (Tie Beam) เป็นคานตรงยึดระหว่างโครงหลักทุกระยะ 8 ม. ช่วยรองรับโมเมนต์ดัด (Moment) ที่มีมากบริเวณไหล่โครงสร้าง โดยใช้เหล็กรูปประพรรณรีดร้อนเป็นเหล็กกลวงกลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 406 มม. ความหนา 12 มม. ยึดติดกันด้วยวิธีการเชื่อมเหล็ก

- แป (Purlin) เป็นโครงสร้างเหล็กรูปพรรณรีดเย็น โดยใช้เป็นเหล็กกล่องสี่เหลี่ยม ขนาด 150x100x6 มม. ต่อขยายความยาวด้วยการเชื่อมและยึดบนโครงสร้างหลัก (โครงแข็งเกร็ง) ด้วยวิธีการเชื่อมเช่นเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 4.38 แสดงคานยึดรั้ง และแปตามลำดับ
ที่มา : จากการสำรวจในเดือนตุลาคม พ.ศ.2565

3) โครงยึดรั้ง

- เหล็กยึดแป (Sag Rod) เป็นเหล็กที่ยึดบริเวณกึ่งกลางแปต่อทีละชิ้น เพื่อป้องกันไม่ให้การโก่งในแนวยาว เหล็กยึดแปจะรับแรงดึงสะสมตามความลาดเอียงของหลังคาทั้งสองด้านโดยใช้เหล็กเส้นกลมกลวงขนาดผ่านศูนย์กลาง 42.7 มม. ความหนา 2.3 มม. ทำเกลียวที่ปลายแล้วน็อตยึดระหว่างแป

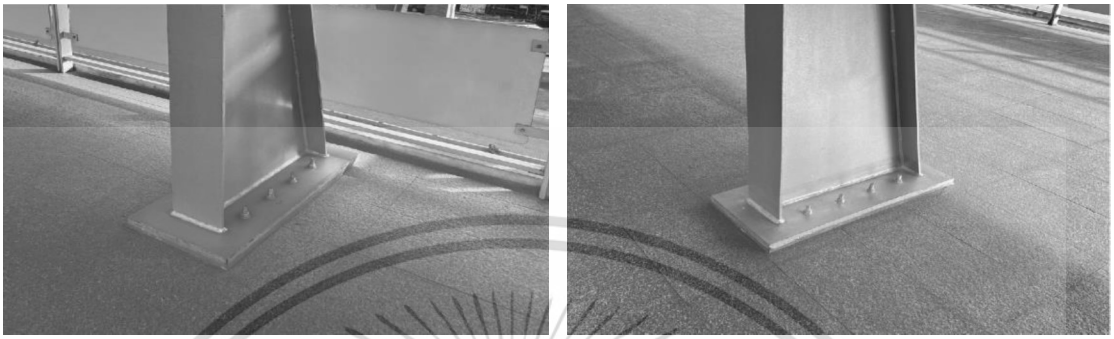
- ค้ำทแยง (Bracings) เป็นเหล็กเส้นยึดทแยงระหว่างโครงแข็งเกร็ง เพื่อเพิ่มเสถียรภาพและความแข็งแรงทางด้านข้างให้แก่โครงสร้างหลัก ใช้เหล็กเส้นกลมขนาด RB 15 โดยทำการขันเร่งเกลียวขึงให้ตึง เพื่อให้มีแรงดึงภายในองค์อาคาร

ภาพที่ 4.39 แสดงเหล็กยึดแป และค้ำทแยงตามลำดับ
ที่มา : จากการสำรวจในเดือนมากราคม พ.ศ.2566

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) ฐานรองรับ

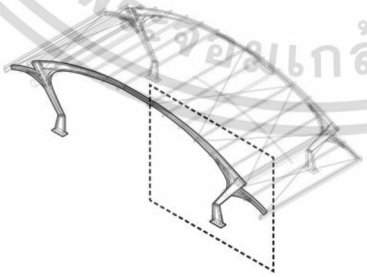
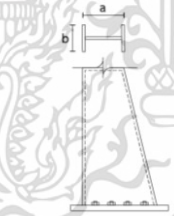
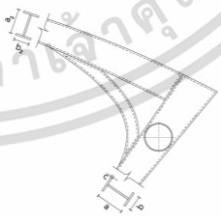
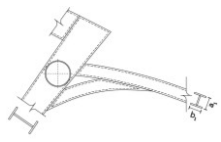
ฐานรองรับเป็นเสาไวด์เฟลนจ์ (Wide Flange) ยึดติดกับแผ่นเหล็กรองด้วยวิธีการเชื่อม โดยแผ่นเหล็กรองจะแผ่ออกจากโครงสร้างเสา และยึดด้วยสลักเกลียวจำนวน 8 ตัว ฝังลงคานคอนกรีตด้านล่าง สถานีบางซ่อนจะมีการใช้ฐานรองรับแบบยึดแน่น (Fixed) ทั้งหมด



ภาพที่ 4.40 แสดงฐานรองรับโครงสร้างหลังคาสถานีบางซ่อน

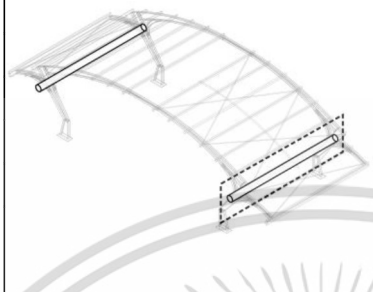
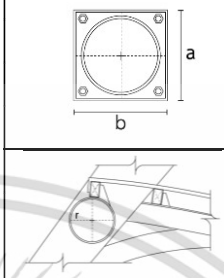
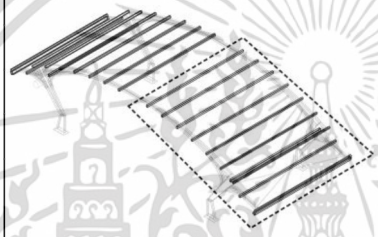
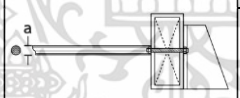
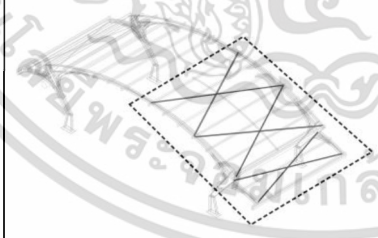
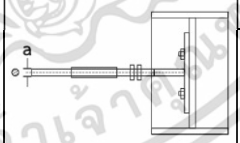
ที่มา : จากการสำรวจในเดือนมกราคม พ.ศ.2566

ตารางที่ 4.9 แสดงองค์อาคารและจุดต่อโครงสร้างหลังคาสถานีบางซ่อน BS1

องค์อาคาร		แบบโครงสร้างโดยสังเขป		ขนาด (มิลลิเมตร)		จุดต่อ: การยึดต่อ	จุดต่อ: รูปแบบ
โครงสร้างช่วงพาดกว้าง	โครงหลัก (Main Frame)			L	11,500	เชื่อม + สลักเกลียว	ยึดแน่น
				L_1	4,900		
				H	6,500		
				a	400-700		
				b	200		
				a	400-550	เชื่อม	ยึดแน่น
				b	200		
				c	12		
				a_1	200-550		
				b_1	200		
				a_2	200	เชื่อม	ยึดแน่น
				b_2	200		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.9 (ต่อ)

องค์อาคาร		แบบโครงสร้างโดยสังเขป		ขนาด (มิลลิเมตร)		จุดต่อ	
						การยึดต่อ	รูปแบบ
โครงสร้างช่วงพาดสั้น	คานยึด (Tie Beams)			L 8,000 a 500 b 500 r 225		เชื่อม + สลักเกลียว	กึ่งยึดแน่น
	แป (Purlins)			L 8,000 a 200 b 100 c 12		เชื่อม	ยึดแน่น
โครงยึดรั้ง	เหล็กยึดแป (Sag Rod)			L 1,350 a 45		สลักเกลียว	ยึดหมุน
	ค้ำทแยง (Bracing)			L 11,500 a 20		เชื่อม + สลักเกลียว	กึ่งยึดแน่น

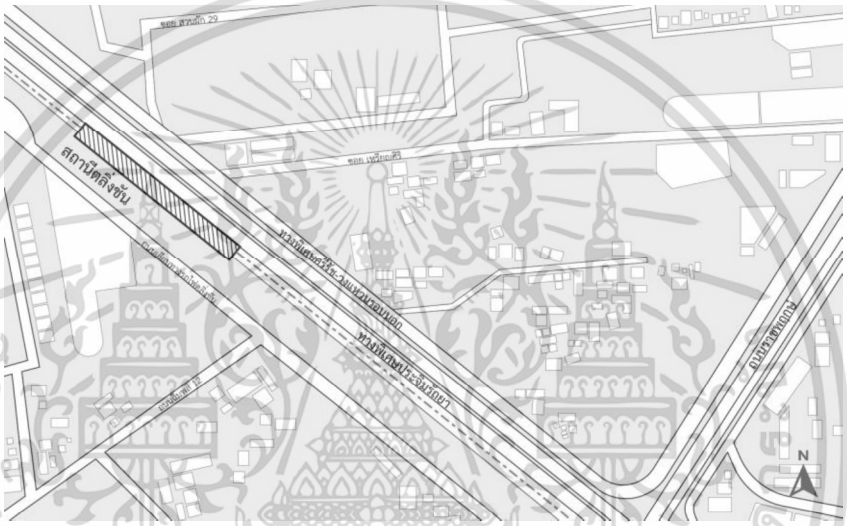
จากตารางสรุปได้ว่า โครงสร้างพาดช่วงกว้าง ใช้ประเภทโครงข้อแข็งเกร็ง (Portal Frame) บริเวณฐานเสาใช้การยึดต่อด้วยการเชื่อมและสลักเกลียว บริเวณไหล่โครงสร้างยึดต่อกันด้วยวิธีการเชื่อม ต่อมาโครงสร้างพาดช่วงสั้น ประกอบด้วย คานยึดใช้เป็นเหล็กกลมกลวงขนาดใหญ่ ยึดต่อด้วยเพลทสี่เหลี่ยมและยึดเข้ากับสลักเกลียว และแป องค์อาคารส่วนนี้ใช้เป็นเหล็กกล่องขนาดเล็ก ต่อมาโครงยึดแป ช่วยยึดรั้งระหว่างแป เพื่อไม่ให้เกิดการตกท้องช้าง ยึดต่อกันด้วยสลักเกลียว และส่วนสุดท้ายคือโครงยึดรั้ง ช่วยรั้งระหว่างโครงข้อแข็งเกร็ง โดยใช้อุปกรณ์ขันเร่งเกลียวบริเวณส่วนปลายองค์อาคาร เพื่อดึงองค์อาคาหลักเข้าด้วยกัน ยึดต่อด้วยเพลทเหล็กและยึดเข้ากับสลักเกลียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2.2 สถานีตลิ่งชัน

4.2.2.2.1 ข้อมูลทั่วไปสถานีตลิ่งชัน

เป็นสถานีระดับดินโดยมีทางเดินเชื่อมใต้ดินในการเดินทางไปยังชานชาลารองรับทั้งรถไฟทางไกล และรถไฟชานเมือง ตั้งอยู่ที่ถนนฉิมพลี (ซอยฉิมพลี 12) ในบริเวณสถานีรถไฟตลิ่งชันเดิม ในพื้นที่แขวงฉิมพลี เขตตลิ่งชัน กรุงเทพมหานคร เป็นสถานีปลายทางในส่วนตะวันตก (Westbound Section) ของโครงการรถไฟฟ้าชานเมือง สายนครวิถี โดยระหว่างนี้ ชานชาลาที่ 2 และ 3 ซึ่งเป็นชานชาลาที่เตรียมไว้สำหรับส่วนต่อขยายช่วงตลิ่งชัน-ศิริราช จะถูกใช้เป็นรางหลีกสำหรับรถด่วนของ รฟท. สายใต้



ภาพที่ 4.41 แสดงสถานที่ตั้งสถานีตลิ่งชัน

ที่มา : ผู้วิจัยดัดแปลงจาก Google Map

4.2.2.2.2 แผนผังสถานี

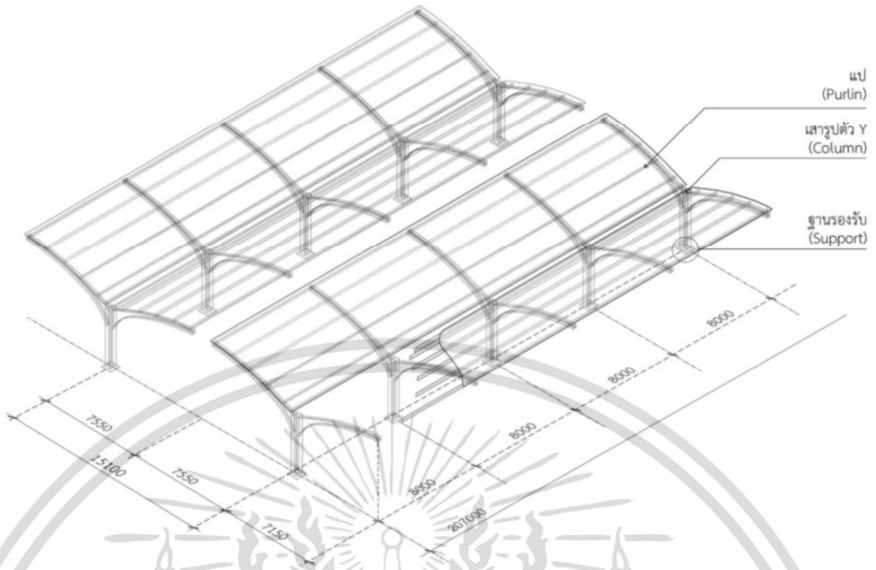
แผนผังสถานี		
ชั้นพื้นดิน	อาคารผู้โดยสาร	ทางออก 1, ศูนย์บริการผู้โดยสาร, ห้องขายบัตรโดยสาร, เครื่องขายบัตรโดยสาร, ร้านค้า
		ราง รฟท.ใต้ (เฉพาะขบวนรถไฟทางไกล / รถขนส่งสินค้า)
	ชานชาลา 1	สายนครวิถี มุ่งหน้า สถานีกลางกรุงเทพอภิวัฒน์
		ชานชาลาเกาะกลาง, ประตูรถจะเปิดทางด้านซ้าย / ขวา
	ชานชาลา 2	สายนครวิถี สถานีปลายทาง (เตรียมไว้สำหรับช่วงตลิ่งชัน - ศิริราช) ราง รฟท.ใต้ (เฉพาะขบวนรถเร็ว / รถด่วน / รถด่วนพิเศษ)
	ชานชาลา 3	สายนครวิถี สถานีปลายทาง (เตรียมไว้สำหรับช่วงตลิ่งชัน - ศิริราช) ราง รฟท.ใต้ (เฉพาะขบวนรถเร็ว / รถด่วน / รถด่วนพิเศษ)
		ชานชาลาเกาะกลาง, ประตูรถจะเปิดทางด้านซ้าย / ขวา
	ชานชาลา 4	สายนครวิถี มุ่งหน้า สถานีกลางกรุงเทพอภิวัฒน์
ทางเดินลอดสถานี		ทางออก 2, ทางเดินลอดสถานีระหว่างชานชาลากับอาคารผู้โดยสาร

ภาพที่ 4.42 แสดงแผนผังการใช้งานสถานีตลิ่งชัน

ที่มา : ผู้วิจัย, 2566

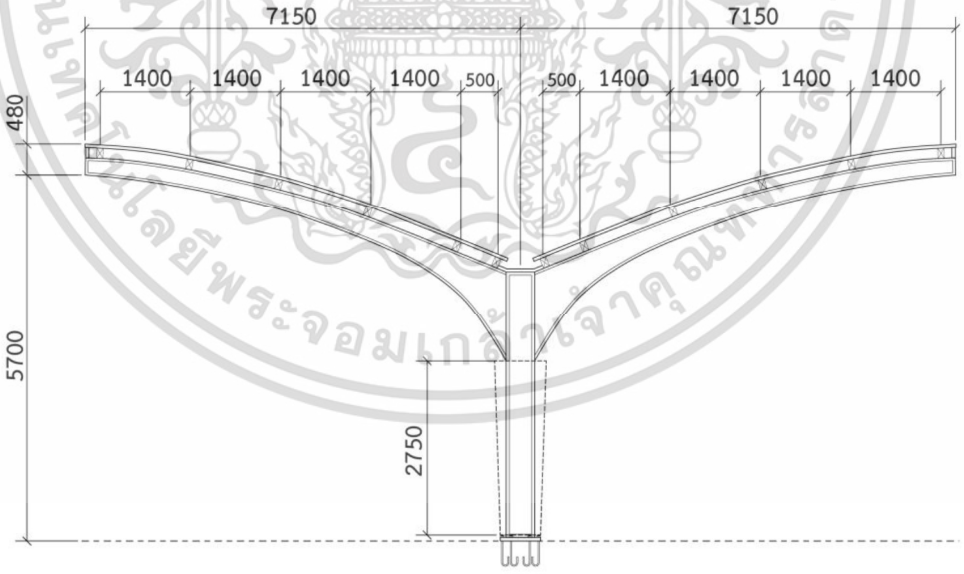
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2.2.3 โครงสร้างสถานีตลิ่งชัน



ภาพที่ 4.43 แสดงส่วนประกอบของโครงสร้างหลังคาสถานีตลิ่งชัน รูปแบบ TC1

ที่มา : ผู้วิจัยเขียนภาพ Isometric จากรูปตัดของแบบก่อสร้างจากการรถไฟแห่งประเทศไทย (รฟท.)



ภาพที่ 4.44 แสดงรูปตัดขวางโครงสร้างหลังคาสถานีบางซ่อน รูปแบบ TC1

ที่มา : ดัดแปลงจากแบบก่อสร้างของการรถไฟแห่งประเทศไทย (รฟท.)

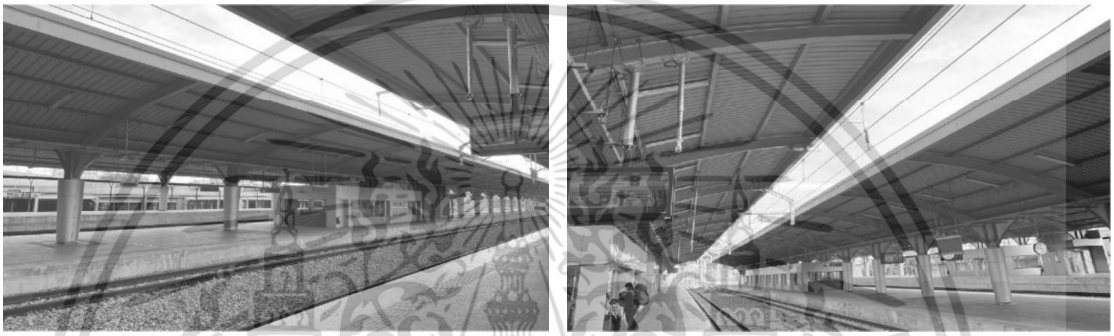
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2.2.4 องค์อาคารและจุดต่อ

โครงสร้างหลังคาสถานีตลิ่งชัน ประกอบไปด้วย

1) โครงเสารูปตัว T สถานีตลิ่งชัน ประกอบไปด้วย

โครงหลัก (Main Structure) ใช้เป็นโครงเสารูปตัว T เป็นเหล็กไวด์เฟลนจ์ (Wide Flange) ประกอบไปด้วย 4 ขนาด ส่วนที่มีขนาดใหญ่ที่สุดคือบริเวณตรงกลางของโครงเสารูปตัว T บริเวณรอยต่อระหว่างเสาและแขนยื่นชายคาส่วนยื่นชายคาประมาณ 550x200x12x12 มม. และเชื่อมต่อกันด้วยวิธีการเชื่อม ฐานเสาเชื่อมกับแผ่นเหล็กสี่เหลี่ยมผืนผ้า มีสลักเกลียวทั้งหมด 14 ตัว



ภาพที่ 4.45 แสดงโครงเสารูปตัว T

ที่มา : จากการสำรวจในเดือนตุลาคม พ.ศ.2565

2) โครงช่วงพาดสั้น สถานีตลิ่งชัน ประกอบไปด้วย

- คานยึดรั้ง (Tie Beam) เป็นคานยึดระหว่างโครงหลักหรือจันทัน ในทุกระยะ 8.00 ม. ซึ่งทำหน้าที่รองรับรางน้ำฝนไปด้วย โดยด้านบนสุดจะเป็นรางน้ำฝน และด้านล่างจะเป็นเหล็กกล่องรองรับราง เพื่อกันการตกท้องช้าง และยึดติดกันด้วยวิธีการเชื่อมเหล็ก

- แป (Purlin) เป็นโครงสร้างเหล็กรูปพรรณรีดเย็น โดยใช้เป็นเหล็กกล่องสี่เหลี่ยม ขนาด 150x100x6 มม.ต่อขยายความยาวด้วยการเชื่อมและยึดบนโครงสร้างหลัก ด้วยวิธีการเชื่อมเช่นเดียวกัน

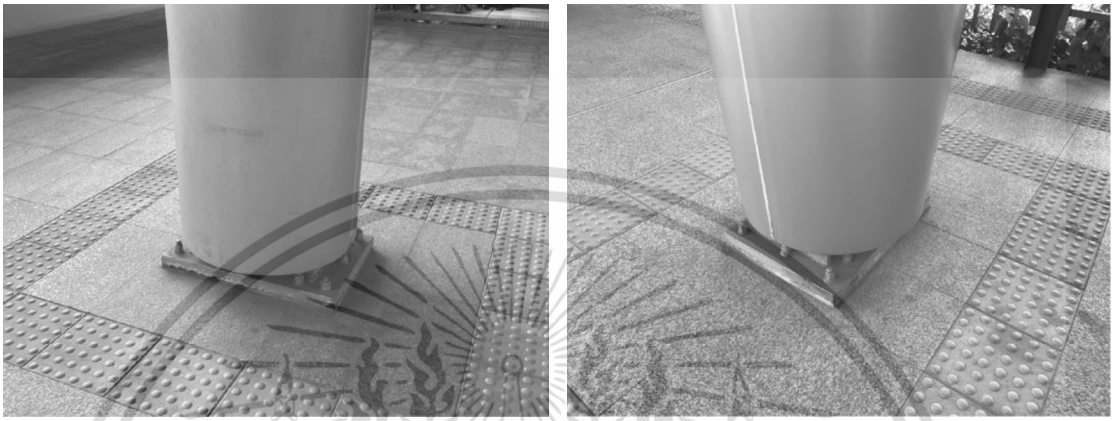
ภาพที่ 4.46 แสดงคานยึดรั้ง และแป ตามลำดับ

ที่มา : จากการสำรวจในเดือนตุลาคม พ.ศ.2565

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

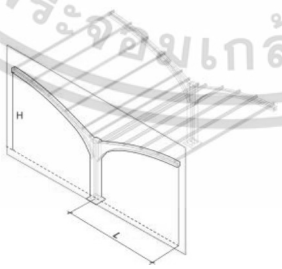
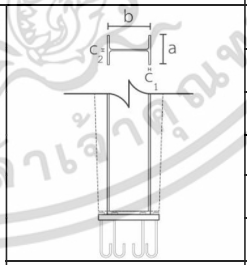
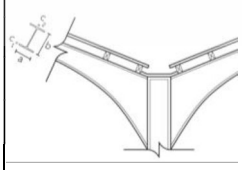
3) ฐานรองรับ สถานีตลิ่งชัน ประกอบไปด้วย

ฐานรองรับสถานีตลิ่งชัน โครงสร้างเสาเป็นเสาไวด์เฟลนจ์ (Wide Flange) ยึดติดกับแผ่นเหล็กรองด้วยวิธีการเชื่อม โดยแผ่นเหล็กรองจะแผ่ออกจากโครงสร้างเสา และยึดด้วยสลักเกลียวจำนวน 14 ตัว ฝังลงคานคอนกรีตด้านล่าง สถานีตลิ่งชันมีการใช้ฐานรองรับแบบยึดแน่น (Fixed) ทั้งหมด



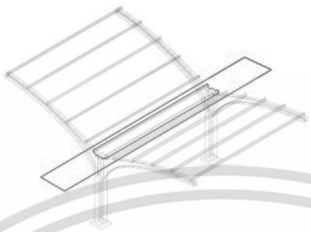
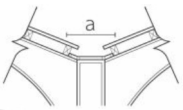
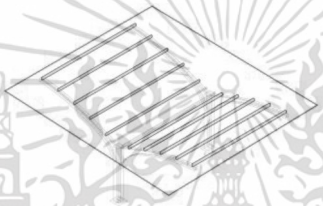
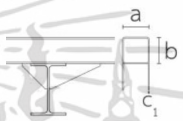
ภาพที่ 4.47 แสดงฐานรองรับโครงสร้างหลังคาสถานีตลิ่งชัน
ที่มา : จากการสำรวจในเดือนมกราคม พ.ศ.2566

ตารางที่ 4.10 แสดงองค์อาคารและจุดต่อโครงสร้างหลังคาสถานีตลิ่งชัน TC1

องค์อาคาร			แบบโครงสร้างโดยสังเขป		ขนาด (มิลลิเมตร)		จุดต่อ	
							การยึดต่อ	รูปแบบ
โครงสร้างหลังคาสถานีตลิ่งชัน (DM-02)	โครงสร้างหลัก	โครงสร้างรูปตัว T			L	7,150	เชื่อม + สลักเกลียว	กึ่งยึดแน่น
					H	5,700		
					a	350		
					b	500		
					c_1	20		
					c_2	12		
					a	200-350	เชื่อม	ยึดแน่น
					b	300-550		
					c_1	12-20		
					c_2	12		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.10 (ต่อ)

องค์อาคาร			แบบโครงสร้างโดยสังเขป		ขนาด (มิลลิเมตร)		จุดต่อ	
							การยึดต่อ	รูปแบบ
โครงสร้างหลังคาสถานีดอนเมือง (DM-02)	โครงช่วงพาดสั้น	คานยึด (Tie Beam)			L a	8,000 500	เชื่อม	ยึดแน่น
		แป ()Purlin)			L a b c_1	8,000 150 150 6	เชื่อม	ยึดแน่น

จากตารางที่ 4.10 โครงสร้างรูปแบบนี้ประกอบไปด้วย 3 องค์อาคารหลัก ได้แก่ โครงเสารูปตัว T ใช้เสาเหล็กไวด์เฟลนจ์ ยึดต่อบริเวณฐานด้วยการเชื่อมเพลทเหล็กและยึดอีกหนึ่งรอบด้วยสลักเกลียว ต่อมาคือส่วนยื่นชายคา ใช้เหล็กไวด์เฟลนจ์เช่นเดียวกัน ยึดต่อกับเสาด้วยการเชื่อม โครงสร้างพาดสั้น ประกอบด้วย คานยึด ใช้เหล็กไวด์เฟลนจ์ ยึดต่อด้วยวิธีการเชื่อม และส่วนสุดท้าย คือแปใช้เหล็กกล่อง ยึดต่อด้วยวิธีการเชื่อม

4.3 ปัจจัยที่ส่งผลต่อการออกแบบโครงสร้างหลังคาเหล็กรูปพรรณ

ผู้วิจัยได้ทำการลงพื้นที่สำรวจโครงสร้างด้านกายภาพ บันทึกภาพสถานที่จริง เขียนแบบทางด้านสถาปัตยกรรมของรูปแบบโครงสร้างหลังคา ต่อมาจึงทำการสัมภาษณ์สถาปนิก ผู้ออกแบบเพื่อให้เป็นเกณฑ์ในการวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อการออกแบบในบทที่ 5 โดยทำการสัมภาษณ์สถาปนิก ผู้ออกแบบจากหลากหลายโครงการ ดังนี้

1) วรวุฒิ กิจสิริวิศาล

สถาปนิก

บริษัท ไอที อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด

2) เอกสิทธิ์ กฤษณะสมิต

ผู้จัดการส่วนงานสถาปัตยกรรม

บริษัท ระบบขนส่งมวลชนกรุงเทพ จำกัด (มหาชน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) วินีตา กัลยาณมิตร

ผู้จัดการส่วนงานสถาปัตยกรรม

บริษัท ดีไซน์ คอนเซป จำกัด

4) คณะผู้ออกแบบ

สถาปนิก และวิศวกรที่เกี่ยวข้อง

บริษัท เออีซีเอ็นจิเนียริง จำกัด

โดยทำการแบ่งประเด็นคำถามออกเป็น 2 หัวข้อ และนำมาสรุปเป็นเกณฑ์ในการออกแบบโครงสร้างหลังคาสถานีรถไฟฟ้า จากการสัมภาษณ์สามารถสรุปประเด็นได้ดังนี้

ตารางที่ 4.11 แสดงประเด็นคำถามและผลการสัมภาษณ์

สถาปนิก	ผลการสัมภาษณ์
1. วรวุฒิ กิจสิริวิศาล สถาปนิก บริษัท IT International	**1. ปัจจัยด้านการออกแบบสถานีรถไฟฟ้า** 1) การเลือกพื้นที่ หรือตำแหน่ง 2) ประเภทของสถานี — สถานียกระดับ — สถานีระดับดิน — สถานีใต้ดิน 3) งบประมาณ (Feasibility) เพื่อกำหนดกรอบในการทำ และความคุ้มค่า ซึ่งจะมีนักเศรษฐศาสตร์เป็นที่ปรึกษาด้วยนั้นเอง
	2. การออกแบบโครงสร้างหลังคาสถานีรถไฟฟ้า 1) ระบบราง 2) โครงสร้าง 3) ชานชาลา
2. เอกสิทธิ์ กฤษณะสมิต ผู้จัดการส่วนงานสถาปัตยกรรม บริษัท ระบบขนส่งมวลชน กรุงเทพ จำกัด (มหาชน)	**1. ปัจจัยด้านการออกแบบสถานีรถไฟฟ้า** Station Design Factors 1) Assessment of demand : การประเมินความต้องการใช้สถานี ในช่วงเวลาต่าง ๆ เป็นเรื่องการใช้สอยเพื่อรองรับผู้โดยสาร 2) Ticketing system and remedy control : ระบบการเก็บตั๋ว ในการเข้า-ออก การใช้บริการ และการควบคุมการหารายได้ 3) ระบบบันไดเลื่อน 4) Platform and planning : การวางแผนออกแบบชานชาลา 5) Means of escape : ความปลอดภัยในการอพยพเวลาเกิดเหตุบนสถานี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.11 (ต่อ)

สถาปนิก	ผลการสัมภาษณ์
2. เอกสิทธิ์ กฤษณะสมิต ผู้จัดการส่วนงานสถาปัตยกรรม บริษัท ระบบขนส่งมวลชน กรุงเทพ จำกัด (มหาชน)	**2. การออกแบบโครงสร้างหลังคาสถานีรถไฟฟ้า** Platform and planning จะเป็นตัวกำหนดรูปแบบของโครงสร้างหลังคา และขึ้นอยู่กับแนวระยะปลอดภัยของรถไฟฟ้า (Rolling stocks) 1) Static Car Gauge ระยะที่วัดขณะรถจอด 2) Kinematic Gauge ระยะขอบตัวรถ ขณะวิ่งระยะนี้คือ ระยะการส่ายตัวของรถที่มากที่สุดขณะวิ่ง 3) Kinematic Envelop ระยะกรอบขอบนอก เป็นระยะเผื่อ Safety ของ Kinematic Gauge ระยะนี้สำหรับคิดระยะห่างของโครงสร้างบางอย่างที่ต้องอนุโลมในกรณีที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ ใช้ระยะนี้ แทน Structure Gauge 4) Structure Gauge ระยะขอบที่โครงสร้างอาคารต่าง ๆ ห้ามล้ำเข้ามาในระยะนี้ ค่านี้สำคัญที่สุดในการออกแบบ 5) Structure Easement เป็นระยะเผื่อจาก Structure Gauge เพิ่มขึ้นอีก Offset ประมาณ 5-10 ซม.
3. วินีตา กัลยาณมิตร ผู้จัดการส่วนงานสถาปัตยกรรม บริษัท ดีไซน์ คอนเซป จำกัด	**1. ปัจจัยด้านการออกแบบ** 1) การเลือกพื้นที่ หรือตำแหน่ง ซึ่งต้องดูจาก Requirement ของลูกค้า เพื่อหาเส้นทางไหนเหมาะสม ซึ่งได้จาก - วิเคราะห์ผู้ใช้งาน และชุมชนว่าในอนาคตมีความต้องการใช้รถไฟฟ้าและสามารถรองรับคนในอนาคตได้ - ขนาดของสถานี - สายเชื่อมต่อของสถานีรถไฟฟ้าสายสีแดง - ระบบของรถไฟ 2) สภาพแวดล้อม ส่งผลต่อการออกแบบรูปแบบหลังคาของสถานี 3) Function พื้นที่การใช้งานที่รองรับผู้โดยสาร
	2. การออกแบบโครงสร้างหลังคาสถานีรถไฟฟ้า 1) พื้นที่การใช้งานที่เหมาะสมของชั้นชานชาลา ลมสามารถพัดผ่าน และมีแสงเข้า ป้องกันฝนได้ เนื่องจากสถานีรถไฟฟ้าสายสีแดงต้องรอขบวนรถประมาณ 15 นาที ซึ่งแตกต่างจากสถานีรถไฟฟ้าสายสีอื่น ๆ 2) ออกแบบตามมาตรฐาน และตามกฎหมายกำหนด ประกอบไปด้วย - Static Car Gauge ระยะที่วัดขณะรถจอด - Kinematic Gauge ระยะขอบตัวรถ - Kinematic Envelop ระยะกรอบขอบนอก - Structure Gauge ระยะขอบที่โครงสร้างอาคารต่าง ๆ ห้ามล้ำเข้ามาในระยะนี้ ค่านี้สำคัญที่สุดในการออกแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.11 (ต่อ)

สถาปนิก	ผลการสัมภาษณ์
3. วินีตา กัลยาณมิตร ผู้จัดการส่วนงานสถาปัตยกรรม บริษัท ดีไซน์ คอนเซป จำกัด	- Structure Easement เป็นระยะเผื่อจาก Structure Gauge เพิ่มขึ้นอีก ประมาณ 5-10 ซม.
4. คณะผู้ออกแบบ สถาปนิก และวิศวกรที่เกี่ยวข้อง บริษัท เออีซีเอ็นจิเนียริง จำกัด	**1. ปัจจัยด้านการออกแบบ** 1) การเลือกตำแหน่ง 2) พื้นที่การใช้งาน ซึ่งประกอบด้วย - ผัง (Planning) - ทางสัญจร (Circulation) - ป้ายนำทาง 3) สภาพภูมิอากาศ แดด ลม ฝน 4) ประเภทของสถานี - สถานียกระดับ - สถานีระดับดิน - สถานีใต้ดิน 5) งบประมาณ 6) วิธีการก่อสร้าง
	2. การออกแบบโครงสร้างหลังคาสถานีรถไฟฟ้า 1) สภาพภูมิอากาศ แดด ลม ฝน เนื่องจากต้องคำนึงว่าสถานีถูกยกระดับขึ้นแค่ไหน มีผลต่อลมหรือฝนสาดเข้ามาบริเวณชานชาลาหรือไม่ 2) ระบบราง 3) โครงสร้าง 4) รูปแบบชานชาลา 5) ระยะปลอดภัย - Static Car Gauge - Kinematic Gauge - Kinematic Envelop - Structure Gauge - Structure Easement

ที่มา : ผู้วิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการสัมภาษณ์สถาปนิกผู้ออกแบบในตารางข้างต้น สามารถแบ่งประเด็นในการศึกษาได้หลากหลาย ทั้งในเรื่องปัจจัยด้านการออกแบบสถานี ปัจจัยด้านการออกแบบโครงสร้างหลังคา รวมถึงรูปแบบโครงสร้างหลังคา กลุ่มผู้ออกแบบ และปัญหาที่พบในการออกแบบ ผู้วิจัยจึงทำการสรุปประเด็นที่เกี่ยวข้องกับวิจัยในครั้งนี้เท่านั้น ประกอบไปด้วยปัจจัยด้านการออกแบบสถานี และปัจจัยด้านการออกแบบโครงสร้างหลังคา เพื่อนำไปสรุปวิเคราะห์ในบทถัดไป ได้ดังนี้

ตารางที่ 4.12 แสดงการสรุปแนวคิดปัจจัยที่ส่งผลต่อการออกแบบสถานีรถไฟฟ้า และปัจจัยด้านการออกแบบโครงสร้างหลังคาเหล็กรูปพรรณ

สถาปนิกผู้ออกแบบ	ปัจจัยการออกแบบสถานี					ปัจจัยการออกแบบโครงสร้างหลังคา				
	สภาพแวดล้อม	ลักษณะอาคาร	พื้นที่การใช้งาน	วัสดุ / วิธีการก่อสร้าง	งบประมาณ	โครงสร้าง	ระบบราง	รูปแบบชานชาลา	ระยะปลอดภัยของรถไฟ	สภาพภูมิอากาศ
วรวุฒิ กิจสิริวิศาล	/	/	/	/	/	/	/	/	-	-
เอกสิทธิ์ กฤษณะสมิต	/	-	/	/	/	/	/	/	/	-
วินีตา กัลยาณมิตร	/	-	/	/	/	/	/	/	/	-
บริษัท เออีซีเอ็นจิเนียริง จำกัด	/	-	/	/	/	/	/	/	/	/

ที่มา : ผู้วิจัย

จะเห็นได้ว่าจากตารางที่ 4.12 ได้ทำการเลือกปัจจัยที่มีจำนวนการเลือกมากที่สุด สามารถสรุปได้ว่าปัจจัยในการออกแบบสถานี ประกอบไปด้วย สภาพแวดล้อม พื้นที่การใช้งาน วัสดุ วิธีการก่อสร้าง และงบประมาณ ต่อมาปัจจัยด้านการออกแบบโครงสร้างหลังคา ประกอบไปด้วย โครงสร้างหลัก รูปแบบชานชาลา ระบบราง และระยะปลอดภัยของรถไฟ

จากการลงพื้นที่ศึกษา 12 สถานี สามารถจำแนกรูปแบบโครงสร้างหลังคาได้ทั้งหมด 5 รูปแบบ และมีการใช้งานพื้นที่แตกต่างกัน ซึ่งสามารถแบ่งประเภทหลักได้ 2 ประเภท ได้แก่ สถานีรองรับผู้โดยสารรถไฟชานเมือง และสถานีรองรับผู้โดยสารรถไฟชานเมืองและรถไฟทางไกล

โครงสร้างทั้ง 5 รูปแบบ ทำการศึกษาในเรื่องขนาดโครงสร้าง ช่วงพาดกว้าง และชนิดจุดต่อ โดยโครงสร้างหลังคาของสถานีรถไฟชานเมืองสายสีแดงเป็นโครงสร้างเหล็กทั้งหมด การยึดต่อชิ้นส่วนองค์อาคาร การต่อชิ้นส่วนในคนละแนวแกน ล้วนแต่ใช้วิธีการเชื่อมทั้งหมด และมีการใช้จุดต่อแบบยึดแน่น (Fixed)

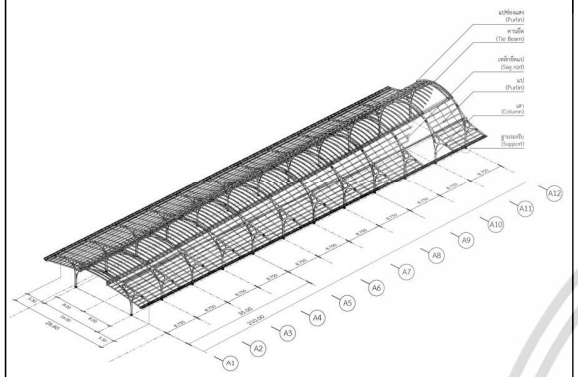
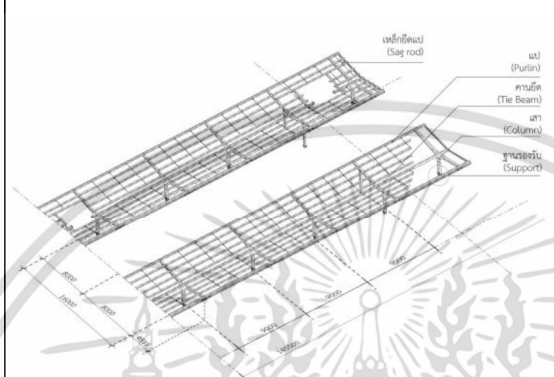
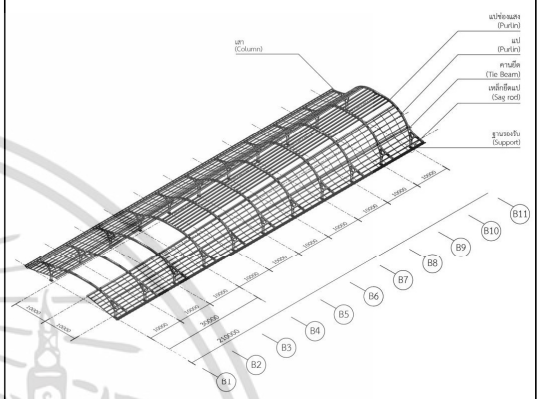
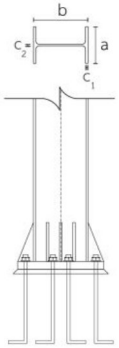
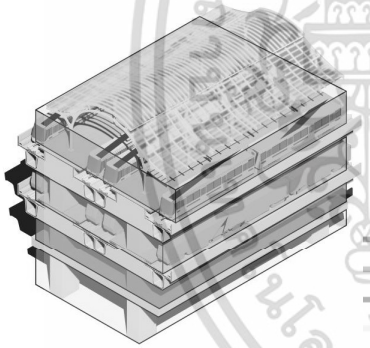
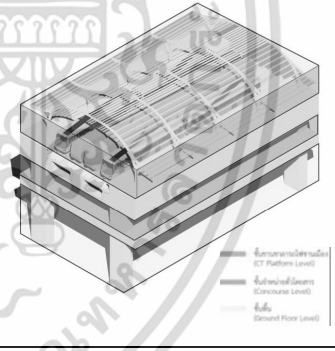
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การยึดต่อชิ้นส่วนองค์อาคาร มีวิธีการยึดต่อหลากหลาย เช่น การยึดต่อระหว่างคานและแป จะเป็นวิธีการเชื่อม และมีเพลทเหล็กรูปทรงสามเหลี่ยมรองรับแปอยู่ด้านล่าง การยึดต่อระหว่างเหล็กยึดแปและแป มีการใช้สลักเกลียวกับแผ่นเหล็กเชื่อมในการยึดต่อองค์อาคาร และการยึดต่อของเหล็กค้ำทแยง มีการใช้อุปกรณ์ขันเร่งเกลียว (Turnbuckle) ขึงให้ตึงโดยมีแรงดึงภายในองค์อาคาร ซึ่งในแต่ละสถานีจะมีการใช้วิธีคล้ายคลึงกัน เนื่องจากเป็นการก่อสร้างโครงการเดียวกัน และบริษัทผู้ออกแบบ และผู้รับเหมาก่อสร้างชุดเดียวกันนั้นเอง

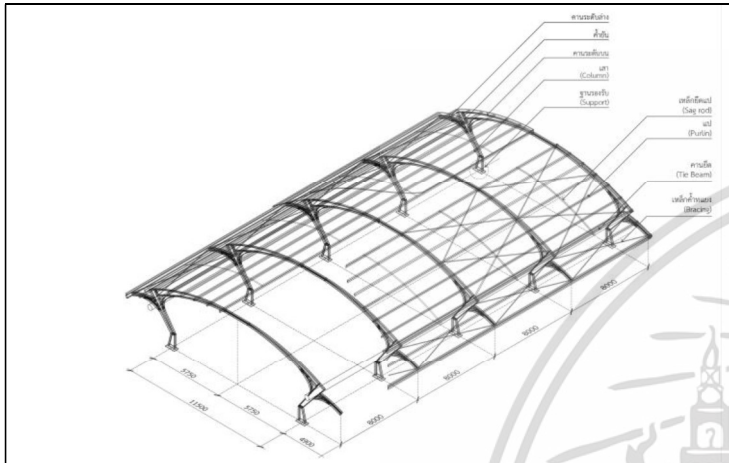
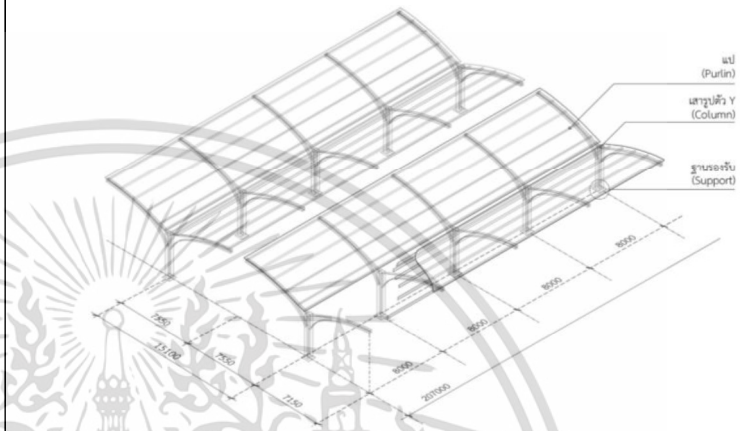
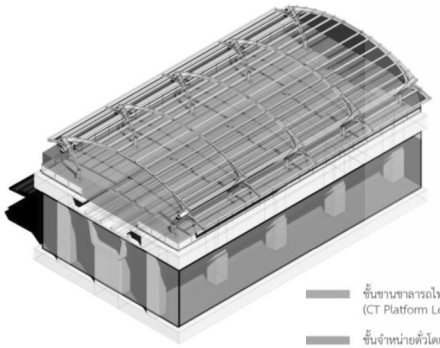
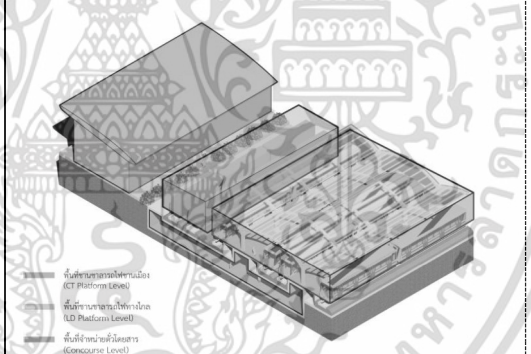
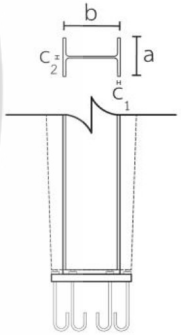
ฐานรองรับใช้ 1 รูปแบบ คือเป็นฐานรองรับแบบยึดแน่น (Fixed) ทั้งหมด 12 สถานี โดยใช้วิธีประกอบปลายองค์อาคารเข้ากับแผ่นเหล็ก เพื่อยึดเข้ากับฐานคอนกรีตด้านล่าง และมีการใช้สลักเกลียว ร่วมกับการเชื่อมในการยึดต่อโครงสร้างเสา ตำแหน่งของสลักเกลียวจะแตกต่างกันในแต่ละรูปแบบและขนาดองค์อาคาร โครงสร้างหลังคาของสถานีดอนเมืองรูปแบบที่ 1 ใช้สลักเกลียวทั้งหมด 8 ตัว โดยยึดขนาบข้าง และยึดแนวแกนกลาง โครงสร้างหลังคาของสถานีดอนเมืองรูปแบบที่ 2 เป็นโครงสร้างเสารูปตัว T ซึ่งมีขนาดองค์อาคารเล็กกว่ารูปแบบที่ 1 จึงใช้สลักเกลียว 4 ตัว ขนาบด้านข้าง ยึดแนวแกนกลางเป็นหลักเช่นเดียวกัน โครงสร้างหลังคาของสถานีจตุจักรรูปแบบที่ 3 จะมีขนาดองค์อาคารใหญ่กว่าสถานีอื่น เนื่องจากมีขนาดช่วงพาดกว้างมากที่สุด ฐานรองรับใช้สลักเกลียว 10 ตัว ขนาบด้านข้าง ยึดแนวกลางเป็นหลัก โครงสร้างหลังคาของสถานีบางซ่อนรูปแบบที่ 4 มีการใช้สลักเกลียวทั้งหมด 8 ตัว ขนาบด้านข้าง ข้างละ 4 ตัว ซึ่งยึดแนวกึ่งกลางเป็นหลัก และโครงสร้างหลังคาสถานีตลิ่งชันรูปแบบที่ 5 เป็นโครงสร้างเสารูปตัว T โดยสถานีนี้มีการใช้สลักเกลียวขนาดเล็ก จึงใช้จำนวนค่อนข้างมาก ประมาณ 10 ตัว ตำแหน่งขนาบด้านข้าง และยึดตามแนวกึ่งกลางเช่นเดียวกัน

จากการสำรวจ ลงพื้นที่จำแนกรูปแบบโครงสร้างหลังคา เห็นได้ชัดว่าองค์อาคารต่าง ๆ จุดต่อโครงสร้าง ล้วนแล้วแต่มีความสำคัญต่อกันทั้งสิ้น การใช้พื้นที่แตกต่างกัน ส่งผลต่อการเลือกใช้รูปแบบโครงสร้างที่แตกต่างกัน และรูปแบบโครงสร้างที่แตกต่างกัน ส่งผลให้การเลือกใช้ขนาดองค์อาคาร ชนิดจุดต่อ และช่วงพาดกว้างแตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปแบบโครงสร้างหลังคาของสถานีรถไฟฟ้าสายสีส้ม						
						
สถานีดอนเมือง (รูปแบบ DM1)		สถานีดอนเมือง (รูปแบบ DM2)		สถานีจตุจักร (รูปแบบ CC1)		
 DM1		DM2			CC1	กรุงเทพมหานคร และปริมณฑล
●		●		●		ยึดแน่น
						ยึดหมุน
เหล็ก - เหล็ก	เหล็ก - คอนกรีต	เหล็ก - เหล็ก	เหล็ก - คอนกรีต	เหล็ก - เหล็ก	เหล็ก - คอนกรีต	
●		●		●		เชื่อม
	●		●		●	สลักเกลียว

มหาวิทยาลัยราชภัฏพระจอมเกล้าจันทบุรี โดยพระบรมราชานุญาต

ประเภทโครงสร้างหลังคาที่เหมาะสมกับการใช้งาน					
					
สถานีบางซ่อน (รูปแบบ BS1)		สถานีตลิ่งชัน (รูปแบบ TC1)			
	BS1		 TC1	กรณีรองรับด้วยฐานราก	กรณีใช้งานกับโครงสร้างหลังคา
●		●		ยึดแน่น	ชนิดยึดกับโครงสร้างหลังคา
				ยึดหมุน	
เหล็ก - เหล็ก	เหล็ก - คอนกรีต	เหล็ก - เหล็ก	เหล็ก - คอนกรีต		ชนิดฐานรองรับ
●		●		เชื่อม	
	●		●	สลักเกลียว	

บทที่ 5
ผลการศึกษารูปแบบโครงสร้างหลังคาโครงการรถไฟชานเมืองสายสีแดง

โครงสร้างหลังคาของสถานีรถไฟชานเมืองสายสีแดง The Commuter Train System (Red Line) ถูกแบ่งออกเป็น 5 รูปแบบ ประกอบไปด้วยสายสีแดงอ่อน (บางซื่อ-ตลิ่งชัน) ก่อสร้างแล้วเสร็จตั้งแต่ ปี พ.ศ.2554 มี 2 รูปแบบด้วยกัน ทั้งสถานีระดับดิน และยกระดับ รูปแบบโครงสร้างหลังคาจึงมีความแตกต่างกัน และสายสีแดงเข้ม (บางซื่อ-รังสิต) ได้รับแรงบันดาลใจในการออกแบบรูปทรงโครงสร้างหลังคาจากสถานีรถไฟหัวลำโพง ซึ่งเป็นผลงานสถาปัตยกรรมที่โดดเด่นและมีเอกลักษณ์ประกอบด้วยอาคารโถงสถานีหลังคาโค้งกว้าง อาคารนี้ยังเป็นตัวอย่างของวิศวกรรมโครงสร้างเหล็กที่ได้รับการออกแบบมาอย่างลงตัว สถานีรถไฟฟ้าสายสีแดงเข้ม จึงได้รับแรงบันดาลใจมาจากโค้งของสถานีหัวลำโพง ผสมผสานกับความเคลื่อนไหว (Movement) รูปทรงโครงสร้างจึงมีลักษณะเส้นโค้งไล่ระดับนั้นเอง ก่อสร้างแล้วเสร็จ ปี พ.ศ.2564 รูปทรงโครงสร้างหลังคา มี 5 รูปแบบ มีทั้งระดับดินและยกระดับเช่นเดียวกัน

จากสมมติฐาน ชนิดจุดต่อ ช่วงพาดกว้าง และขนาดโครงสร้าง ส่งผลต่อแรงภายในชิ้นส่วนโครงสร้าง ทำให้รูปทรงโครงสร้างหลังคาแตกต่างกัน ดังนั้นจึงควรศึกษาผลของสภาวะจุดต่อโดยเฉพาะบริเวณฐานรองรับ ซึ่งมีความเกี่ยวข้องโดยตรงกับการออกแบบรูปทรงโครงสร้างหลังคาเหล็กรูปพรรณพาดช่วงกว้าง

การวิเคราะห์โครงสร้างเพื่อศึกษาพฤติกรรมของแรงภายในโครงสร้าง ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method) การทดสอบในวิจัยนี้ จะใช้โปรแกรม SAP2000 ในการวิเคราะห์ ใช้วิธีการจำลองเอลิเมนต์มิติเดียว ด้วยจุดต่อ 2 จุด (2-Node Frame Element) แบบจำลอง (Model) ที่สร้างขึ้นเป็นการจำลองโครงสร้างของแต่ละสถานี ซึ่งมีรูปทรงโครงสร้างที่แตกต่างกัน

จากการสัมภาษณ์สถาปนิกผู้ออกแบบ (เอกสิทธิ์ กฤษณะสมิต, วันที่ 8 มิถุนายน พ.ศ.2566) ได้กล่าวไว้ว่ากระบวนการออกแบบ จะพิจารณาใช้ฐานรองรับโดยขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของการรับโมเมนต์แรงดัด (Moment) ที่เกิดขึ้นบริเวณฐานเสาของโครงสร้างพื้นสถานี โดยได้พิจารณาเปรียบเทียบสองแนวทางระหว่างฐานรองรับแบบยึดแน่น (Fixed) และแบบยึดหมุน (Hinge) ดังนั้นในการวิเคราะห์โครงสร้าง จึงใช้การกำหนดรูปแบบของจุดต่อฐานรองรับ 2 รูปแบบ เปรียบเทียบแรงที่เกิดขึ้นภายในโครงสร้าง (Internal Force) โดยใส่รายละเอียด อย่างเช่น ขนาดองค์อาคารตามรายละเอียดแบบทางวิศวกรรม น้ำหนักบรรทุกอ้างอิงตามข้อกำหนดของพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522 หรือข้อบัญญัติกรุงเทพมหานคร เพื่อทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบแรงตามแนวแกน (Axial Force), โมเมนต์แรงดัด (Bending Moment) และการเสียรูป (Deformation) ซึ่งพฤติกรรมที่ได้กล่าวมานั้น ส่งผลต่อรูปทรงทางโครงสร้าง

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1 วิเคราะห์แรงภายในด้านโครงสร้าง

5.1.1 สถานีรถไฟฟ้าสายสีแดงเข้ม

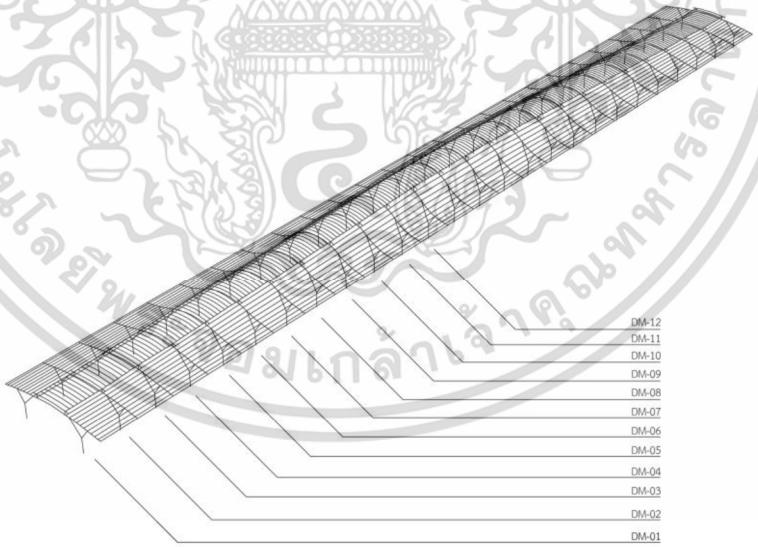
5.1.1.1 สถานีดอนเมือง

5.1.1.1.1 ลักษณะโครงสร้างหลังคาสถานีดอนเมือง (DM1) และวิธีการจำลอง

1) โครงสร้างหลังคาอาคารสถานีดอนเมือง ชั้นชานชาลารถไฟชานเมือง

โครงสร้างพาดช่วงพาดกว้าง 16 ม. ระยะยื่นชายคา 5.30 ม. ความสูงรวมประมาณ 9.50 ม.วางโครงสร้างหลักระยะห่าง 8.75 ม. ความยาวคลุมชานชาลาประมาณ 210 ม. และความยาวทั้งสถานี 550 ม. รูปทรงโครงสร้างหลังคาไล่ระดับความโค้งไม่เท่ากัน ใช้เมทัลชีทเป็นวัสดุมุหลังคา

การจำลองโครงสร้างหลังคาสถานีดอนเมือง ชั้นชานชาลารถไฟชานเมือง (CT Platform) ทำการจำลองโครงสร้างหลัก ประกอบด้วย เสา คาน และคานยึดรั้งด้านข้าง โครงสร้างรอง ประกอบด้วย แป และเหล็กยึดแป ต่อมากำหนดแรงกระทำด้านข้าง (Lateral Force) ได้แก่ แรงลม และแรงกระทำในแนวดิ่ง (Vertical Force) ได้แก่ น้ำหนักบรรทุกตายตัว (Dead Load) น้ำหนักบรรทุกจร (Live Load) และน้ำหนักบรรทุกเพิ่มเติม (Super Dead Load)



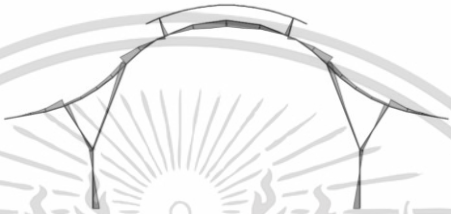
ภาพที่ 5.1 แสดงตัวอย่างการจำลองโครงสร้างสถานีดอนเมือง ชั้นชานชาลารถชานเมือง (DM1)
ที่มา : ผู้วิจัย, 2566

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) ผลการวิเคราะห์

การวิเคราะห์แบบจำลองด้วยโปรแกรม SAP2000 ของโครงสร้างหลังคาสถานีดอนเมืองชั้นชานชาลารถไฟชานเมือง ได้ผลการวิเคราะห์ดังนี้

ก. แสดงรูปทรงโครงสร้าง



ข. แสดงโมเมนต์แรงดัด (Bending Moment Diagram)

ค. แผนภาพการเสียรูป (Deformation)

ภาพที่ 5.2 แสดงผลการทดสอบโครงสร้างหลังคาสถานีดอนเมือง (DM1)

ที่มา : ผู้วิจัย, 2566

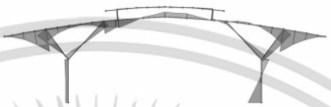
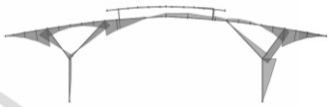
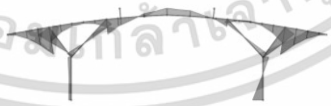
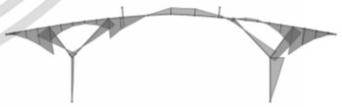
แบบจำลองโครงสร้างหลังคาสถานีดอนเมืองมีขนาดของโครงสร้างที่แตกต่างกัน 12 รูปแบบ ผู้วิจัยจึงเลือกรูปแบบที่มีขนาดโครงสร้างใหญ่ที่สุด (CT-11) ในการอธิบายผลการวิเคราะห์เบื้องต้น โครงสร้างทั้งหมดใช้ฐานรองรับแบบยึดแน่น (Fixed) เกิดโมเมนต์แรงดัด (Moment) มากบริเวณกึ่งกลางคาน และไหล่โครงสร้าง การเสียรูปของโครงสร้างจะเกิดมากบริเวณกึ่งกลางคาน และบริเวณปลายของส่วนยื่นชายคา จากแผนภาพจะเห็นเป็นสีแดง ซึ่งแสดงถึงค่าการเสียภาพที่มากกว่าบริเวณอื่น จากภาพที่ 5.2 จะเห็นว่าโครงสร้างที่เกิดจากการวิเคราะห์เป็นไปในแนวทางเดียวกันกับโครงสร้างที่ก่อสร้างจริง

3) การเปรียบเทียบผลของฐานรองรับ

เมื่อทำการวิเคราะห์โครงสร้างจากแบบก่อสร้าง ต่อมาจึงทำการเปรียบเทียบฐานรองรับ เพื่อให้เห็นความแตกต่างของแรงภายในโครงสร้าง และความเหมาะสมในการเลือกใช้ จากตารางได้ดังต่อไปนี้

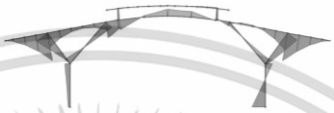
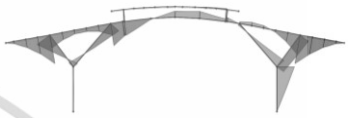
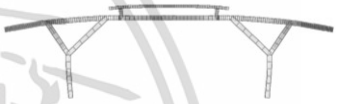
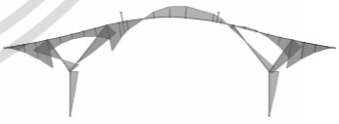
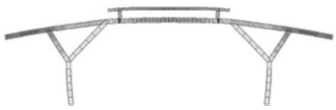
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.1 แสดงการเปรียบเทียบผลจากฐานรองรับของโครงสร้างหลังคาสถานีดอนเมือง

<table>
<tr><td rowspan="2">โครงสร้างหลังคา</td><td colspan="3">ฐานรองรับ</td></tr>
<tr><td colspan="2">แบบยึดแน่น (Fixed)</td><td>แบบยึดหมุน (Hinge)</td></tr>
<tr><td>DM-01
 </td><td>Shear</td><td colspan="2"> </td><td> </td></tr>
<tr><td></td><td colspan="3">ฐานทั้งสองรูปแบบเกิดแรงเฉือนเท่า ๆ กัน และเกิดมากบริเวณไหล่โครงสร้าง และเสาด้านขวาที่ถูกกระทำจากแรงด้านข้าง</td></tr>
<tr><td></td><td>Moment</td><td colspan="2">  </td><td>  </td></tr>
<tr><td></td><td></td><td colspan="3">โมเมนต์สะสมบริเวณไหล่โครงสร้าง และส่วนยื่นชายคา บริเวณฐานเสาด้านล่าง แบบยึดหมุนฐานเสามีขนาดเล็กกว่า</td></tr>
<tr><td></td><td>Deformed</td><td colspan="2"> </td><td> </td></tr>
<tr><td></td><td></td><td colspan="3">Vertical Deformation Maximum (mm) 0.0010 | Vertical Deformation Maximum (mm) 0.0013</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td colspan="3">ค่าการเสียรูปแบบยึดหมุนสูงกว่าเล็กน้อย</td></tr>
<tr><td>DM-02
 </td><td>Shear</td><td colspan="2"> </td><td> </td></tr>
<tr><td></td><td></td><td colspan="3">เกิดแรงเฉือนบริเวณกึ่งกลางคาน ไหล่โครงสร้าง และระยะยื่นชายคามากทั้งสองรูปแบบ</td></tr>
<tr><td></td><td>Moment</td><td colspan="2">  </td><td>  </td></tr>
<tr><td></td><td></td><td colspan="3">โมเมนต์สะสมบริเวณไหล่โครงสร้าง และส่วนยื่นชายคา บริเวณฐานเสาด้านล่าง แบบยึดหมุนฐานเสามีขนาดเล็กกว่า</td></tr>
<tr><td></td><td>Deformed</td><td colspan="2"> </td><td> </td></tr>
<tr><td></td><td></td><td colspan="3">Vertical Deformation Maximum (mm) 0.0009 | Vertical Deformation Maximum (mm) 0.0013</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td colspan="3">แบบยึดหมุนเกิดค่าการเสียรูปมากกว่าแบบยึดแน่น</td></tr>
</table>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.1 (ต่อ)

<table>
<tr><th rowspan="2">โครงสร้างหลังคา</th><th colspan="4">ฐานรองรับ</th></tr>
<tr><th colspan="2">แบบยึดแน่น (Fixed)</th><th colspan="2">แบบยึดหมุน (Hinge)</th></tr>
<tr><td>DM-03</td><td>Shear</td><td colspan="3">
ทั้งสองรูปแบบเกิดแรงเฉือนเท่า ๆ กัน โดยเกิดมากบริเวณไหล่โครงสร้าง และระยะยื่นชายคา</td></tr>
<tr><td rowspan="3"> </td><td>Moment</td><td colspan="3">  
โมเมนต์ดัดสะสมบริเวณกึ่งกลางคาน และระยะยื่นชายคา เท่า ๆ กัน ทั้งสองรูปแบบ</td></tr>
<tr><td>Deformed</td><td colspan="3"> 
Vertical Deformation Maximum (mm) 0.0010 | Vertical Deformation Maximum (mm) 0.0012
แบบยึดหมุนเกิดค่าการเสียรูปมากกว่าแบบยึดแน่น</td></tr>
<tr><td>DM-04</td><td>Shear</td><td colspan="3">
ทั้งสองรูปแบบเกิดแรงเฉือนเท่า ๆ กัน โดยเกิดมากบริเวณไหล่โครงสร้าง และเกิดมากที่สุดบริเวณระยะยื่นชายคา</td></tr>
<tr><td rowspan="3"> </td><td>Moment</td><td colspan="3"> 
โมเมนต์สะสมบริเวณไหล่โครงสร้าง และส่วนยื่นชายคา บริเวณฐานเสาด้านล่าง แบบยึดหมุนเสามีขนาดเล็กกว่า</td></tr>
<tr><td>Deformed</td><td colspan="3"> 
Vertical Deformation Maximum (mm) 0.0011 | Vertical Deformation Maximum (mm) 0.0018
แบบยึดหมุนเกิดค่าการเสียรูปมากกว่าแบบยึดแน่น</td></tr>
</table>

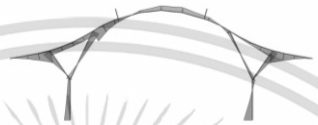
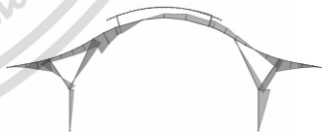
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.1 (ต่อ)

<table>
<tr><td rowspan="2">โครงสร้างหลังคา</td><td colspan="4">ฐานรองรับ</td></tr>
<tr><td colspan="2">แบบยึดแน่น (Fixed)</td><td colspan="2">แบบยึดหมุน (Hinge)</td></tr>
<tr><td>DM-05</td><td>Shear</td><td colspan="2"> </td><td colspan="2"> </td></tr>
<tr><td rowspan="3"> </td><td colspan="5">ทั้งสองรูปแบบเกิดแรงเฉือนมากบริเวณส่วนยื่นชายคา และเสา</td></tr>
<tr><td>Moment</td><td colspan="2"> </td><td colspan="2"> </td></tr>
<tr><td colspan="5">โมเมนต์ดัดสะสมบริเวณส่วนยื่นชายคาค่อนข้างมาก โมเมนต์บริเวณเสาของฐานแบบยึดหมุนมีขนาดเล็กกว่าแบบยึดแน่น</td></tr>
<tr><td rowspan="3">DM-06</td><td rowspan="3">Deformed</td><td colspan="2"> </td><td colspan="2"> </td></tr>
<tr><td>Vertical Deformation Maximum (mm)</td><td>0.0008</td><td>Vertical Deformation Maximum (mm)</td><td>0.0013</td></tr>
<tr><td colspan="5">แบบยึดหมุนเกิดค่าการเสียรูปมากกว่าแบบยึดแน่น</td></tr>
<tr><td rowspan="3"> </td><td>Shear</td><td colspan="2"> </td><td colspan="2"> </td></tr>
<tr><td colspan="5">ทั้งสองรูปแบบเกิดแรงเฉือนมากบริเวณส่วนยื่นชายคา คาน และเสา</td></tr>
<tr><td>Moment</td><td colspan="2"> </td><td colspan="2"> </td></tr>
<tr><td colspan="5">โมเมนต์ดัดสะสมบริเวณส่วนยื่นชายคาค่อนข้างมาก โมเมนต์บริเวณเสาของฐานแบบยึดหมุนมีขนาดเล็กกว่าแบบยึดแน่น</td></tr>
<tr><td rowspan="3"></td><td rowspan="3">Deformed</td><td colspan="2"> </td><td colspan="2"> </td></tr>
<tr><td>Vertical Deformation Maximum (mm)</td><td>0.0013</td><td>Vertical Deformation Maximum (mm)</td><td>0.0016</td></tr>
<tr><td colspan="5">แบบยึดหมุนเกิดค่าการเสียรูปมากกว่าแบบยึดแน่น</td></tr>
</table>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.1 (ต่อ)

<table>
<tr><td rowspan="2">โครงสร้างหลังคา</td><td colspan="4">ฐานรองรับ</td></tr>
<tr><td colspan="2">แบบยึดแน่น (Fixed)</td><td colspan="2">แบบยึดหมุน (Hinge)</td></tr>
<tr><td>DM-07
 </td><td>Shear</td><td colspan="2"> </td><td colspan="2"> </td></tr>
<tr><td></td><td colspan="4">เกิดแรงเฉือนมากบริเวณส่วนยื่นชายคา ไหล่โครงสร้าง และเสา โดยรวมแบบยึดหมุนเกิดแรงเฉือนมากกว่า</td></tr>
<tr><td></td><td>Moment</td><td colspan="2">  </td><td colspan="2"> </td></tr>
<tr><td></td><td colspan="4">โมเมนต์สะสมของฐานแบบยึดแน่นมากกว่าแบบยึดหมุน ทั้งบริเวณกึ่งกลางคาน ระยะยื่นชายคา ไหล่โครงสร้าง และเสา</td></tr>
<tr><td></td><td>Deformed</td><td colspan="2"> </td><td colspan="2"> </td></tr>
<tr><td></td><td></td><td>Vertical Deformation Maximum (mm)</td><td>0.0012</td><td>Vertical Deformation Maximum (mm)</td><td>0.0016</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td colspan="4">แบบยึดหมุนเกิดค่าการเสียรูปมากกว่าแบบยึดแน่น</td></tr>
<tr><td>DM-08
 </td><td>Shear</td><td colspan="2"> </td><td colspan="2"> </td></tr>
<tr><td></td><td colspan="4">เกิดแรงเฉือนมากบริเวณส่วนยื่นชายคา ไหล่โครงสร้าง และเสา โดยรวมแบบยึดหมุนเกิดแรงเฉือนมากกว่า</td></tr>
<tr><td></td><td>Moment</td><td colspan="2"> </td><td colspan="2">  </td></tr>
<tr><td></td><td colspan="4">โมเมนต์ดัดสะสมบริเวณส่วนยื่นชายคาค่อนข้างมาก โมเมนต์บริเวณเสาของฐานแบบยึดหมุนมีขนาดเล็กกว่าแบบยึดแน่น</td></tr>
<tr><td></td><td>Deformed</td><td colspan="2"> </td><td colspan="2"> </td></tr>
<tr><td></td><td></td><td>Vertical Deformation Maximum (mm)</td><td>0.0012</td><td>Vertical Deformation Maximum (mm)</td><td>0.0016</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td colspan="4">แบบยึดหมุนเกิดค่าการเสียรูปมากกว่าแบบยึดแน่นเล็กน้อย</td></tr>
</table>

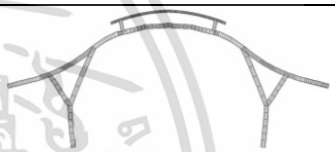
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.1 (ต่อ)

<table>
<tr><th rowspan="2">โครงสร้างหลังคา</th><th colspan="4">ฐานรองรับ</th></tr>
<tr><th colspan="2">แบบยึดแน่น (Fixed)</th><th colspan="2">แบบยึดหมุน (Hinge)</th></tr>
<tr><td>DM-09</td><td>Shear</td><td colspan="2"> </td><td colspan="2"> </td></tr>
<tr><td rowspan="4"> </td><td colspan="5">แบบยึดหมุนเกิดแรงเฉือนมากกว่า โดยเฉพาะบริเวณไหล่โครงสร้างและเสา</td></tr>
<tr><td>Moment</td><td colspan="2"> </td><td colspan="2"> </td></tr>
<tr><td colspan="5">เกิดโมเมนต์ดัดสะสมบริเวณไหล่โครงสร้าง และส่วนยื่นชายคา เท่า ๆ กัน ต่างกันที่ขนาดฐานเสา ซึ่งแบบยึดหมุนมีขนาดเล็กกว่า</td></tr>
<tr><td>Deformed</td><td colspan="2"> </td><td colspan="2"> </td></tr>
<tr><td colspan="5">Vertical Deformation Maximum (mm) 0.0014 | Vertical Deformation Maximum (mm) 0.0018
แบบยึดหมุนเกิดค่าการเสียรูปมากกว่าแบบยึดแน่นเล็กน้อย</td></tr>
<tr><td>DM-10</td><td>Shear</td><td colspan="2"> </td><td colspan="2"> </td></tr>
<tr><td rowspan="4"> </td><td colspan="5">แบบยึดหมุนเกิดแรงเฉือนมากกว่า โดยเฉพาะบริเวณไหล่โครงสร้างและเสา</td></tr>
<tr><td>Moment</td><td colspan="2"> </td><td colspan="2"> </td></tr>
<tr><td colspan="5">เกิดโมเมนต์ดัดสะสมบริเวณไหล่โครงสร้าง และส่วนยื่นชายคา เท่า ๆ กัน ต่างกันที่ขนาดฐานเสา ซึ่งแบบยึดหมุนมีขนาดเล็กกว่า</td></tr>
<tr><td>Deformed</td><td colspan="2"> </td><td colspan="2"> </td></tr>
<tr><td colspan="5">Vertical Deformation Maximum (mm) 0.0011 | Vertical Deformation Maximum (mm) 0.0016
แบบยึดหมุนเกิดค่าการเสียรูปมากกว่าแบบยึดแน่นเล็กน้อย</td></tr>
</table>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.1 (ต่อ)

<table>
<tr><td rowspan="2">โครงสร้างหลังคา</td><td colspan="4">ฐานรองรับ</td></tr>
<tr><td colspan="2">แบบยึดแน่น (Fixed)</td><td colspan="2">แบบยึดหมุน (Hinge)</td></tr>
<tr><td>DM-11</td><td rowspan="4"> </td><td>Shear</td><td colspan="2"> </td><td colspan="2"> </td></tr>
<tr><td colspan="5">เกิดแรงเฉือนมากบริเวณคาน ไหล่โครงสร้าง และส่วนยื่นชายคา ทั้งสองรูปแบบเกิดแรงเฉือนเท่า ๆ กัน</td></tr>
<tr><td>Moment</td><td colspan="2"> </td><td colspan="2"> </td></tr>
<tr><td colspan="5">โมเมนต์ดัดสะสมบริเวณกึ่งกลางคาน และระยะยื่นชายคา ซึ่งทั้งสองรูปแบบมีค่าใกล้เคียงกัน</td></tr>
<tr><td rowspan="4">DM-12</td><td rowspan="4"> </td><td rowspan="2">Deformed</td><td colspan="2"> </td><td colspan="2">  </td></tr>
<tr><td>Vertical Deformation Maximum (mm)</td><td>0.0012</td><td>Vertical Deformation Maximum (mm)</td><td>0.0015</td></tr>
<tr><td colspan="5">แบบยึดหมุนเกิดค่าการเสียรูปมากกว่าแบบยึดแน่นเล็กน้อย</td></tr>
<tr><td>Shear</td><td colspan="2"> </td><td colspan="2"> </td></tr>
<tr><td colspan="5">เกิดแรงเฉือนมากบริเวณคาน ไหล่โครงสร้าง และส่วนยื่นชายคา ทั้งสองรูปแบบเกิดแรงเฉือนเท่า ๆ กัน</td></tr>
<tr><td>Moment</td><td colspan="2"> </td><td colspan="2"> </td></tr>
<tr><td colspan="5">โมเมนต์ดัดสะสมบริเวณกึ่งกลางคาน และระยะยื่นชายคา ซึ่งทั้งสองรูปแบบมีค่าใกล้เคียงกัน</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Deformed</td><td colspan="2"> </td><td colspan="2"> </td></tr>
<tr><td>Vertical Deformation Maximum (mm)</td><td>0.0012</td><td>Vertical Deformation Maximum (mm)</td><td>0.0020</td></tr>
<tr><td colspan="5">แบบยึดหมุนเกิดค่าการเสียรูปมากกว่าแบบยึดแน่นเล็กน้อย</td></tr>
</table>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

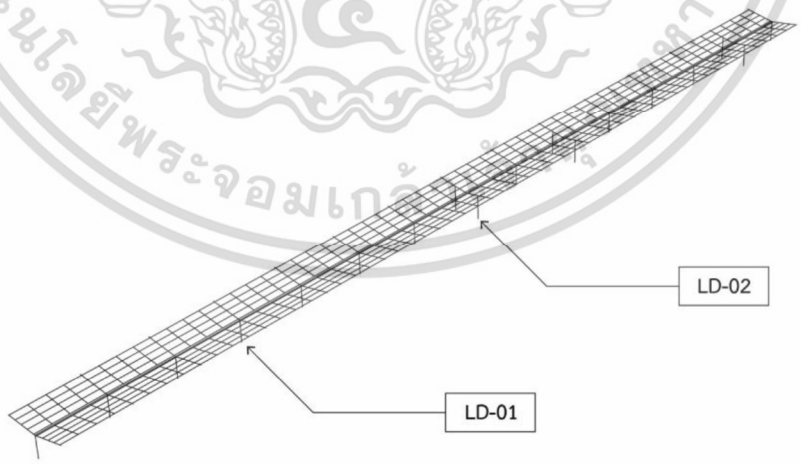
จากตารางที่ 5.1 โครงสร้าง DM1 เมื่อเปรียบเทียบฐานรองรับทั้ง 2 รูปแบบ กรณีใช้ฐานรองรับแบบยึดหมุน (Hinge) มีแนวโน้มเกิดการเสียรูป (Deformed) มากกว่า โดยเฉพาะโครงสร้างที่มีโครงเหล็กช่องแสงด้านบนจะมีค่าการเสียภาพที่มากยิ่งขึ้น ส่วนมากเกิดโมเมนต์ดัด (Moment) สะสมบริเวณกึ่งกลางคาน ไหล่โครงสร้างและส่วนยื่นชายคาค่อนข้างมาก โมเมนต์ดัด (Moment) ที่เกิดขึ้นในโครงสร้างเสา จากการทดสอบฐานรองรับแบบยึดหมุน (Hinge) เสาจะมีขนาดเล็กกว่าแบบยึดแน่น (Fixed) แรงเฉือน (Shear) เกิดมากบริเวณไหล่โครงสร้าง และคานของฐานรองรับทั้งสองรูปแบบ

5.1.1.1.2 ลักษณะโครงสร้างหลังคาสถานีดอนเมือง (DM2) และวิธีการจำลอง

1) โครงสร้างหลังคาอาคารสถานีดอนเมือง ชั้นชานชาลารถไฟทางไกล

เป็นโครงสร้างเสารูปตัว T (LD-01) และมีโครงสร้างหลังคาบางส่วนต้องใช้เสา 2 ต้น เนื่องจากบริเวณนั้นเป็นพื้นที่สำหรับบันไดเลื่อน (LD-02) ระยะยื่นประมาณ 4.50 ม. ความสูงรวมประมาณ 4 ม. โดยมีโครงสร้างหลักเป็นเสา ระยะห่างระหว่างเสาประมาณ 10 ม.

การจำลองโครงสร้างหลังคาสถานีดอนเมือง ชั้นชานชาลารถไฟทางไกล ทำการจำลองโครงสร้างหลักหรือเสา และโครงสร้างรองหรือแป คาน และเหล็กยึดแป โดยกำหนดวัสดุและขนาดเหล็ก ต่อมาทำการกำหนดน้ำหนักบรรทุกตายตัว (Dead Load) น้ำหนักบรรทุกจร (Live Load) และน้ำหนักบรรทุกเพิ่มเติม (Super Dead Load) เนื่องจากมีวัสดุมุงหลังคาประเภทเมทัลชีทกำหนดให้ถ่ายน้ำหนักลงแปทั้งหมด



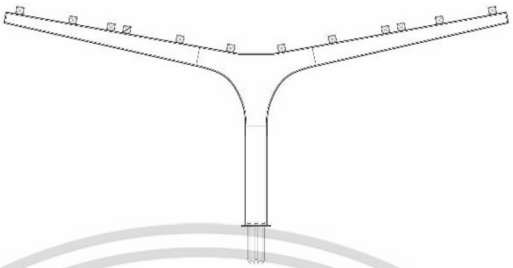
ภาพที่ 5.3 แสดงตัวอย่างการจำลองโครงสร้างสถานีดอนเมือง ชั้นชานชาลารถไฟทางไกล

ที่มา : ผู้วิจัย, 2566

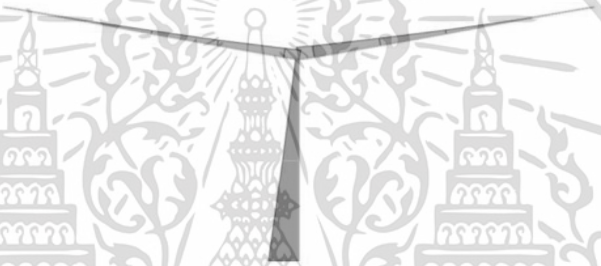
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) ผลการวิเคราะห์

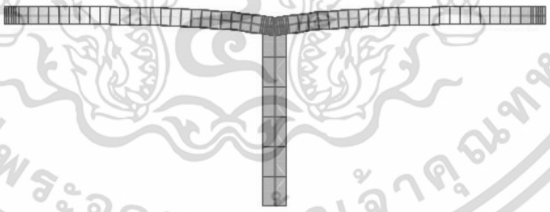
การวิเคราะห์แบบจำลองด้วยโปรแกรม SAP2000 ของโครงสร้างหลังคาสถานีดอนเมือง ได้ผลการวิเคราะห์ดังนี้



ก. แสดงรูปทรงโครงสร้าง



ข. แสดงโมเมนต์แรงดัด (Bending Moment Diagram)

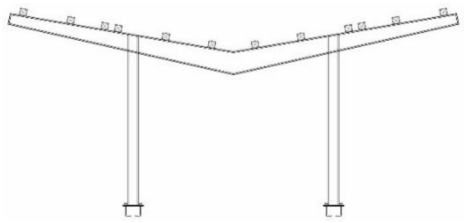


ค. แผนภาพการเสียรูป (Deformation)

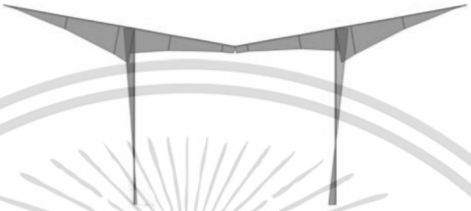
ภาพที่ 5.4 แสดงผลการทดสอบโครงสร้างหลังคาสถานีดอนเมือง (LD-01)

ที่มา : ผู้วิจัย, 2566

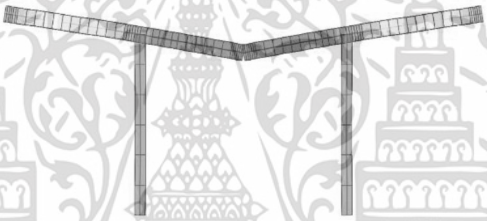
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ก. แสดงรูปทรงโครงสร้าง



ข. แสดงโมเมนต์แรงดัด (Bending Moment Diagram)



ค. แผนภาพการเสียรูป (Deformation)

ภาพที่ 5.5 แสดงผลการทดสอบโครงสร้างหลังคาสถานีดอนเมือง (LD-02)

ที่มา : ผู้วิจัย, 2566

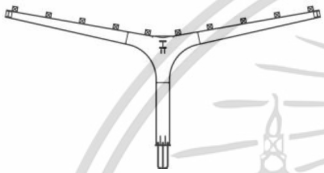
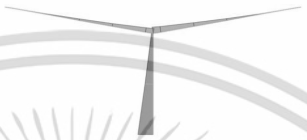
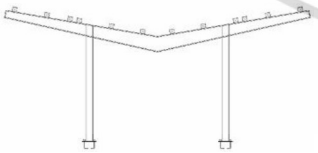
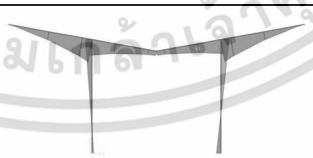
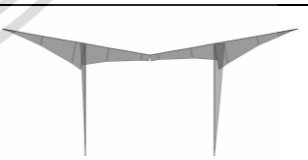
แบบจำลองโครงสร้างสถานีดอนเมือง สำหรับชั้นชานชาลารถไฟทางไกล ส่วนใหญ่มีการใช้โครงสร้างแบบเสารูปตัว T จะมีแค่บางพื้นที่ต้องเปลี่ยนไปใช้เสาคู่เนื่องจากเป็นส่วนของบันไดเลื่อน มีการใช้ฐานรองรับแบบยึดแน่น (Fixed) ทั้งหมด เกิดการเสียรูปบริเวณจุดต่อองค์อาคารระหว่างเสาคานมากที่สุด เกิดโมเมนต์ดัด (Moment) บริเวณจุดต่อองค์อาคารระหว่างเสาคานมาก เมื่อเปรียบเทียบกับรูปทรงโครงสร้างที่ก่อสร้างจริง ก็จะเห็นได้ว่าเป็นไปตามค่าในการทดสอบโมเมนต์ดัด (Moment) ที่ขนาดของหน้าตัดเหล็กบริเวณจุดต่อเสาและคานใหญ่กว่าบริเวณอื่น

3) การเปรียบเทียบผลของฐานรองรับ

ทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบฐานรองรับระหว่างฐานรองรับยึดหมุน (Hinge) และฐานรองรับแบบยึดแน่น (Fixed) เพื่อเป็นการพิสูจน์สมมติฐานที่ตั้งไว้ และเพื่อเปรียบเทียบผลของการวิเคราะห์ว่าฐานรองรับทั้ง 2 รูปแบบ มีข้อดี ข้อเสีย แตกต่างกันอย่างไร และส่งผลต่อรูปทรงทางโครงสร้างในด้านใดบ้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.2 แสดงการเปรียบเทียบผลจากฐานรองรับของโครงสร้างหลังคาสถานีดอนเมือง (DM2)

โครงสร้างหลังคา	ฐานรองรับ			
		แบบยึดแน่น (Fixed)		แบบยึดหมุน (Hinge)
LD-01	Shear			
		เกิดแรงเฉือนบริเวณจุดเชื่อมต่อองค์อาคารบริเวณตรงกลางและเสาค่อนข้างมาก ซึ่งแบบยึดแน่นและแบบยึดหมุนมีค่าใกล้เคียงกัน		
	Moment			
		โมเมนต์ดัด (Moment) มากบริเวณจุดเชื่อมต่อขององค์อาคาร และเสา แบบยึดหมุนเกิดโมเมนต์ดัดมากกว่าแบบยึดแน่น		
	Deformed			
		Vertical Deformation Maximum (mm) 0.0088		Vertical Deformation Maximum (mm) 0.0089
		ค่าการเสียรูปของโครงสร้างใกล้เคียงกัน โดยมีค่าการเสียรูปมากที่สุดบริเวณปลายสุดของส่วนที่ยื่น		
LD-02	Shear			
		เกิดแรงเฉือนบริเวณคานยื่น โดยฐานรองรับแบบยึดแน่น และยึดหมุนมีค่าใกล้เคียงกัน		
	Moment			
		โมเมนต์ดัด (Moment) มากบริเวณกึ่งกลางคานยื่นทั้งฐานรองรับแบบยึดแน่น และยึดหมุน แต่ฐานรองรับแบบยึดแน่นมีค่ามากกว่า		
	Deformed			
		Vertical Deformation Maximum (mm) 0.0021		Vertical Deformation Maximum (mm) 0.0020
		ค่าการเสียรูปของโครงสร้างใกล้เคียงกัน โดยมีค่าการเสียรูปมากที่สุดบริเวณปลายสุดของส่วนยื่น		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 5.2 โครงสร้าง DM2 ฐานรองรับทั้ง 2 รูปแบบ เกิดการเสียรูปของโครงสร้างเท่า ๆ กัน ซึ่งเสียรูปมากที่สุดบริเวณกลางองค์อาคารระหว่างรอยต่อของเสากับคานยื่น ค่าการเสียรูปของฐานรองรับแบบยึดแน่นและยึดหมุนค่อนข้างน้อย โมเมนต์ดัด (Moment) ของฐานรองรับแบบยึดแน่นมีค่าน้อยกว่าฐานรองรับแบบยึดหมุน และแรงเฉือน (Shear) จะเกิดมากบริเวณรอยต่อระหว่างเสากับแขนขององค์อาคารค่อนข้างมาก โดยเฉพาะรอยต่อบริเวณตรงกลาง ซึ่งจะเห็นได้ว่าแรงเฉือน (Shear) ของฐานรองรับแบบยึดแน่นและยึดหมุนมีค่าใกล้เคียง

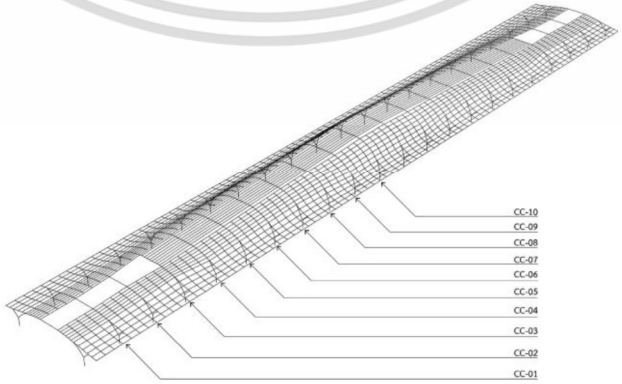
โครงสร้าง DM2 สรุปได้ว่าผลของประเภทฐานรองรับส่งผลให้โมเมนต์ดัด (Moment) กึ่งกลางคานยื่นเปลี่ยนไป โดยฐานรองรับแบบยึดหมุนมีค่าน้อยกว่าแบบยึดแน่น แต่บริเวณเสาจะมีค่าใกล้เคียงกัน แรงเฉือน (Shear) จะเกิดบริเวณคานยื่นและกึ่งกลางคานค่อนข้างมาก โดยที่ฐานรองรับทั้งสองรูปแบบมีค่าใกล้เคียงกัน และสุดท้ายการเสียรูป (Deformation) ฐานรองรับทั้งรูปแบบมีค่าการเสียรูปเท่า ๆ กัน โดยฐานรองรับแบบยึดแน่นมีค่าต่ำกว่าเล็กน้อย

5.1.1.2 สถานีจตุจักร

1) ลักษณะโครงสร้างหลังคาสถานีจตุจักร และวิธีการจำลอง

โครงสร้างพาดช่วงกว้างประมาณ 22 ม. ระยะยื่นชายคา 4.3 ม. ความสูงรวมประมาณ 9 ม.วางโครงสร้างหลักระยะห่าง 10 ม. ความยาวในส่วนของหลังคาที่คลุมสถานีประมาณ 210 ม. รูปทรงโครงสร้างหลังคาไล่ระดับความโค้งไม่เท่ากัน หลังคาแบ่งเป็น 2 ส่วน คลุม 2 ข้าง โปร่งบริเวณตรงกลาง วัสดุมุงหลังคาเป็นเมทัลชีท

การจำลองโครงสร้างหลังคาสถานีดอนเมือง ชั้นชานชาลารถไฟชานเมือง (CT Platform) ทำการจำลองโครงสร้างหลัก ประกอบด้วย เสา, คาน และคานยึดรั้งด้านข้าง โครงสร้างรอง ประกอบด้วย แป และเหล็กยึดแป ต่อมากำหนดแรงกระทำด้านข้าง (Lateral Force) ได้แก่ แรงลม และแรงกระทำในแนวดิ่ง (Vertical Force) ได้แก่ น้ำหนักบรรทุกตายตัว (Dead Load) น้ำหนักบรรทุกจร (Live Load) และน้ำหนักบรรทุกเพิ่มเติม (Super Dead Load)



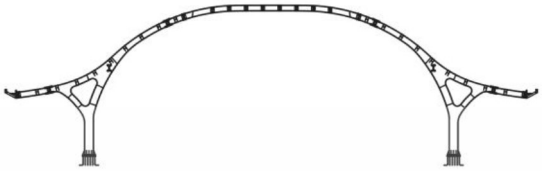
ภาพที่ 5.6 แสดงแบบจำลองโครงสร้างหลังคาสถานีจตุจักร (CC1)

ที่มา : ผู้วิจัย, 2566

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) ผลการวิเคราะห์

การวิเคราะห์แบบจำลองด้วยโปรแกรม SAP2000 ของโครงสร้างหลังคาสถานีดอนเมืองชั้นชานชาลารถไฟชานเมือง ได้ผลการวิเคราะห์ดังนี้



ก. แสดงรูปทรงโครงสร้าง

ข. แสดงโมเมนต์แรงดัด (Bending Moment Diagram)

ค. แผนภาพการเสียรูป (Deformation)

ภาพที่ 5.7 แสดงผลการทดสอบโครงสร้างหลังคาสถานีดอนเมือง (CT-12)

ที่มา : ผู้วิจัย, 2566

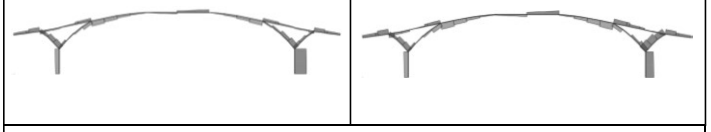
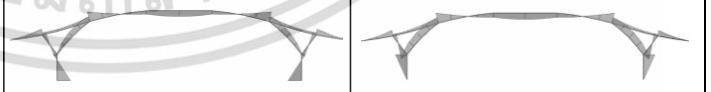
แบบจำลองโครงสร้างหลังคาสถานีจตุจักรมีขนาดของโครงสร้างที่แตกต่างกัน 10 รูปแบบ ผู้วิจัยจึงเลือกรูปแบบที่มีขนาดโครงสร้างใหญ่ที่สุด (CC-10) ในการอธิบายผลการวิเคราะห์เบื้องต้น พบว่าโมเมนต์ดัด (Moment) จะสะสมมากบริเวณกึ่งกลางคาน และเสา เกิดการเสียรูป (Deformed) มากบริเวณกึ่งกลางคาน จากภาพที่ 5.7 จะเห็นว่าโครงสร้างที่เกิดจากการวิเคราะห์เป็นไปในแนวทางเดียวกันกับโครงสร้างที่ก่อสร้างจริง

3) การเปรียบเทียบผลของฐานรองรับ

ทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบฐานรองรับระหว่างฐานรองรับยึดหมุน (Hinge) และฐานรองรับแบบยึดแน่น (Fixed) เพื่อเป็นการพิสูจน์สมมติฐานที่ตั้งไว้ และเพื่อเปรียบเทียบผลของการวิเคราะห์ว่าฐานรองรับทั้ง 2 รูปแบบ มีข้อดี ข้อเสีย แตกต่างกันอย่างไร และส่งผลต่อรูปทรงทางโครงสร้างในด้านใดบ้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.3 แสดงการเปรียบเทียบผลจากฐานรองรับของโครงสร้างหลังคาสถานีจตุจักร (CC1)

<table>
<tr><td rowspan="2">โครงสร้างหลังคา</td><td colspan="4">ฐานรองรับ</td></tr>
<tr><td colspan="2">แบบยึดแน่น (Fixed)</td><td colspan="2">แบบยึดหมุน (Hinge)</td></tr>
<tr><td>CC-01</td><td rowspan="4">Shear</td><td colspan="3">  </td></tr>
<tr><td rowspan="4"> </td><td colspan="3">ฐานรองรับแบบยึดหมุนเกิดแรงเฉือนมากกว่าแบบยึดแน่นโดยเฉพาะบริเวณเสาและไหล่ของโครงสร้าง</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Moment</td><td colspan="3"> </td></tr>
<tr><td colspan="3">ฐานรองรับแบบยึดหมุนเกิดโมเมนต์ดัดสะสมมากกว่าแบบยึดแน่นโดยเฉพาะบริเวณกึ่งกลางคานและไหล่ของโครงสร้าง</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Deformed</td><td colspan="3"> </td></tr>
<tr><td>Vertical Deformation Maximum (mm)</td><td>0.0031</td><td>Vertical Deformation Maximum (mm)</td><td>0.0038</td></tr>
<tr><td colspan="5">ค่าการเสียรูปของฐานรองรับแบบยึดหมุนมากกว่าแบบยึดแน่น</td></tr>
<tr><td>CC-02</td><td rowspan="4">Shear</td><td colspan="3"> </td></tr>
<tr><td rowspan="4"> </td><td colspan="3">ฐานรองรับแบบยึดแน่นเกิดแรงเฉือนบริเวณไหล่โครงสร้าง คาน และเสามากกว่าแบบยึดหมุน</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Moment</td><td colspan="3">  </td></tr>
<tr><td colspan="3">เกิดโมเมนต์ดัดสะสมบริเวณไหล่โครงสร้างมากที่สุด ซึ่งฐานรองรับทั้งสองรูปแบบมีโมเมนต์ดัดสะสมใกล้เคียงกัน</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Deformed</td><td colspan="3"> </td></tr>
<tr><td>Vertical Deformation Maximum (mm)</td><td>0.0035</td><td>Vertical Deformation Maximum (mm)</td><td>0.0046</td></tr>
<tr><td colspan="5">ค่าการเสียรูปของฐานรองรับแบบยึดหมุนมากกว่าแบบยึดแน่น</td></tr>
</table>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.3 (ต่อ)

<table>
<tr><th rowspan="2">โครงสร้างหลังคา</th><th colspan="4">ฐานรองรับ</th></tr>
<tr><th colspan="2">แบบยึดแน่น (Fixed)</th><th colspan="2">แบบยึดหมุน (Hinge)</th></tr>
<tr><td>CC-03</td><td>Shear</td><td colspan="2"> </td><td colspan="2"> </td></tr>
<tr><td rowspan="4"> </td><td colspan="5">ฐานทั้งสองรูปแบบเกิดแรงเฉือนมากบริเวณเสา คาน ไหล่โครงสร้าง</td></tr>
<tr><td>Moment</td><td colspan="2"> </td><td colspan="2"> </td></tr>
<tr><td colspan="5">โมเมนต์ดัดสะสมมากบริเวณไหล่โครงสร้างและกึ่งกลางคาน ฐานรองรับทั้งสองรูปแบบมีโมเมนต์ดัดเท่า ๆ กัน</td></tr>
<tr><td>Deformed</td><td colspan="2">
Vertical Deformation Maximum (mm) 0.0062</td><td colspan="2">
Vertical Deformation Maximum (mm) 0.0082</td></tr>
<tr><td colspan="5">ค่าการเสียรูปของฐานรองรับแบบยึดหมุนมากกว่าแบบยึดแน่น</td></tr>
<tr><td>CC-04</td><td>Shear</td><td colspan="2"> </td><td colspan="2"> </td></tr>
<tr><td rowspan="4"> </td><td colspan="5">แรงเฉือนแบบยึดหมุนมากกว่าแบบยึดแน่นบริเวณคาน ไหล่ของโครงสร้าง และเสา</td></tr>
<tr><td>Moment</td><td colspan="2"> </td><td colspan="2"> </td></tr>
<tr><td colspan="5">โมเมนต์ดัดสะสมที่เกิดขึ้นมีค่าใกล้เคียงกัน ซึ่งจะสะสมอยู่บริเวณกึ่งกลางคาน และไหล่ของโครงสร้าง</td></tr>
<tr><td>Deformed</td><td colspan="2">
Vertical Deformation Maximum (mm) 0.0072</td><td colspan="2">
Vertical Deformation Maximum (mm) 0.0098</td></tr>
<tr><td colspan="5">ค่าการเสียรูปของฐานรองรับแบบยึดหมุนมากกว่าแบบยึดแน่น</td></tr>
</table>

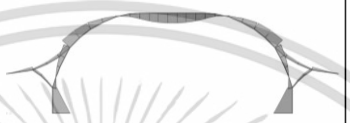
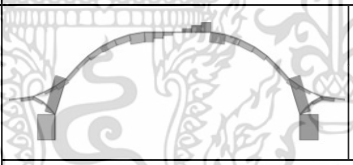
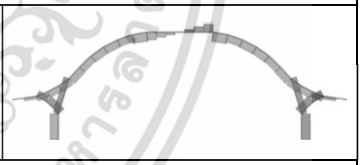
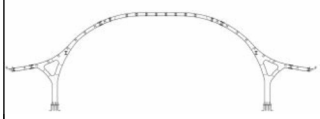
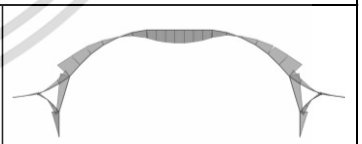
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.3 (ต่อ)

<table>
<tr><td rowspan="2">โครงสร้างหลังคา</td><td colspan="4">ฐานรองรับ</td></tr>
<tr><td colspan="2">แบบยึดแน่น (Fixed)</td><td colspan="2">แบบยึดหมุน (Hinge)</td></tr>
<tr><td>CC-05</td><td>Shear</td><td colspan="3"> </td><td> </td></tr>
<tr><td rowspan="4"> </td><td colspan="5">แรงเฉือนของฐานรองรับแบบยึดหมุนมากกว่าแบบยึดแน่น บริเวณไหล่โครงสร้าง และเสา</td></tr>
<tr><td>Moment</td><td colspan="3"> </td><td> </td></tr>
<tr><td colspan="5">โมเมนต์ดัดมีค่าใกล้เคียงกันทั้งสองรูปแบบ โดยจะสะสมมากบริเวณกึ่งกลางคาน เสา และไหลโครงสร้าง</td></tr>
<tr><td>Deformed</td><td colspan="3"> </td><td> </td></tr>
<tr><td colspan="2">Vertical Deformation Maximum (mm)</td><td>0.0071</td><td>Vertical Deformation Maximum (mm)</td><td>0.0098</td></tr>
<tr><td colspan="5">ค่าการเสียรูปของฐานรองรับแบบยึดหมุนมากกว่าแบบยึดแน่น</td></tr>
<tr><td>CC-06</td><td>Shear</td><td colspan="3"> </td><td> </td></tr>
<tr><td rowspan="4"> </td><td colspan="5">แรงเฉือนของฐานรองรับแบบยึดหมุนมากกว่าแบบยึดแน่น บริเวณไหล่โครงสร้าง และเสา</td></tr>
<tr><td>Moment</td><td colspan="3"> </td><td> </td></tr>
<tr><td colspan="5">โมเมนต์ดัดสะสมมากบริเวณกึ่งกลางคาน และไหล่โครงสร้าง โดยแบบยึดหมุนมีค่าโมเมนต์ดัดมากกว่าแบบยึดแน่น</td></tr>
<tr><td>Deformed</td><td colspan="3"> </td><td> </td></tr>
<tr><td colspan="2">Vertical Deformation Maximum (mm)</td><td>0.0072</td><td>Vertical Deformation Maximum (mm)</td><td>0.0102</td></tr>
<tr><td colspan="5">ค่าการเสียรูปของฐานรองรับแบบยึดหมุนมากกว่าแบบยึดแน่น</td></tr>
</table>

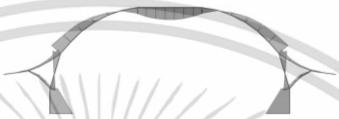
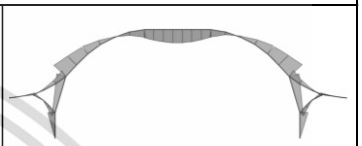
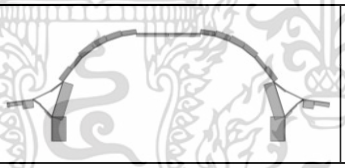
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.3 (ต่อ)

โครงสร้างหลังคา	ฐานรองรับ			
		แบบยึดแน่น (Fixed)		แบบยึดหมุน (Hinge)
CC-07	Shear			
		แรงเฉือนของฐานรองรับแบบยึดหมุนมากกว่าแบบยึดแน่น บริเวณไหล่โครงสร้าง และเสา		
	Moment			
		โมเมนต์ดัดสะสมบริเวณกึ่งกลางคาน และไหล่โครงสร้างมากกว่าบริเวณอื่น ๆ		
	Deformed			
		Vertical Deformation Maximum (mm)	0.0076	Vertical Deformation Maximum (mm) 0.0108
		ค่าการเสียรูปของฐานรองรับแบบยึดหมุนมากกว่าแบบยึดแน่น		
CC-08	Shear			
		ฐานรองรับแบบยึดหมุนเกิดแรงเฉือนมากกว่าแบบยึดแน่น บริเวณเสา คาน และไหล่โครงสร้าง		
	Moment			
		ฐานทั้งสองรูปแบบเกิดโมเมนต์ดัดสะสมบริเวณกึ่งกลางคานมาก		
	Deformed			
		Vertical Deformation Maximum (mm)	0.0078	Vertical Deformation Maximum (mm) 0.0111
		ค่าการเสียรูปของฐานรองรับแบบยึดหมุนมากกว่าแบบยึดแน่น		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.3 (ต่อ)

<table>
<tr><td rowspan="2">โครงสร้างหลังคา</td><td colspan="4">ฐานรองรับ</td></tr>
<tr><td colspan="2">แบบยึดแน่น (Fixed)</td><td colspan="2">แบบยึดหมุน (Hinge)</td></tr>
<tr><td>CC-09</td><td>Shear</td><td colspan="2"> </td><td colspan="2"> </td></tr>
<tr><td rowspan="3"> </td><td colspan="5">แบบยึดหมุนเกิดแรงเฉือนมากกว่าบริเวณไหล่โครงสร้าง คาน และเสา</td></tr>
<tr><td>Moment</td><td colspan="2">  </td><td colspan="2">  </td></tr>
<tr><td colspan="5">โมเมนต์ดัดสะสมของแบบยึดหมุนมีมากกว่าแบบยึดแน่น โดยเฉพาะกึ่งกลางคาน และไหล่โครงสร้าง</td></tr>
<tr><td></td><td>Deformed</td><td colspan="2"> </td><td colspan="2"> </td></tr>
<tr><td></td><td colspan="5">Vertical Deformation Maximum (mm) 0.0077 | Vertical Deformation Maximum (mm) 0.0121
ค่าการเสียรูปของฐานรองรับแบบยึดหมุนมากกว่าแบบยึดแน่น</td></tr>
<tr><td>CC-10</td><td>Shear</td><td colspan="2">  </td><td colspan="2"> </td></tr>
<tr><td rowspan="3"> </td><td colspan="5">แบบยึดหมุนเกิดแรงเฉือนมากกว่าบริเวณไหล่โครงสร้าง คาน และเสา</td></tr>
<tr><td>Moment</td><td colspan="2"> </td><td colspan="2"> </td></tr>
<tr><td colspan="5">โมเมนต์ดัดสะสมของแบบยึดหมุนมีมากกว่าแบบยึดแน่น โดยเฉพาะกึ่งกลางคาน และไหล่โครงสร้าง</td></tr>
<tr><td></td><td>Deformed</td><td colspan="2"> </td><td colspan="2"> </td></tr>
<tr><td></td><td colspan="5">Vertical Deformation Maximum (mm) 0.0050 | Vertical Deformation Maximum (mm) 0.0079
ฐานรองรับแบบยึดหมุนมีแนวโน้มเสียรูปมากกว่า</td></tr>
</table>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 5.3 โครงสร้าง CC1 ฐานรองรับทั้ง 2 รูปแบบ พบว่าองค์อาคารเกิดการเสียรูปน้อยลงเมื่อฐานเป็นแบบยึดแน่น (Fixed) เกิดโมเมนต์ดัด (Moment) บริเวณกึ่งกลางคานและบริเวณไหล่ของโครงสร้างลดลงกว่าแบบยึดหมุน (Hinge) แต่จะเห็นได้ว่าโครงสร้างเสา เมื่อใช้ฐานรองรับแบบยึดหมุน (Hinge) จะเกิดโมเมนต์ดัดน้อยกว่าแบบยึดแน่น (Fixed) แรงเฉือน (Shear) ที่เกิดภายในโครงสร้าง ฐานรองรับแบบยึดหมุน (Hinge) เกิดแรงเฉือนภายในโครงสร้างมากกว่าโดยเฉพาะบริเวณไหล่โครงสร้าง

โครงสร้าง CC1 สรุปได้ว่าผลของประเภทฐานรองรับส่งผลให้โมเมนต์ดัด (Moment) ในบริเวณกึ่งกลางคาน ไหล่โครงสร้าง และเสาเปลี่ยนไป โดยฐานรองรับแบบยึดแน่น (Fixed) มีค่าน้อยกว่าแบบยึดหมุน (Hinge) แรงเฉือน (Shear) จะเกิดบริเวณไหล่โครงสร้าง และกึ่งกลางคานค่อนข้างมาก และสุดท้ายการเสียรูป (Deformed) ฐานรองรับแบบยึดหมุน (Hinge) มีแนวโน้มเสียรูปมากกว่า

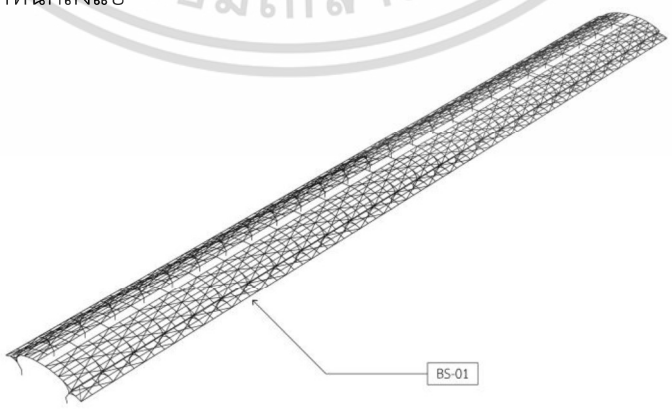
5.1.2 สถานีรถไฟฟ้าสายสีแดงอ่อน

5.1.2.1 สถานีบางซ่อน

1) ลักษณะโครงสร้างหลังคาสถานีบางซ่อน และวิธีการจำลอง

โครงสร้างหลังคาอาคารสถานีบางซ่อนเป็นโครงพาดช่วงกว้างประมาณ 11.50 ม. และยื่นปลายข้างละประมาณ 4.90 ม. ความสูงรวมประมาณ 6.50 ม. โดยมีโครงสร้างหลักเป็นเสาและคานบริเวณตรงกลาง มีการเว้นช่องแสงแบบเปิดโล่ง

การจำลองโครงสร้างหลังคาสถานีบางซ่อน ทำการจำลองโครงสร้างหลักประกอบด้วย เสา คาน และคานยึดรั้งด้านข้าง โครงสร้างรอง ประกอบด้วย แป เหล็กยึดแป และเหล็กค้ำทแยง เพื่อให้ได้น้ำหนักบรรทุกตายตัว (Dead Load) และกำหนดน้ำหนักบรรทุกจร (Live Load) น้ำหนักบรรทุกเพิ่มเติม (Super Dead Load) เนื่องจากมีวัสดุมุงหลังคาประเภทเมทัลชีทด้วย โดยกำหนดให้ถ่ายน้ำหนักลงแป



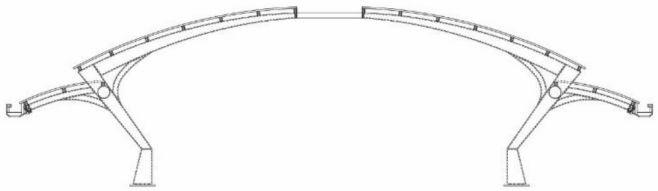
ภาพที่ 5.8 แสดงตัวอย่างการจำลองโครงสร้างสถานีบางซ่อนด้วยโปรแกรม SAP2000

ที่มา : ผู้วิจัย, 2566

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) ผลการวิเคราะห์

การวิเคราะห์แบบจำลองด้วยโปรแกรม SAP2000 ของโครงสร้างหลังคาสถานีบางซ่อน ได้ผลการวิเคราะห์ดังนี้



ก. แสดงรูปทรงโครงสร้าง

ข. แสดงโมเมนต์แรงดัด (Bending Moment Diagram)

ค. แผนภาพการเสียรูป (Deformation)

ภาพที่ 5.9 แสดงผลการทดสอบโครงสร้างหลังคาสถานีบางซ่อน

ที่มา : ผู้วิจัย, 2566

แบบจำลองโครงสร้างสถานีบางซ่อน มีการใช้โครงสร้างรูปแบบเดียว และใช้ฐานรองรับแบบยึดแน่น (Fixed) ทั้งหมด จากภาพที่ 5.9 เกิดโมเมนต์ดัด (Moment) มากบริเวณจุดต่อไหล่ของโครงสร้าง และบริเวณจุดต่อระหว่างเสา ซึ่งบริเวณเสาเกิดทั้ง Positive Moment (+) และ Negative Moment (-) การเสียรูปของโครงสร้าง มีค่ามากสุดบริเวณจุดกึ่งกลางของโครงสร้าง (สีเขียว) เมื่อนำโมเมนต์ดัดมาเปรียบเทียบกับรูปทรงโครงสร้างจริง จะเห็นได้ว่า หน้าตัดเหล็กบริเวณไหล่โครงสร้าง และจุดต่อบริเวณเสา มีขนาดใหญ่กว่าส่วนอื่น ๆ

3) การเปรียบเทียบผลของฐานรองรับ

ทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบฐานรองรับระหว่างฐานรองรับยึดหมุน (Hinge) และฐานรองรับแบบยึดแน่น (Fixed) เพื่อเป็นการพิสูจน์สมมติฐานที่ตั้งไว้ และเพื่อเปรียบเทียบผลของการวิเคราะห์ว่าฐานรองรับทั้ง 2 รูปแบบ มีข้อดี ข้อเสีย แตกต่างกันอย่างไร และส่งผลต่อรูปทรงทางโครงสร้างในด้านใดบ้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.4 แสดงการเปรียบเทียบผลจากฐานรองรับของโครงสร้างหลังคาสถานีบางซ่อน

<table>
<tr><td rowspan="2">โครงสร้างหลังคา</td><td colspan="3">ฐานรองรับ</td></tr>
<tr><td colspan="2">แบบยึดแน่น (Fixed)</td><td>แบบยึดหมุน (Hinge)</td></tr>
<tr><td>BS-01</td><td rowspan="5"> </td><td rowspan="2">Shear</td><td> </td><td> </td></tr>
<tr><td colspan="2">ลักษณะใกล้เคียงกัน บริเวณเสาด้านบนจะเกิดแรงแรงเฉือนมาก</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Moment</td><td> </td><td> </td></tr>
<tr><td colspan="2">โดยภาพรวมจะเห็นว่าแบบยึดแน่น จะมีแรงดัดโดยรวมมากกว่า โดยเฉพาะบริเวณไหล่ และบริเวณจุดต่อระหว่างเสา</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Deformed</td><td> </td><td> </td></tr>
<tr><td colspan="2">Vertical Deformation Maximum (mm) 0.0036 | Vertical Deformation Maximum (mm) 0.0051
ค่าการเสียรูปของแบบยึดหมุน มากกว่าแบบยึดแน่น</td></tr>
</table>

จากตารางที่ 5.4 โครงหมายเลข BS1 กรณีใช้ฐานยึดหมุนจะมีแนวโน้มที่เกิดการเสียรูป (Deformed) และเกิดโมเมนต์ (Moment) สะสมที่บริเวณไหลโครงสร้างมากกว่าส่วนของฐานยึดแน่น แบบยึดแน่นและยึดหมุนเกิดแรงเฉือนค่าใกล้เคียงกัน บริเวณเสาด้านบนของทั้ง 2 กรณีเกิดแรงเฉือนมาก จะเห็นได้ว่าโครงสร้างจริงมีการใช้ฐานแบบยึดแน่น จากรูปโมเมนต์แรงดัด (Moment) ของฐานรองรับแบบยึดแน่น (Fixed) จะมีการกระจุกตัวของโมเมนต์แรงดัด (Moment) บริเวณไหล่ และรอยต่อระหว่างเสามากกว่าส่วนอื่น ทำให้ขนาดหน้าตัดเหล็กที่ก่อสร้างจริงไม่เท่ากัน ซึ่งบริเวณไหล่และรอยต่อระหว่างเสาจะมีขนาดใหญ่กว่าบริเวณอื่น

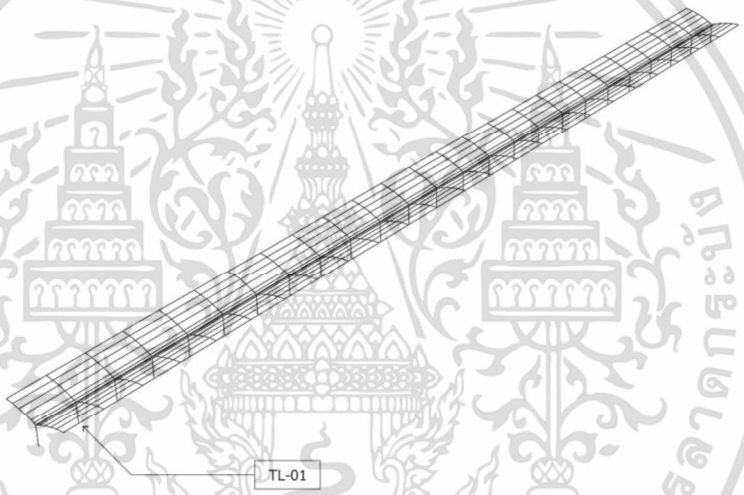
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.2.2 สถานีตลิ่งชัน

1) ลักษณะโครงสร้างหลังคาสถานีบางซ่อน และวิธีการจำลอง

โครงสร้างหลังคาอาคารสถานีตลิ่งชันเป็นโครงสร้างเสารูปตัว T ระยะยื่นประมาณ 7 ม. ความสูงรวมประมาณ 6 ม. โดยมีโครงสร้างหลักเป็นเสา มีการเว้นช่องแสงแบบเปิดโล่ง โครงสร้างหลังคาดูลักษณะภายนอกคล้ายโครงสร้างพาดช่วงกว้าง แต่บริเวณตรงกลางของโครงสร้างไม่ได้เชื่อมต่อกัน ซึ่งเป็นการวางเสารูปตัววายขนานกันนั้นเอง

การจำลองโครงสร้างหลังคาสถานีตลิ่งชัน ทำการจำลองโครงสร้างหลักหรือเสา และโครงสร้างรองหรือแป กำหนดวัสดุ และขนาดเหล็ก ต่อมาทำการกำหนดน้ำหนักบรรทุกตายตัว (Dead Load) น้ำหนักบรรทุกจร (Live Load) และน้ำหนักบรรทุกเพิ่มเติม (Super Dead Load) เนื่องจากมีวัสดุมุงหลังคาประเภทเมทัลชีทด้วยโดยกำหนดให้ถ่ายน้ำหนักลงแปทั้งหมด

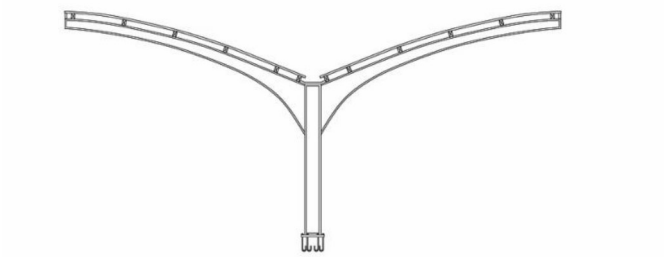


ภาพที่ 5.10 แสดงตัวอย่างการจำลองโครงสร้างสถานีตลิ่งชันด้วยโปรแกรม SAP2000
ที่มา : ผู้วิจัย, 2566

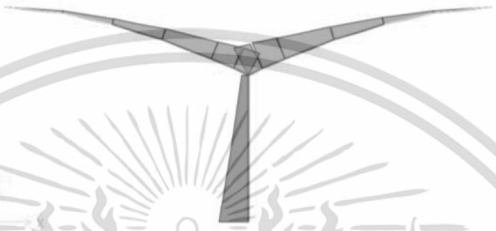
2) ผลการวิเคราะห์

การวิเคราะห์แบบจำลองด้วยโปรแกรม SAP2000 ของโครงสร้างหลังคาสถานีตลิ่งชัน ได้ผลการวิเคราะห์ดังนี้

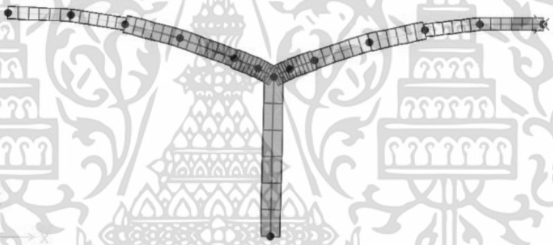
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ก. แสดงรูปทรงโครงสร้าง



ข. แสดงโมเมนต์แรงดัด (Bending Moment Diagram)



ค. แผนภาพการเสียรูป (Deformation)

ภาพที่ 5.11 แสดงผลการทดสอบโครงสร้างหลังคาสถานีบางซ่อน

ที่มา : ผู้วิจัย, 2566

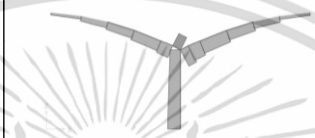
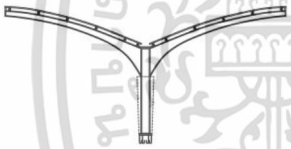
แบบจำลองโครงสร้างสถานีตลิ่งชัน มีการใช้โครงสร้างรูปแบบเดียว (โครงเสารูปตัว T) และใช้ฐานรองรับแบบยึดแน่น (Fixed) ทั้งหมด เกิดการเสียรูปของปลายองค์อาคารมากที่สุด เกิดโมเมนต์ดัด (Moment) บริเวณจุดต่อองค์อาคารระหว่างเสากับแขนขององค์อาคารมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับรูปทรงโครงสร้างที่ก่อสร้างจริง ก็จะเห็นได้ว่าเป็นไปตามค่าในการทดสอบโมเมนต์ดัด (Moment) ที่ขนาดของหน้าตัดเหล็กบริเวณจุดต่อเสากับแขนยื่นใหญ่กว่าบริเวณอื่น สิ่งที่ต่างจากผลการทดสอบคือ เมื่อฐานเสารองรับเป็นแบบยึดแน่น ฐานจึงมีขนาดใหญ่ แต่รูปทรงโครงสร้างที่ก่อสร้างจริงมีการใช้ฐานเสาขนาดเล็กกว่า เนื่องจากในบริเวณฐานใส่เหล็กไว้มากพอจึงไม่จำเป็นต้องมีฐานขนาดใหญ่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) การเปรียบเทียบผลของฐานรองรับ

ทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบฐานรองรับระหว่างฐานรองรับยึดหมุน (Hinge) และฐานรองรับแบบยึดแน่น (Fixed) เพื่อเป็นการพิสูจน์สมมติฐานที่ตั้งไว้ และเพื่อเปรียบเทียบผลของการวิเคราะห์ว่าฐานรองรับทั้ง 2 รูปแบบ มีข้อดี ข้อเสีย แตกต่างกันอย่างไร และส่งผลต่อรูปทรงทางโครงสร้างในด้านใดบ้าง

ตารางที่ 5.5 แสดงการเปรียบเทียบผลจากฐานรองรับของโครงสร้างหลังคาสถานีตลิ่งชัน

โครงสร้างหลังคา	ฐานรองรับ			
	แบบยึดแน่น (Fixed)		แบบยึดหมุน (Hinge)	
TL-01				
	Shear			
		เกิดแรงเฉือนบริเวณส่วนยื่นของโครงสร้าง ซึ่งแบบยึดแน่นเกิดแรงเฉือนมากกว่าแบบยึดหมุน		
	Moment			
		โมเมนต์ดัด (Moment) มากบริเวณเสาและจุดต่อระหว่างแขนขององค์อาคาร ซึ่งแบบยึดแน่นจะเกิดมากกว่าแบบยึดหมุน		
	Deformed			
		Vertical Deformation Maximum (mm) 0.0053	Vertical Deformation Maximum (mm) 0.0072	
		แบบยึดหมุนเกิดค่าการเสียรูปมากกว่าแบบยึดแน่น		

จากตารางที่ 5.5 โครงสร้าง TL-01 ฐานรองรับทั้ง 2 รูปแบบ ฐานรองรับแบบยึดหมุนเกิดการเสียรูปของโครงสร้างมากกว่าแบบยึดแน่น ซึ่งเสียรูปมากที่สุดบริเวณปลายองค์อาคารระยะยื่นชายคา ค่าการเสียภาพที่เกิดขึ้นค่อนข้างน้อย แรงเฉือนเกิดมากบริเวณจุดต่อส่วนระยะยื่นชายคาและเสา ซึ่งกรณีฐานรองรับแบบยึดแน่น เกิดแรงเฉือนมากกว่าแบบยึดหมุน แต่โมเมนต์ดัด (Moment) ที่เกิดขึ้นมีค่าใกล้เคียงกัน ซึ่งจะเกิดโมเมนต์ดัด (Moment) มากบริเวณเสาและจุดต่อระหว่างแขนขององค์อาคารเมื่อเปรียบเทียบกับโครงสร้างจริง ก็จะเห็นได้ว่าบริเวณจุดที่เชื่อมองค์อาคารจะมีขนาดหน้าตัดเหล็กใหญ่กว่าบริเวณอื่น ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

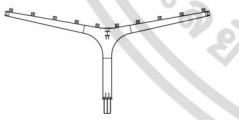
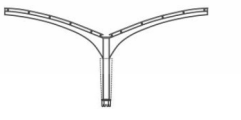
5.1.3 สรุปผลการศึกษาแรงภายในโครงสร้าง

จากการศึกษาผลการทดสอบแรงภายในโครงสร้างด้วยวิธีการวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element) โดยการวิเคราะห์กำหนดรูปแบบของจุดต่อฐานรองรับ พิจารณาผลจากแรงด้านข้าง (Lateral Force) และแรงในแนวดิ่ง (Vertical Force) เพื่อเปรียบเทียบแรงที่เกิดขึ้นภายในโครงสร้าง (Internal Force) และพิจารณาแนวโน้มของขนาดองค์อาคาร ทำการจำลองตัวอย่างชิ้นส่วนโครงสร้างหลังคาทั้ง 5 รูปแบบ โดยใช้สมมติฐานการออกแบบฐานรองรับ 2 รูปแบบ คือแบบยึดแน่นทั้ง 2 ข้าง และแบบยึดหมุนทั้ง 2 ข้าง จากนั้นเปรียบเทียบผลวิเคราะห์แรงเฉือน (Shear) โมเมนต์แรงดัด (Moment) และการเสียรูป (Deformed)

จะเห็นได้ว่าผลการทดสอบจากการเปลี่ยนประเภทฐานรองรับ ทำให้แรงที่เกิดขึ้นภายในโครงสร้าง (Internal Force) แตกต่างกัน โดยจะทำการเปรียบเทียบโมเมนต์แรงดัด (Moment) แรงเฉือน (Shear) และการเสียรูป (Deformed) แยกออกเป็น 3 ตาราง เพื่อให้เห็นความแตกต่างกันอย่างชัดเจน สามารถสรุปตารางได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

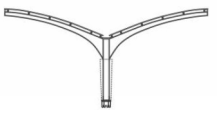
ตารางที่ 5.6 แสดงการเปรียบเทียบผลทดสอบโมเมนต์แรงดัด (Moment)

รูปแบบโครงข้อแข็ง (Portal Frame)	โมเมนต์แรงดัด (Moment)		บริเวณที่ส่งผล		
	แบบยึดแน่น (Fixed)	แบบยึดหมุน (Hinge)	เสา	คาน	
				ท้องคาน	ไหล่
DM-01			✓	✓	✓
CC-01			✓	✓	✓
BS-01			✓	✓	✓
รูปแบบโครงเสารูปตัว T	โมเมนต์แรงดัด (Moment)		บริเวณที่ส่งผล		
	แบบยึดแน่น (Fixed)	แบบยึดหมุน (Hinge)	เสา	แขนยื่นรับโครงหลังคา	
 DM-02			✓	✓	
 TC-01			✓	✓	

จากการทดสอบโมเมนต์แรงดัด (Moment) ประเภทของฐานรองรับส่งผลต่อแรงภายในโครงสร้าง รูปแบบโครงข้อแข็งจะเกิดโมเมนต์ดัดมากบริเวณเสา รองลงมาคือไหล่โครงสร้าง และท้องคาน ต่อมาโครงเสารูปตัว T เมื่อเปรียบเทียบฐานรองรับ จะเห็นได้ว่าเสาที่มีฐานแบบยึดแน่นเกิดโมเมนต์ดัดมากกว่าแบบยึดหมุน แขนยื่นรับโครงหลังคาเกิดโมเมนต์ดัดใกล้เคียงกัน

เอกสารนี้มีไว้เพื่อการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ในเชิงพาณิชย์ ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

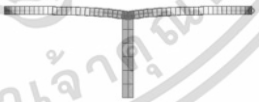
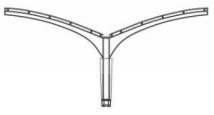
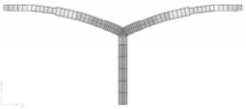
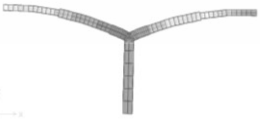
ตารางที่ 5.7 แสดงการเปรียบเทียบผลทดสอบแรงเฉือน (Shear)

รูปแบบ โครงข้อแข็ง (Portal Frame)	แรงเฉือน (Shear)		บริเวณที่ส่งผล		
	แบบยึดแน่น (Fixed)	แบบยึดหมุน (Hinge)	เสา	คาน	
				ท้องคาน	ไหล่
DM-01			✓	✓	✓
CC-01			✓	✓	✓
BS-01			✓	×	✓
รูปแบบ โครงเสารูปตัว T	แรงเฉือน (Shear)		บริเวณที่ส่งผล		
	แบบยึดแน่น (Fixed)	แบบยึดหมุน (Hinge)	เสา	แขนยื่นรับโครงหลังคา	
DM-02			✓	✓	
 TC-01			✓	✓	

จากการทดสอบโมเมนต์แรงเฉือน (Shear) ประเภทของฐานรองรับส่งผลต่อแรงภายในโครงสร้าง ซึ่งจะเห็นได้ว่ารูปแบบโครงข้อแข็งเกิดบริเวณไหล่โครงสร้างมาก รองลงมาเป็นเสา ฐานรองรับแบบยึดหมุนเกิดแรงเฉือนมากกว่าแบบยึดแน่น โครงเสารูปตัว T ฐานรองรับแบบยึดแน่นเกิดแรงเฉือนที่เสามากกว่า แขนยื่นรับโครงหลังคาเกิดแรงเฉือนใกล้เคียงกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.8 แสดงการเปรียบเทียบผลทดสอบการเสียรูป (Deformed)

รูปแบบโครงข้อแข็ง (Portal Frame)	การเสียรูป (Deformed)		บริเวณที่ส่งผล		
	แบบยึดแน่น (Fixed)	แบบยึดหมุน (Hinge)	เสา	คาน	
				ท้องคาน	ไหล่
DM-01			✗	✓	✗
CC-01			✗	✓	✗
BS-01			✗	✓	✗
รูปแบบโครงเสารูปตัว T	การเสียรูป (Deformed)		บริเวณที่ส่งผล		
	แบบยึดแน่น (Fixed)	แบบยึดหมุน (Hinge)	เสา	แขนยื่นรับโครงหลังคา	
DM-02			✗	✓	
 TC-01			✗	✓	

ผลการทดสอบการเสียรูปของโครงสร้าง (Deformed) รูปแบบโครงข้อแข็งทั้ง 3 รูปแบบเกิดการเสียรูปมากบริเวณท้องคานมากที่สุด รูปแบบโครงเสารูปตัว T เกิดการเสียรูปมากบริเวณส่วนปลายของแขนยื่นรับโครงหลังคา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลจากการศึกษาเปรียบเทียบฐานรองรับ ที่ส่งผลต่อแรงภายในโครงสร้าง (Internal Force) ซึ่งจะพิจารณาทั้งแรงกระทำด้านข้าง (Lateral Force) และแรงในแนวดิ่ง (Vertical Force) ในการพิจารณาเปรียบเทียบจะมีทั้งโมเมนต์แรงดัด (Moment) แรงเฉือน (Shear) และการเสียรูป (Deformed) ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้ โครงสร้างจะประกอบไปด้วย 2 รูปแบบ คือโครงข้อแข็ง (Portal Frame) 3 รูปแบบ และโครงเสารูปตัว T 2 รูปแบบ

พบว่าประเภทของฐานรองรับส่งผลต่อโมเมนต์ดัด (Moment) ฐานรองรับแบบยึดแน่น (Fixed) จะเกิดโมเมนต์ดัดกลับมากบริเวณฐานรองรับ จึงส่งผลให้โมเมนต์ดัดกระจายทั่วทั้งองค์อาคาร ฐานรองรับแบบยึดแน่น เกิดโมเมนต์ดัด (Moment) บริเวณฐานน้อย จึงส่งผลให้เกิดโมเมนต์ดัดบริเวณอื่นมากนั้นเอง แรงเฉือน (Shear) ที่เกิดภายในโครงสร้าง จะเห็นได้ว่าฐานรองรับแบบยึดหมุน (Fixed) เกิดแรงเฉือนภายในโครงสร้างน้อยกว่าแบบยึดหมุน (Hinge) ต่อมาค่าการเสียรูปของโครงสร้าง (Deformed) เกิดมากบริเวณท้องคาน จากการเปรียบเทียบค่าการเสียรูปในตารางที่ 5.8 พบว่าโดยเฉลี่ยแล้วค่าการเสียรูปของฐานรองรับแบบยึดแน่นน้อยกว่าแบบยึดหมุน

ตารางที่ 5.9 สรุปผลของประเภทจุดต่อบริเวณฐานรองรับ

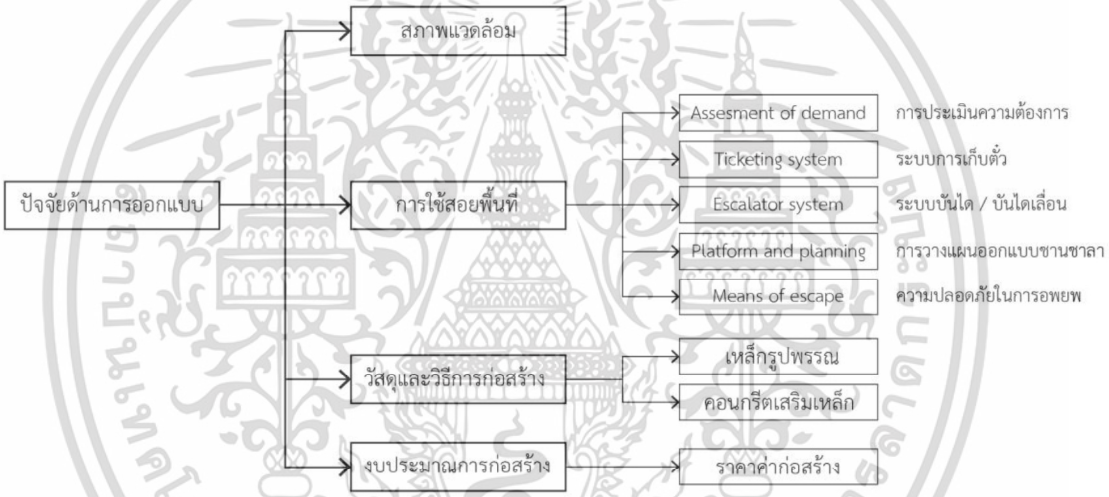
ผล	ฐานรองรับแบบยึดแน่น (Fixed)	ฐานรองรับแบบยึดหมุน (Hinge)
โมเมนต์แรงดัด (Moment)	มีโมเมนต์ดัดมากบริเวณฐานรองรับ ส่งผลให้โมเมนต์ดัดกระจายไปที่องค์อาคารส่วนอื่นสม่ำเสมอ	เกิดโมเมนต์น้อยบริเวณฐานรองรับ ส่งผลให้เกิดแรงดัดมากบริเวณองค์อาคารส่วนอื่น
แรงเฉือน (Shear)	เกิดแรงเฉือนมากบริเวณเสาและไหล่ของโครงสร้าง	แรงเฉือนที่เกิดขึ้นมากกว่าฐานรองรับแบบยึดแน่น เกิดมากบริเวณเสา และไหล่โครงสร้าง
การเสียรูป (Deformed)	เกิดการเสียรูป (Deformed) มากบริเวณท้องคาน และบริเวณแขนยื่นรับโครงหลังคา	เกิดการเสียรูป (Deformed) มากกว่าฐานรองรับแบบยึดแน่นเกิดมากบริเวณท้องคาน และบริเวณแขนยื่นรับโครงหลังคา
แนวโน้มขององค์อาคารที่เหมาะสม	เนื่องจากโมเมนต์ดัดในองค์อาคารสม่ำเสมอกัน ซึ่งส่งผลต่อการกำหนดขนาดหน้าตัดเหล็กให้เล็กลงได้ ส่งผลให้สามารถใช้พื้นที่ได้มากกว่า และประหยัดกว่านั้นเอง	โมเมนต์ดัดมากทั่วทั้งองค์อาคารยกเว้นบริเวณฐาน ส่งผลให้ขนาดหน้าตัดจะใหญ่กว่าแบบยึดหมุน ในส่วนนี้ส่งผลต่อการใช้งานพื้นที่และงบประมาณในการก่อสร้างนั้นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางสามารถสรุปเป็นแนวทางได้ว่าความแข็งแรงของฐานรองรับแบบยึดแน่น (Fixed) ช่วยให้โครงสร้างเกิดการเสียรูปน้อยลง เกิดแรงภายในโครงสร้างน้อยกว่าฐานรองรับแบบยึดหมุน (Hinge) แต่ โมเมนต์ดัด (Moment) ที่เกิดขึ้นกระจายทั่วทั้งองค์อาคารเท่า ๆ กัน ส่งผลให้สามารถลดขนาดหน้าตัดเหล็กรูปพรรณลงได้ เหมาะสมในการเลือกใช้กับโครงสร้างข้อแข็ง (Portal Frame) และโครงเสารูปตัว T เนื่องจากมีแนวโน้มประหยัดกว่าฐานรองรับแบบยึดหมุน (Hinge) มีเกิดการเสียรูปมากกว่า ทำให้ต้องใช้ขนาดหน้าตัดเหล็กใหญ่กว่านั้นเอง

5.2 วิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อการออกแบบสถาปัตยกรรม

จากการศึกษา ทบทวนวรรณกรรม และสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ สามารถจำแนกปัจจัยที่ส่งผลต่อการออกแบบโครงการรถไฟชานเมืองสายสีแดง ซึ่งมีประเด็นสำคัญดังต่อไปนี้



ภาพที่ 5.12 แสดงปัจจัยที่ส่งผลต่อการออกแบบสถานีรถไฟฟ้า

ที่มา : ผู้วิจัย, 2566

5.2.1 ปัจจัยด้านการออกแบบสถานีรถไฟฟ้า

1) สภาพแวดล้อม

โครงการรถไฟชานเมืองสายสีแดงมีพื้นที่ตั้งอยู่บริเวณชานเมือง มีขนาดและความหนาแน่นของอาคารข้างเคียง แตกต่างจากสถานีรถไฟฟ้าในเมือง ทำให้โครงการนี้มีขนาดโครงการใหญ่กว่าโครงการรถไฟฟ้าสายอื่น ๆ เนื่องจากมีพื้นที่ในการก่อสร้าง นอกจากนี้ยังมีการคำนึงสภาพภูมิอากาศของประเทศไทยที่มีอากาศร้อน และฝนตกชุก จึงส่งผลให้เกิดรูปทรงโครงสร้างหลังคาที่สามารถป้องกันฝนได้ แต่ระบายอากาศได้ดี เพื่อทำหน้าที่ปกป้องผู้ใช้งานอาคารจากสภาวะแวดล้อมภายนอก เพิ่มความสะดวกสบาย และตอบสนองความต้องการแก่ผู้ใช้งานอาคาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) การใช้สอย หรือการใช้งานภายในอาคาร (Function)

สถานีรถไฟฟ้าสายสีแดง รองรับผู้ใช้งานอาคารเป็นจำนวนมาก เพราะเป็นสถานีที่รองรับทั้งผู้ใช้งานรถไฟชานเมือง และผู้ใช้งานรถไฟทางไกล จึงจำเป็นต้องออกแบบให้สามารถตอบสนองผู้ใช้งานอาคาร สะดวกต่อการสัญจรจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง ปลอดภัยต่อการใช้งาน ซึ่งการออกแบบการใช้งานภายในสะท้อนถึงพฤติกรรมผู้ใช้งาน เช่น ชานชาลาออกแบบให้พื้นที่ใช้งานเป็นแนวยาว เนื่องจากต้องการให้ผู้โดยสารสามารถ ขึ้น-ลง ได้ทั้งขบวน พื้นที่การใช้งานสถานีรถไฟประกอบไปด้วยปัจจัยดังต่อไปนี้

- **Assessment of demand (การประเมินความต้องการ)** ก่อนการออกแบบพื้นที่ใช้สอยภายในสถานีจะต้องมีการประเมินความต้องการใช้สถานีในช่วงเวลาต่าง ๆ เพื่อให้ตอบสนองต่อจำนวนในรองรับผู้โดยสาร เนื่องจากแต่ละพื้นที่มีความสำคัญต่อการใช้งานไม่เท่ากัน
- **Ticketing system (ระบบขายตั๋ว)** ระบบเก็บตั๋ว ขายตั๋ว ในการเข้า - ออก ต้องคำนึงถึงทางสัญจร การใช้บริการ และการควบคุมพื้นที่เข้า - ออก เจ้าหน้าที่ควบคุมสถานีสามารถตรวจสอบเครื่องตรวจตั๋วได้
- **Escalator system (ระบบบันไดเลื่อน)** การออกแบบจะต้องให้การไหลเวียนของผู้โดยสารสะดวกที่สุด เพื่อไม่ให้เกิดอันตรายเนื่องจากการคับคั่งของผู้โดยสารในช่วง Peak hour ซึ่งขนาดของบันไดเลื่อนสอดคล้องกับจำนวนผู้โดยสาร และกฎหมายกำหนด
- **Platform and planning (การวางแผนออกแบบชานชาลา)** สถานีรถไฟชานเมืองสายสีแดง รองรับรถไฟชานเมือง (CT Platform) และรถไฟทางไกล (LT Platform) แตกต่างกัน จึงต้องวางแผนออกแบบรูปแบบและระบบรางขนาดของชานชาลาเนื่องจากแต่ละสถานีรองรับผู้โดยสารไม่เท่ากัน ขนาดของสถานีรถไฟจึงแตกต่างกัน
- **Means of escape (ความปลอดภัยในการอพยพ)** ความปลอดภัยในการอพยพเวลาเกิดเหตุบนสถานี อ้างอิงตามมาตรฐาน NFPA 130 มาตรฐานการออกแบบด้านความปลอดภัย ด้านอัคคีภัย ของระบบขนส่ง ในทางออกแบบด้านโครงสร้าง ไปจนถึงสิ่งอำนวยความสะดวกภายในสถานีรถไฟ ครอบคลุมถึงระบบการอพยพ ซึ่งมาตรฐานนี้ถูกใช้ในการอ้างอิงจากหลายประเทศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) วัสดุ และวิธีการก่อสร้าง

วัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างอาคารในประเทศไทยส่วนใหญ่เป็นคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยโครงสร้างหลักของโครงการรถไฟชานเมืองสายสีแดง แบ่งเป็น 3 ส่วน ได้แก่ ส่วนฐานรากและเข็มเจาะ ส่วนที่สองคือ เสา (Substructure) และส่วนที่สามคือ คาน (Cross Beam) ซึ่งโครงสร้างเสาคาน ใช้เป็นระบบคอนกรีตเสริมเหล็ก โครงสร้างเสาแต่ละต้นห่างกันประมาณ 30 เมตร การก่อสร้างโครงการรถไฟชานเมืองสายสีแดง (The commuter train system Red Line) ขนานไปในแนวโครงสร้างของโครงการโฮปเวลล์เดิม (โครงการระบบการขนส่งทางรถไฟยกระดับในกรุงเทพมหานคร - BERTS) เนื่องจากทาง ร.ฟ.ท. มีจุดประสงค์ในการประหยัดงบประมาณ จึงทำการทดสอบสำรวจโครงสร้างเดิม ที่ซ้อนทับกันของทั้งสองโครงการ เพื่อนำโครงสร้างบางส่วนที่ผ่านการทดสอบมาตรฐานทางวิศวกรรมมาปรับปรุงใช้ใหม่

โครงสร้างหลังคาชั้นชานชาลา เป็นโครงสร้างเหล็กรูปพรรณทั้งหมด เนื่องจากโครงสร้างเหล็กมีคุณสมบัติน้ำหนักเบา เชื่อมประกอบ ยกประกอบได้ง่าย เหมาะสำหรับพื้นที่ที่มีจำกัด น้ำหนักเหล็กที่มีความเบาสามารถลดแรงที่กระทำลงไปยังชั้นด้านล่างได้อีกด้วย และที่สำคัญสามารถรับแรงสั่นสะเทือนได้ดี เหมาะสำหรับสถานีรถไฟที่มีรถไฟวิ่งตลอดเวลา

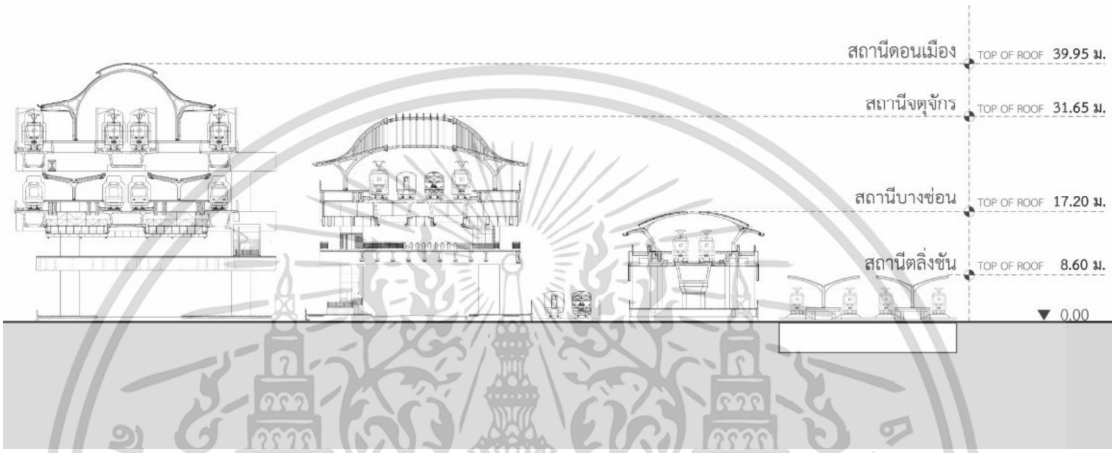
4) งบประมาณ

โครงการรถไฟชานเมืองสายสีแดงเป็นการก่อสร้างโครงการขนาดใหญ่ งบประมาณเป็นเรื่องสำคัญมาก ที่ใช้ในการขับเคลื่อนในทุก ๆ ส่วนของโครงการ งบประมาณเป็นสิ่งที่ระบุกรอบในการทำงาน ความคุ้มค่า โดยโครงการรถไฟชานเมืองสายสีแดงดำเนินการโดย ร.ฟ.ท. (การรถไฟแห่งประเทศไทย) และมีงบประมาณช่วยเหลือจากทางรัฐบาล โดยงบประมาณมีการแก้ไขปรับวงเงินถึง 6 ครั้ง เนื่องจากเป็นโครงการที่มีรถไฟทั้ง 3 ระบบ จึงจำเป็นจะต้องมีการปรับปรุงรายละเอียดต่าง ๆ เช่น เพิ่มศูนย์ซ่อมบำรุงรถไฟชานเมือง เพิ่มพื้นที่จอดรถ ระบบไฟฟ้าและเครื่องกล ปรับจำนวนทางเดินรถ ราคาก่อสร้าง โดยงบประมาณที่มีปรับแก้ไขครั้งที่ 6 รวมเป็นเงินทั้งสิ้นประมาณ 104,295 ล้านบาท ซึ่งต่างจากงบประมาณครั้งที่ 1 ประมาณ 2 เท่า

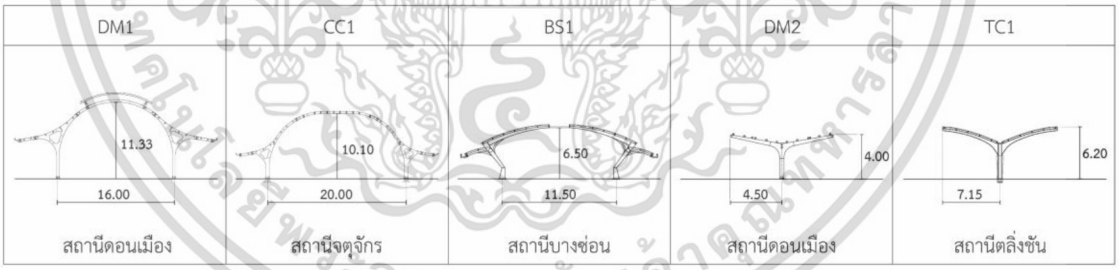
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.2 ขนาดและรูปทรงของโครงสร้างหลังคา

จากการเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ทั้ง 11 สถานีรายทาง ขนาดและความสูงของสถานีแตกต่างกันขึ้นอยู่กับบริบทโดยรอบ อาทิเช่น สภาพแวดล้อม อาคารโดยรอบ จำนวนผู้โดยสารที่ต้องรองรับ ประเภทของรถไฟที่รองรับในแต่ละสถานี จึงทำให้ขนาดและรูปแบบของสถานีแตกต่างกัน ประกอบไปด้วยสถานียกระดับ และสถานีระดับดิน โดยทั้งสองรูปแบบมีรูปทรงของหลังคาที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับความเหมาะสมในการใช้งาน จึงนำประเด็นที่พบมาทำการวิเคราะห์ด้านสถาปัตยกรรมได้ดังนี้



ภาพที่ 5.13 แสดงรูปแบบและความสูงของสถานีรถไฟ
ที่มา : ผู้วิจัย, 2566



ภาพที่ 5.14 แสดงรูปแบบโครงสร้างหลังคาและระยะ
ที่มา : ผู้วิจัย, 2566

1) บริบทสภาพแวดล้อม

- **สถานีดอนเมือง** เป็นสถานีที่ตั้งอยู่ตรงข้ามสนามบินดอนเมือง โดยมีระดับสูงสุดของหลังคาอยู่ที่ 39.95 ม. สถานีนี้มีขนาดใหญ่ที่สุด เพื่อรองรับผู้โดยสารที่ต้องการมาใช้รถไฟชานเมือง และยังรองรับผู้โดยสารที่ต้องการใช้รถไฟทางไกลด้วยเช่นกัน บริเวณที่ตั้งโดยรอบเป็นชุมชน อาคารขนาดใหญ่มีจำนวนน้อย และไม่มีสะพานหรือทางด่วนตัดผ่านบริเวณก่อสร้าง จึงสามารถทำอาคารสถานีขนาดใหญ่ได้ และในอนาคตจะมีการต่อขยาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของรถไฟความเร็วสูง เชื่อมต่อทั้งสามสนามบิน (สุวรรณภูมิ-ดอนเมือง-อู่ตะเภา) จึงจำเป็นต้องสร้างสถานีขนาดใหญ่ไว้เพื่อรองรับผู้โดยสารที่เข้ามาในอนาคตด้วยเช่นเดียวกัน

- **สถานีจตุจักร** เป็นสถานียกระดับ โดยมีระดับหลังคาสูงสุดที่ 31.65 ม. บริบทสภาพแวดล้อมโดยรอบคล้ายกับสถานีดอนเมือง คือเป็นพื้นที่ใกล้ชุมชน อาคารขนาดใหญ่ค่อนข้างน้อย และใกล้กับทางรถไฟ รฟท. ไม่มีสะพานหรือทางด่วนตัดผ่าน จึงสามารถทำสถานียกระดับได้ เป็นสถานีที่รองรับเฉพาะรถไฟชานเมือง จึงมีขนาดสถานีไม่ใหญ่เท่าสถานีดอนเมือง
- **สถานีบางซ่อน** เป็นสถานียกระดับ โดยมีระดับหลังคาสูงสุดที่ 17.65 ม. บริบทสภาพแวดล้อมอยู่ในเขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร เป็นบริเวณที่มีชุมชนหนาแน่น จึงไม่สามารถทำสถานีที่มีขนาดใหญ่เท่าสถานีจตุจักร และดอนเมืองได้ สถานีนี้มีสถานี MRT บางซ่อนเชื่อมต่อ มีจำนวนผู้โดยสารน้อยกว่าสถานีอื่น เนื่องจากเป็นสถานีที่รองรับแค่รถไฟชานเมือง
- **สถานีตลิ่งชัน** เป็นสถานีระดับดิน โดยมีระดับหลังคาสูงสุดที่ 8.60 ม. บริเวณโดยรอบมีชุมชน และทางด่วนตัดผ่าน เนื่องจากเป็นสถานีที่ก่อสร้างมาก่อนโครงการสถานีรถไฟสายสีแดงเข้ม และมาทำการซ่อมแซมต่อเติมให้สามารถรองรับรถไฟชานเมืองได้ภายหลังจึงมีความแตกต่างกับสถานีรถไฟสายสีแดงเข้มที่ทำการก่อสร้างภายหลัง

2) การใช้งานพื้นที่บริเวณที่มีหลังคาปกคลุม (ชั้นชานชาลา)

- **สถานีดอนเมือง** มีทั้งหมด 2 รูปแบบ ประกอบไปด้วย บริเวณชั้น 3 ชั้นชานชาลารถไฟทางไกล (DM2) และบริเวณชั้น 4 ชั้นชานชาลารถไฟชานเมือง (DM1) จะเห็นได้จากภาพที่ 5.14 ขนาดและรูปทรงของโครงสร้างแตกต่างกัน เนื่องจากการใช้งานพื้นที่รองรับรถไฟแตกต่างกัน มีการใช้โครงสร้างหลังคา 2 รูปแบบคือ โครงข้อแข็งเกร็ง (Portal Frame) และโครงเสารูปตัว T โครงข้อแข็งเกร็งมีช่วงพาดกว้าง 16 ม. ระยะยื่นชายคา 5.30 ม. เนื่องจากต้องรองรับชานชาลากลาง และเป็นรูปทรงที่เหมาะสมแก่การใช้งานต่อผู้โดยสาร โดยจะต้องปกคลุมทั้ง 4 ชานชาลานั้นเอง ต่อมาโครงเสารูปตัว T เป็นโครงสร้างสำหรับพื้นที่ที่ต้องการการปกคลุมน้อย โครงเสารูปตัว T จึงวางอยู่ชั้น 3 ซึ่งมีโครงสร้างพื้นชั้น 4 ปกคลุมอยู่ด้านบน โดยโครงสร้างรูปแบบนี้จะวางอยู่บริเวณกลางพื้นชานชาลา เพื่อให้ผู้โดยสารสามารถหลบแดด ฝน สภาพแวดล้อมภายนอกได้ ส่งผลให้สามารถตอบโจทย์การใช้งานถึงแม้จะมีระยะยื่นชายคาไม่มากนั้นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- **สถานีจตุจักร** จากภาพที่ 5.14 รูปแบบ CT1 จะเห็นได้ว่า ช่วงพาดกว้าง 20 ม. เป็นช่วงพาดเสาที่กว้างที่สุดจากทั้ง 4 สถานี ความสูงของหลังคา 10.10 ม. รองรับรถไฟชานเมืองเพียงประเภทเดียว ทำให้ต้องออกแบบรางรถไฟ 4 ราง ติดกัน และใช้ชานชาลาด้านข้าง เพื่อให้ผู้โดยสารไม่สับสนในการใช้งาน โดยให้ 2 รางตรงกลางเป็นรางสำหรับรถไฟทางไกล ไม่จอดเทียบชานชาลา และ 2 รางด้านนอกเป็นรถไฟชานเมืองจอดเทียบชานชาลานั้นเอง จากเหตุข้างต้นทำให้รูปทรงโครงสร้างหลังคามีช่วงพาดกว้างมากกว่าสถานีอื่นและเป็นไปตามรูปแบบ CT1 นั้นเอง
- **สถานีบางซ่อน** จากภาพที่ 5.14 รูปแบบ BS1 ช่วงพาดกว้าง 11.50 ม. กว้างน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับสถานีอื่น ๆ เนื่องจากรองรับจำนวนราง 2 ราง รองรับเฉพาะรถไฟชานเมือง ใช้รูปแบบชานชาลาด้านข้าง ส่งผลให้รูปทรงโครงสร้างหลังคามีขนาดเล็กกว่ารูปแบบอื่น ๆ
- **สถานีตลิ่งชัน** เป็นรูปแบบเดียวที่เป็นสถานีระดับดิน และมีทางเชื่อมใต้ดินในการสัญจรเชื่อมระหว่างพื้นที่ชานชาลาและพื้นที่จำหน่ายตั๋ว จากภาพที่ 5.14 จะเห็นว่าสถานีตลิ่งชันใช้โครงเสารูปตัว T วางกึ่งกลางชานชาลา เพื่อให้ชายคาสามารถปกคลุมผู้โดยสารได้ จะเห็นได้ว่าระยะยื่นชายคามีขนาดกว้างกว่า DM2 เนื่องจากพื้นที่บริเวณนี้เป็นพื้นที่โล่ง ต้องการการปกคลุมมาก เพื่อป้องกันสภาพแวดล้อมภายนอกให้แก่ผู้โดยสาร สถานีตลิ่งชันจะมีการออกแบบโครงสร้างหลังคาที่พิเศษกว่าสถานีอื่น ถึงแม้ว่าจะเป็นโครงเสารูป T ที่มีระยะปกคลุมน้อยกว่าโครงข้อแข็งเกร็งรูปแบบอื่น ๆ สถานีตลิ่งชันจึงนำโครงสร้างรูปตัว T วางกลับด้านชนกันให้เกิดพื้นที่การใช้งานคล้ายกับโครงข้อแข็งเกร็งนั้นเอง ทำให้สามารถตอบโจทย์การใช้งานของผู้โดยสารได้เช่นเดียวกัน

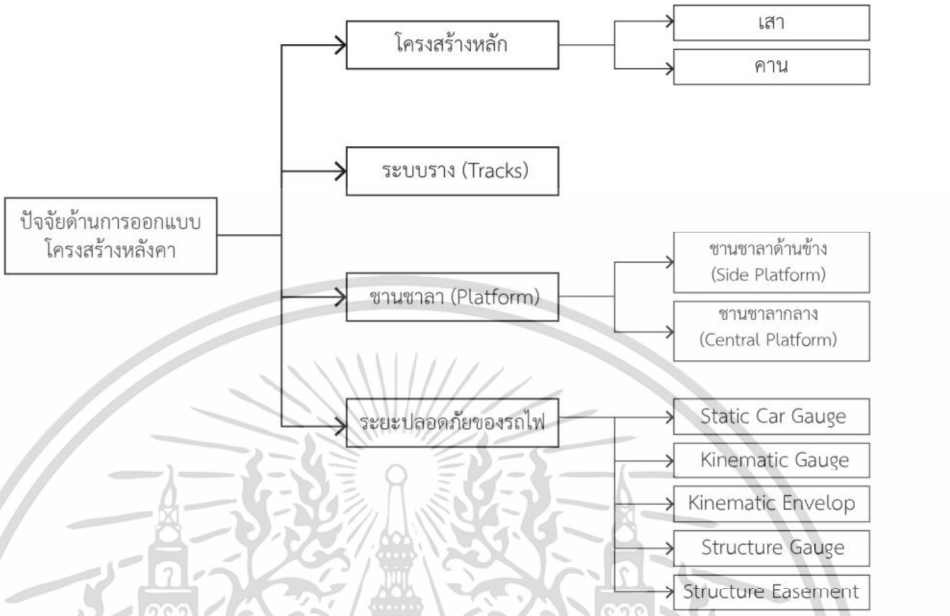
จากการวิเคราะห์ตำแหน่งที่ตั้ง บริบทพื้นที่โดยรอบ การใช้งาน และรูปแบบของโครงสร้าง ทำให้เข้าใจความเป็นมาของรูปทรง และขนาดของโครงสร้าง จะเห็นได้ว่าพื้นที่ตั้งสถานีต่างกัน บริบทบริเวณโดยรอบต่างกัน ส่งผลต่อรูปแบบและความสูงของสถานี ทำให้การใช้งานพื้นที่แตกต่างกัน เหตุดังกล่าวส่งผลให้ขนาดโครงสร้างหลังคา รูปแบบชานชาลา จำนวนราง เกิดการออกแบบต่างกันด้วยนั้นเอง

การวิเคราะห์ดังกล่าวเป็นการเปรียบเทียบสัดส่วน เพื่อให้เห็นถึงความแตกต่างของแต่ละสถานี ในแต่ละบริบท และการใช้งานที่แตกต่างกัน ส่งผลต่อการออกแบบรูปทรงโครงสร้างหลังคา นำมาสู่การวิเคราะห์ปัจจัยในการออกแบบโครงสร้างหลังคาในหัวข้อถัดไป เพื่อให้เข้าใจปัจจัยการออกแบบโครงสร้างหลังคาสถานีรถไฟโดยเฉพาะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.3 ปัจจัยด้านการออกแบบโครงสร้างหลังคาเหล็กรูปพรรณ

จากการสัมภาษณ์และสรุปประเด็นในบทที่ 4 สามารถสรุปปัจจัยการออกแบบโครงสร้างหลังคาเหล็กรูปพรรณ ได้ดังนี้



ภาพที่ 5.15 แสดงปัจจัยที่ส่งผลต่อการออกแบบโครงสร้างหลังคา

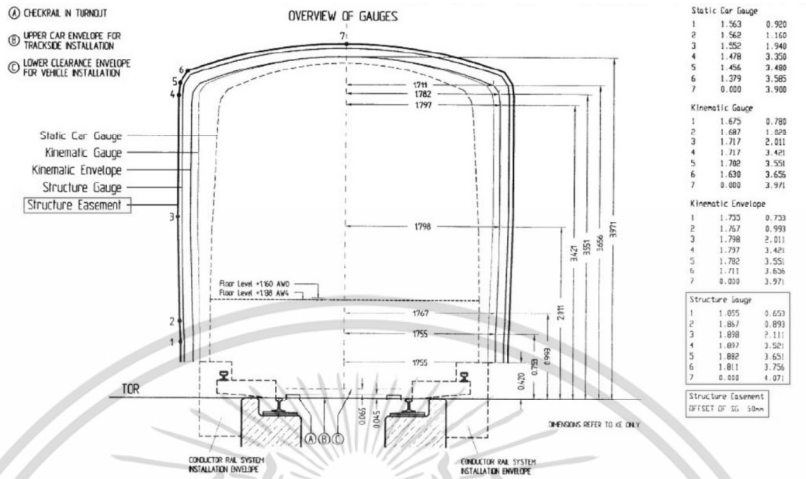
ที่มา : ผู้วิจัย, 2566

ปัจจัยการออกแบบโครงสร้างหลังคาเหล็กรูปพรรณ ประกอบไปด้วย โครงสร้างสถานี ระบบราง ชานชาลา และระยะปลอดภัยของรถไฟฟ้า (Rolling Stocks)

การออกแบบโครงสร้างหลังคา มีความแตกต่างกันไปในแต่ละสถานี เนื่องจากโครงการสถานีรถไฟชานเมืองสายสีแดง ประกอบไปด้วยสายสีแดงเข้ม และสายสีแดงอ่อน ซึ่งทั้ง 2 สายมีบริษัทผู้ออกแบบต่างกัน และปีที่ออกแบบต่างกัน ทำให้มีรูปแบบหลังคาหลากหลาย ซึ่งทั้ง 2 สาย มีทั้งสถานีระดับดิน และสถานียกระดับ ส่งผลให้โครงสร้างหลัก (Substructure) ซึ่งเป็นโครงสร้างรับน้ำหนักทางวิ่งและสถานี ประกอบไปด้วย เสาเข็ม ฐานราก เสา คานขวาง (Cross Beam) ออกแบบต่างกันขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของสถานีนั้น ๆ การจะออกแบบโครงสร้างหลักได้ ผู้ออกแบบจะต้องทราบเรื่องระบบรางและขนาดรางก่อน ส่งผลถึงรูปแบบชานชาลา เรื่องการจัดพื้นที่ให้ผู้โดยสารเดินทาง ขึ้น - ลง ในขณะเดียวกันการเลือกรูปแบบชานชาลามีผลกระทบต่อโครงสร้างหลักด้านล่าง เนื่องจากต้องคำนึงว่าต้องมีคาน มาเพิ่มเพื่อรับน้ำหนักพื้นชานชาลาด้านบนหรือไม่ เมื่อออกแบบโครงสร้างหลัก ระบบราง และรูปแบบชานชาลาลงตัว ก็จะต้องออกแบบโครงสร้างหลังคาให้อยู่ในระยะปลอดภัยของรถไฟ และต้องคำนึงถึงเรื่องการวางโครงสร้างหลังคาให้พอดีกับคาน เพื่อถ่ายน้ำหนักลงเสานั้นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ เอกสิทธิ์ กฤษณะสมิต สามารถสรุปได้ว่าระยะปลอดภัยของรถไฟ (Rolling stock) ประกอบไปด้วย



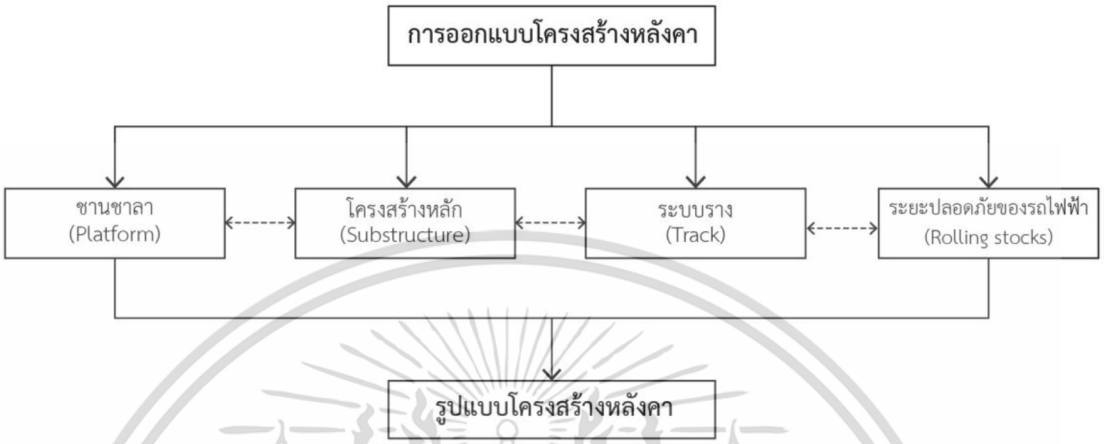
ภาพที่ 5.16 แสดงระยะปลอดภัยของรถไฟ (Rolling stock)

ที่มา : เอกสิทธิ์ กฤษณะสมิต, 2565

1) **Static Car Gauge** ระยะที่วัดขณะรถจอด
2) **Kinematic Gauge** ระยะขอบตัวรถ ขณะวิ่งระยะนี้ คือ ระยะการส่ายตัวของรถที่มากที่สุดขณะวิ่ง
3) **Kinematic Envelop** ระยะกรอบขอบนอก เป็นระยะเผื่อความปลอดภัย (Safety) ของ Kinematic Gauge ระยะนี้ใช้สำหรับคิดระยะห่างของโครงสร้างบางอย่างที่จำเป็นต้องอนุโลม ในกรณีที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ ต้องทำการใช้ระยะนี้แทน Structure Gauge
4) **Structure Gauge** ระยะขอบโครงสร้างอาคารต่าง ๆ ห้ามล้ำเส้นหรือเกินเข้ามาในระยะนี้ ค่านี้สำคัญที่สุดในการออกแบบ
5) **Structure Easement** เป็นระยะเผื่อจาก Structure Gauge เพิ่มขึ้นอีกประมาณ 5-10 ซม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการสรุปผลการวิเคราะห์การออกแบบโครงสร้างหลังคา จะต้องคำนึงถึงรูปแบบชานชาลา ระบบราง และระยะปลอดภัยของรถไฟเป็นสำคัญนั้นเอง ซึ่งองค์ประกอบทั้ง 4 ส่วนนี้เป็นองค์ประกอบสำคัญในการทำให้เกิดรูปแบบโครงสร้างหลังคา



ภาพที่ 5.17 แสดงปัจจัยที่ส่งผลต่อการออกแบบโครงสร้างหลังคา

ที่มา : ผู้วิจัย, 2566

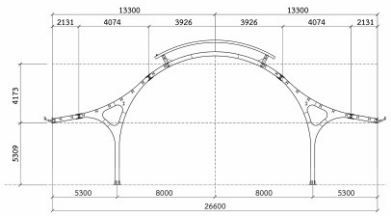
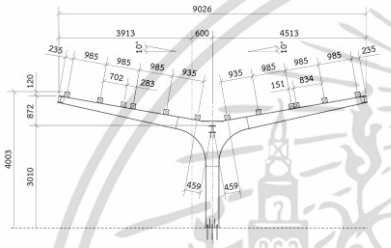
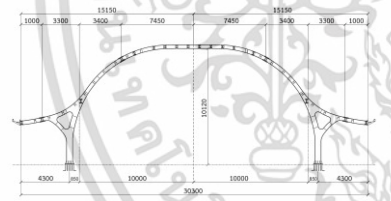
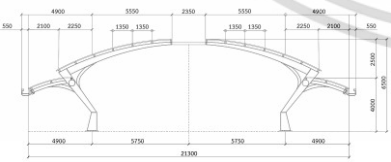
จะเห็นได้ว่าปัจจัยด้านการออกแบบที่ได้กล่าวมาเบื้องต้นนั้น มีผลกระทบซึ่งกันและกัน ดังนั้นในการออกแบบจะต้องคำนึงปัจจัยในเรื่องของสภาพแวดล้อม การแสดงลักษณะอาคาร ที่ส่งผลต่อรูปทรงอาคาร ต่อมาการใช้สอยมีผลกระทบโดยตรงต่อการใช้งานพื้นที่ การสัญจร วัสดุและวิธีการก่อสร้าง เลือกใช้ให้เหมาะสมในแต่ละพื้นที่ และสุดท้ายงบประมาณเป็นปัจจัยควบคุมการก่อสร้างทั้งหมด ซึ่งการออกแบบโครงสร้างหลังคาเหล็กรูปพรรณจะต้องคำนึงถึงรายละเอียดมากยิ่งขึ้น เนื่องจากชั้นชานชาลาที่มีโครงสร้างหลังคาติดตั้งอยู่ มีระบบไฟฟ้า ระบบจ่ายไฟเหนือราง ที่มีแรงดันไฟฟ้าถึง 25,000 V ดังนั้นจึงต้องคำนึงถึงระยะปลอดภัย (Rolling stock) เป็นสำคัญ และจะต้องดูรูปแบบชานชาลา ระบบราง เพื่อให้สามารถออกแบบตอบสนองต่อการใช้งานของผู้ใช้งานอาคารหรือผู้โดยสารมากที่สุด

5.2.4 วิเคราะห์ข้อดี ข้อเสียของรูปแบบโครงสร้างหลังคา

จากการวิเคราะห์รูปแบบโครงสร้างหลังคาสถานีรถไฟชานเมืองสายสีแดง แรงภายในโครงสร้างที่ส่งผลต่อรูปแบบโครงสร้างหลังคา และปัจจัยที่ส่งผลต่อการออกแบบโครงสร้างหลังคาเหล็กรูปพรรณข้างต้น จึงสามารถสรุปวิเคราะห์ข้อดี ข้อเสีย ของแต่ละรูปแบบได้ดังนี้

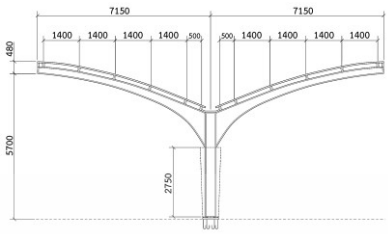
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.10 แสดงข้อดี ข้อเสียของรูปแบบโครงสร้างหลังคาสถานีรถไฟชานเมืองสายสีแดง

ลักษณะทางกายภาพ	ข้อดี	ข้อเสีย
รูปแบบที่ 1 	- ระบายอากาศได้ดี เนื่องจากมีการเจาะช่องระบายอากาศ - มีแสงสว่างเพียงพอ - มีการใช้ระบบโครงสร้างซ้ำกัน 3 สถานี - สามารถกันฝนได้ทั้งหมด	- รองรับจำนวนรางได้ค่อนข้างน้อย - มีผู้ใช้งานหนาแน่นที่สุด เพราะเป็นสถานีที่ติดต่อกับสนามบินดอนเมือง
รูปแบบที่ 2 	- ระบายอากาศได้ดี - มีแสงสว่างเพียงพอ - มีการใช้ระบบโครงสร้างซ้ำกันสำหรับชั้นชานชาลารถไฟทางไกล - ชิ้นส่วนขนาดเล็ก ติดตั้งได้รวดเร็ว - ใช้วัสดุน้อย	- ไม่สามารถกันฝนได้ 100% เนื่องจากไม่ใช่โครงสร้างพาดช่วงกว้าง - ระยะช่วงพาดสั้น ป้องกันแดดและฝนได้ไม่ทั่วถึง
รูปแบบที่ 3 	- สามารถรองรับจำนวนรางได้มาก พื้นที่การสัญจรมาก - ระบายอากาศได้ดี เนื่องจากมีการเจาะช่องระบายอากาศ - มีแสงสว่างเพียงพอ - มีการใช้ระบบโครงสร้างซ้ำกันมากที่สุด 6 สถานี	- ไม่สามารถกันฝนได้ เนื่องจากมีการเว้นช่องแสง - บริเวณรางสัมผัสน้ำฝนโดยตรง
รูปแบบที่ 4 	- ขนาดสถานีเหมาะสมกับจำนวนผู้ใช้งาน - ระบายอากาศได้ดี เนื่องจากมีการเจาะช่องระบายอากาศ - มีแสงสว่างเพียงพอ	- รองรับจำนวนผู้โดยสารได้น้อยกว่ารูปแบบที่ 1 และ 3 - ความสูงของโครงสร้างหลังคาต่ำกว่ารูปแบบอื่น - บางพื้นที่ไม่สามารถป้องกันน้ำฝนได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.10 (ต่อ)

ลักษณะทางกายภาพ	ข้อดี	ข้อเสีย
รูปแบบที่ 5 	- ระบายอากาศได้ดี - มีแสงสว่างเพียงพอ - ชิ้นส่วนขนาดเล็ก ติดตั้งได้รวดเร็ว - เนื่องจากเป็นสถานีระดับดิน จึงมีพื้นที่ค่อนข้างมาก - ใช้วัสดุน้อย	- ไม่สามารถกันฝนได้ 100% เนื่องจากไม่ใช่โครงสร้างพาดช่วงกว้าง - ระยะช่วงพาดสั้น ป้องกันแดดและฝนได้ไม่ทั่วถึง

การออกแบบโครงสร้างหลังคาสถานีรถไฟชานเมืองสายสีแดง เป็นการออกแบบให้เหมาะสมกับพื้นที่การใช้งานชั้นชานชาลา เนื่องจากชั้นชานชาลาเป็นพื้นที่กำหนดให้รู้ว่าสัดส่วนครอบคลุมของหลังคา จะเห็นได้ว่ารูปแบบโครงสร้างหลังคามีข้อดี ข้อเสียแตกต่างกัน มีความเหมาะสมในการเลือกใช้แตกต่างกัน ซึ่งต้องอาศัยความรู้ในเรื่องของพฤติกรรมแรงภายในโครงสร้างในการออกแบบร่วมด้วย เพื่อให้ได้รูปแบบที่เหมาะสมต่อการใช้งาน และที่สำคัญมีความปลอดภัยต่อการใช้งานอีกด้วย

ลักษณะโครงสร้างหลังคาของสถานีรถไฟชานเมืองสายสีแดง เน้นความโปร่งโล่ง เพื่อให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมประเทศไทย โครงการสถานีรถไฟสายสีแดงอ่อนได้ทำการก่อสร้างก่อนสายสีแดงเข้ม จึงมีลักษณะรูปแบบโครงสร้างแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด สถานีมีขนาดเล็กกว่าเนื่องจากผู้โดยสารน้อยกว่า และปัจจุบันมีแค่ 3 สถานีเท่านั้น ซึ่งมีสถานที่ตั้งมาก่อนแล้ว และมาปรับปรุงภายหลัง ในส่วนนี้จะไม่เหมือนกับสายสีแดงเข้ม เนื่องจากสายสีแดงเข้มเป็นโครงการที่ไม่เคยเกิดขึ้น เป็นสถานีที่มีจุดประสงค์ในการรวมระหว่างรถไฟทางไกล (รถไฟหัวดีเซลดั้งเดิม) และรถไฟชานเมือง (รถไฟฟ้า) จึงมีการคำนึงถึงการใช้งาน และที่ตั้งโครงการเป็นส่วนใหญ่ เพื่อให้ตอบโจทย์ด้านการใช้งานของผู้โดยสาร รวมถึงเรื่องการเดินรถไฟด้วยนั้นเอง รูปแบบโครงสร้างจะเห็นความแตกต่างระหว่างสายสีแดงอ่อนและสายสีแดงเข้ม ซึ่งสายสีแดงเข้มจะมีลักษณะโครงสร้าง การออกแบบที่คล้ายคลึงกันทั้ง 9 สถานี

จากการศึกษารูปแบบโครงสร้างหลังคาทั้ง 5 รูปแบบ จะเห็นได้ว่าโครงสร้างหลังคามีข้อดีข้อเสียใกล้เคียงกัน ซึ่งไม่สามารถบอกประสิทธิภาพด้านการใช้งานได้จากจำนวนการใช้ซ้ำของรูปแบบโครงสร้าง เนื่องจากมีปัจจัยด้านอื่นพิจารณาร่วมด้วย ประกอบไปด้วย ระบบราง รูปแบบชานชาลา ระยะปลอดภัยของโครงสร้างหลังคาที่เหมาะสมแก่การใช้งานของผู้โดยสาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
สรุปและข้อเสนอแนะ

หลังคา เป็นหนึ่งในโครงสร้างหลักของงานก่อสร้าง โดยจะทำหน้าที่ปกป้องอาคารจากสภาพแวดล้อมภายนอก ถือว่าเป็นส่วนประกอบหลักที่เพิ่มรูปลักษณ์ อารมณ์ให้กับตัวอาคาร โครงสร้างหลังคาสถานีรถไฟฟ้า เป็นการใช้โครงสร้างพาดช่วงกว้าง เหมาะกับอาคารที่ต้องการพื้นที่การใช้งานขนาดใหญ่ ต้องการพื้นที่โล่งในการสัญจรมาก ในงานโครงสร้างหลังคาสถานีรถไฟฟ้ามักเลือกใช้เหล็กรูปพรรณเป็นโครงสร้างหลัก เนื่องจากสามารถขึ้นรูป เพื่อนำมาประกอบหน้างานได้ มีความทนทาน และยืดหยุ่นซึ่งเหมาะกับอาคารสถานีรถไฟ เพราะมีแรงสั่นสะเทือนจากรถไฟที่ส่งผลต่อโครงสร้างหลังคา

เมื่อพิจารณารูปทรงโครงสร้างที่เกิดขึ้นทั้ง 5 รูปแบบร่วมกับแรงภายในโครงสร้าง จะเห็นได้ว่ารูปทรงที่เกิดขึ้นจะต้องสามารถต้านทานแรงภายในโครงสร้างได้ และขนาดโครงสร้างต้องเหมาะสมกับแรงภายในโครงสร้าง หรือขนาดโครงสร้างเหล็กรูปพรรณน้อย แต่สามารถต้านทานแรงภายในโครงสร้างได้ เพื่อไม่ให้เป็นภาระต่อโครงสร้างเสา คาน (Box Girder) ด้านล่าง รูปทรงที่เกิดขึ้นจึงเป็นผลมาจากแรงภายในโครงสร้าง ส่วนสำคัญที่ทำให้แรงภายในโครงสร้างแตกต่างกันนั้นก็คือฐานรองรับ เนื่องจากในโครงการสถานีรถไฟชานเมืองสายสีแดงมีการใช้ฐานรองรับรูปแบบเดียว เป็นฐานรองรับแบบยึดแน่น (Fixed) จึงได้นำมาเปรียบเทียบกับฐานรองรับแบบยึดหมุน (Hinge) ซึ่งแต่ละรูปแบบส่งผลต่อพฤติกรรมทางโครงสร้างแตกต่างกัน ในแต่ละโครงสร้างจึงมีขนาดโครงสร้าง และขนาดพาดช่วงกว้าง แตกต่างกัน จึงสามารถสรุปได้ว่าฐานรองรับ ขนาดโครงสร้าง และขนากพาดช่วงกว้างส่งผลต่อรูปทรงโครงสร้างหลังคา

มีกระบวนการศึกษา 3 ส่วน ดังนี้ ส่วนที่ 1 การศึกษาข้อมูลจากเอกสารทางวิชาการเพื่อให้เข้าใจทฤษฎีด้านโครงสร้าง และประเด็นในแง่มุมด้านการออกแบบโครงสร้าง ส่วนที่ 2 การเก็บข้อมูลโดยทำการลงพื้นที่เก็บข้อมูลจากสถานที่จริง เพื่อให้ทราบลักษณะทางกายภาพของอาคารกรณีศึกษา ส่วนที่ 3 วิเคราะห์ด้านโครงสร้าง และแนวคิดทางการออกแบบ โดยทำการสรุปผล 2 เรื่อง ได้แก่ เรื่องที่ 1 การออกแบบทางสถาปัตยกรรม และเรื่องที่ 2 โครงสร้าง ประกอบไปด้วยการจำแนกรูปทรงโครงสร้าง ทดสอบแรงที่เกิดขึ้นภายในโครงสร้างด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method) ผ่านโปรแกรม SAP2000 นำไปสู่การสรุปผล วิเคราะห์ปัจจัยด้านการออกแบบโครงสร้างหลังคาเหล็กรูปพรรณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

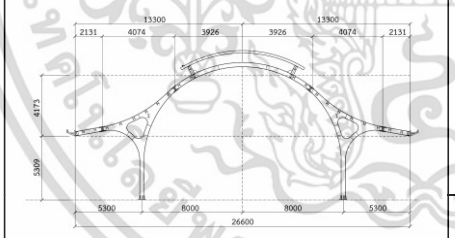
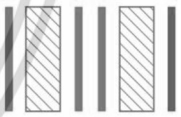
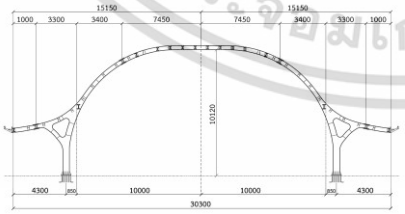
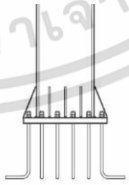
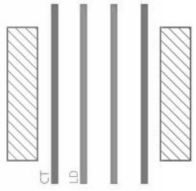
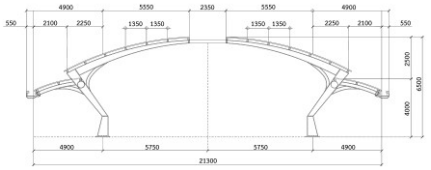
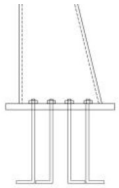
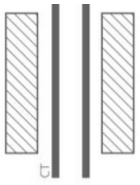
6.1 ข้อค้นพบที่สำคัญ

จากการศึกษา วิเคราะห์ สามารถแบ่งข้อค้นพบที่สำคัญเป็น 2 ประเด็นหลัก ได้แก่ประเด็นทางด้านโครงสร้าง จำแนกเป็นรูปแบบโครงสร้างหลังคาทั้ง 5 รูปแบบ สรุปด้านกายภาพโครงสร้างและแรงภายในโครงสร้าง ต่อมาประเด็นทางด้านสถาปัตยกรรม ด้านการออกแบบโครงสร้างหลังคาเหล็กรูปพรรณ ซึ่งสามารถสรุปเป็นตารางรูปแบบการใช้งาน รูปทรง ที่ส่งผลต่อปัจจัยการออกแบบโครงสร้างหลังคาเหล็กรูปพรรณ

6.1.1 รูปแบบโครงสร้างหลังคาเหล็กรูปพรรณ

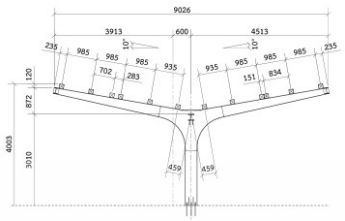
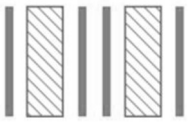
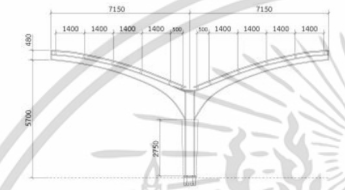
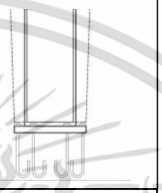
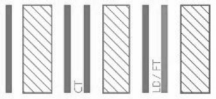
รูปแบบโครงสร้างหลังคาประกอบไปด้วย สายสีแดงเข้ม 3 รูปแบบ และสายสีแดงอ่อน 2 รูปแบบ ประกอบไปด้วยโครงข้อแข็ง (Portal Frame) 3 รูปแบบ และโครงเสารูปตัว T 2 รูปแบบ มีความแตกต่างทั้งขนาดของเหล็กรูปพรรณที่เลือกใช้ รวมถึงรูปแบบชานชาลา เนื่องจากแต่ละรูปแบบมีระยะช่วงพาดกว้าง และขนาดโครงสร้างที่แตกต่างกัน ส่งผลให้สามารถรองรับจำนวนรางได้ไม่เท่ากัน

ตารางที่ 6.1 รูปแบบโครงข้อแข็ง (Portal Frame)

	รูปแบบโครงสร้าง	ฐานรองรับ	ช่วงพาด กว้าง / ระยะยื่น	รูปแบบราง
DM1		ยึดแน่น (Fixed)	16 ม. / 5.30 ม.	 centre platform
CC1		 ยึดแน่น (Fixed)	20 ม. / 4.30 ม.	 side platform
BS1		 ยึดแน่น (Fixed)	11.50 ม. / 4.90 ม.	 side platform

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6.2 รูปแบบโครงเสารูปตัว T

รูปแบบโครงสร้าง		ฐานรองรับ	ระยะยื่น	รูปแบบราง
DM2			4.51 ม.	
		ยึดแน่น (Fixed)		centre platform
TC1			7.15 ม.	
		ยึดแน่น (Fixed)		side platform centre platform

จากการจำแนกรูปแบบโครงสร้าง ฐานรองรับ ขนาดโครงสร้างหลัก และระยะช่วงพาด สามารถสรุปลักษณะทางกายภาพของโครงสร้างแต่ละรูปแบบได้ดังนี้

6.1.1.1 ประเภท และรูปทรงโครงสร้าง

จากตารางที่ 6.1 เป็นโครงสร้างรูปแบบโครงข้อแข็งเกร็ง (Portal Frame) ในแต่ละรูปแบบจะมีขนาดโครงสร้าง และระยะช่วงพาดแตกต่างกัน ส่งผลให้แรงภายในโครงสร้างไม่เท่ากัน และเหตุผลที่สำคัญอีกประการหนึ่งคือรองรับจำนวนรางไม่เท่ากัน รูปแบบที่ 1 (DM1) มีระยะยื่นชายคามากที่สุด เนื่องจากโครงสร้างใช้ร่วมกับชานชาลากลาง รูปแบบที่ 2 (CC1) มีระยะช่วงพาดมากที่สุด ส่งผลให้ขนาดโครงสร้างใหญ่ที่สุด ใช้ร่วมกับชานชาลาด้านข้าง รูปแบบที่ 3 (BS1) ระยะช่วงพาดน้อย เนื่องจากรองรับจำนวนรางน้อย ใช้ร่วมกับชานชาลาด้านข้าง จะเห็นได้ว่ารูปแบบทั้ง 3 รูปแบบ หลังคาใช้รูปทรง โค้ง Arch เนื่องจากเกิดแรงต้านภายในโครงสร้างต่ำ ส่งผลดีต่อเรื่องความทนทาน แข็งแรง

ตารางที่ 6.2 เป็นโครงสร้างเสารูปตัว T รูปแบบที่ 4 (DM2) และรูปแบบที่ 5 (TC1) ในการใช้งานจริง จะนำโครงเสารูปตัว T วางขนาบข้าง (Mirror) เพื่อให้เกิดพื้นที่การใช้งานคล้ายกับโครงข้อแข็งเกร็ง เกิดเป็นโค้ง Arch ที่ต่อกันนั้นเอง โครงสร้างรูปแบบนี้จึงมีระยะยื่นค่อนข้างมาก เพื่อให้สามารถปกคลุมชานชาลาได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.1.1.2 ฐานรองรับ

จากการศึกษาพบว่าโครงสร้างหลังคาเหล็กรูปพรรณทั้ง 5 รูปแบบ DM1, CC1, TC1, DM2 และ TC1 ใช้ฐานรองรับรูปแบบเดียวคือ ฐานรองรับแบบยึดแน่น (Fixed)

6.1.1.3 ขนาดโครงสร้าง และช่วงพาดกว้าง

จากการศึกษาพบว่า โครงสร้างหลังคาเหล็กรูปพรรณทั้ง 5 รูปแบบ ช่วงพาดกว้างของโครงสร้าง แปรผันตรงกับขนาดโครงสร้าง นั้นคือ ยิ่งมีระยะช่วงพาดมาก ขนาดโครงสร้างจะยิ่งเพิ่มขึ้น

6.1.2 รูปแบบ และแรงภายในโครงสร้างหลังคา

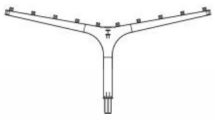
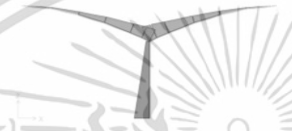
จากการทดสอบในบทที่ 5 สามารถสรุปได้ว่าแรงต้านทานภายในโครงสร้างส่งผลต่อรูปแบบที่เกิดขึ้น จุดต่อบริเวณฐานรองรับส่งผลต่อแรงต้านทางภายในโครงสร้างอย่างชัดเจน สามารถเปรียบเทียบแรงต้านทานภายในโครงสร้าง ยกตัวอย่างโมเมนต์ดัด (Moment) ดังนี้

ตารางที่ 6.3 แสดงการเปรียบเทียบผลทดสอบโมเมนต์แรงดัด (Moment)

รูปแบบโครงข้อแข็ง (Portal Frame)	โมเมนต์แรงดัด (Moment)		บริเวณที่ส่งผล		
	แบบยึดแน่น (Fixed)	แบบยึดหมุน (Hinge)	เสา	คาน	
				ท้องคาน	ไหล่
DM1			✓	✓	✓
CC1			✓	✓	✓
BS1			✓	✓	✓

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6.3 (ต่อ) แสดงการเปรียบเทียบผลทดสอบโมเมนต์แรงดัด (Moment)

รูปแบบ โครงเสารูปตัว T	โมเมนต์แรงดัด (Moment)		บริเวณที่ส่งผล	
	แบบยึดแน่น (Fixed)	แบบยึดหมุน (Hinge)	เสา	แขนยื่นรับโครงหลังคา
 DM2			✓	✓
TC1			✓	✓

จากการวิเคราะห์รูปทรงโครงสร้าง ฐานรองรับ ขนาดโครงสร้าง ระยะพาดช่วงกว้าง ในตารางที่ 6.3 และแรงภายในโครงสร้างที่เกิดขึ้น เมื่อทำการเปรียบเทียบฐานรองรับ และสามารถสรุปเป็นประเด็นได้ดังนี้

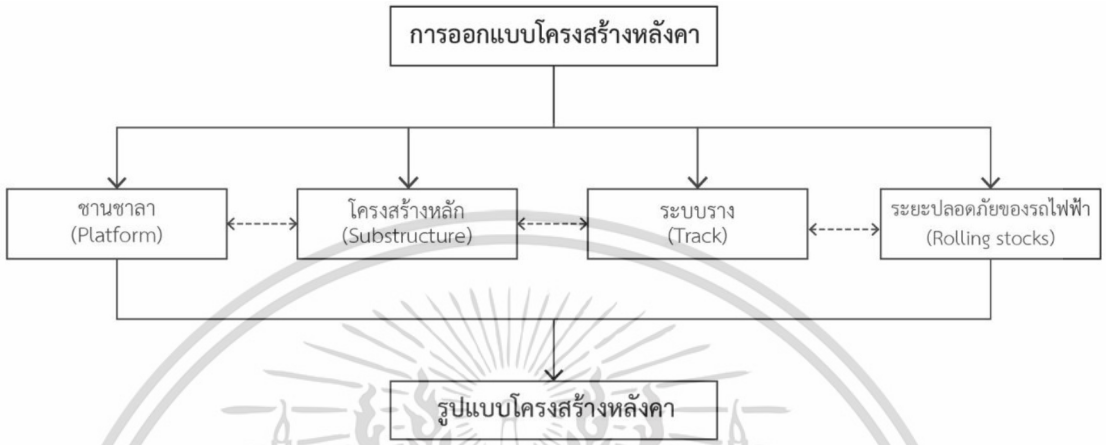
1. ฐานรองรับ รูปแบบโครงสร้างทั้ง 5 รูปแบบ เหมะสมกับการใช้ฐานรองรับแบบยึดแน่น (Fixed) เนื่องจาก จะเห็นได้ว่าบริเวณฐานรองรับด้านล่างเกิดโมเมนต์ดัดมากส่งผลให้เกิดโมเมนต์ดัดกระจายทั่วทั้งองค์อาคาร ทำให้องค์อาคารบริเวณอื่นมีขนาดเล็ก แสดงว่าฐานรองรับแบบยึดแน่น (Fixed) ส่งผลให้ใช้ขนาดเหล็กรูปพรรณเล็กลง ประหยัดโครงสร้างมากขึ้น
2. แรงภายในโครงสร้าง ส่งผลให้เกิดรูปแบบโครงสร้างหลังคารูปทรงแตกต่างกัน ผลของแรงภายในโครงสร้างแตกต่างกัน เนื่องจากจุดต่อฐานรองรับ ขนาดโครงสร้าง และช่วงพาดแตกต่างกัน

สรุปได้ว่า ฐานรองรับ ช่วงพาดกว้าง และขนาดโครงสร้าง ส่งผลต่อรูปแบบโครงสร้างหลังคาเปลี่ยนไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.1.3 ปัจจัยที่ส่งผลต่อการออกแบบโครงสร้างหลังคาเหล็กรูปพรรณ

ปัจจัยการออกแบบโครงสร้างสถานีรถไฟฟ้าประกอบไปด้วยสภาพแวดล้อม และการแสดงลักษณะส่งผลต่อรูปทรงแตกต่างกัน พื้นที่ใช้สอย วัสดุที่ใช้ในการก่อสร้าง และงบประมาณการก่อสร้าง แต่เมื่อพิจารณาเฉพาะโครงสร้างหลังคาเหล็กรูปพรรณ สามารถสรุปได้ดังนี้



ภาพที่ 6.1 แสดงปัจจัยที่ส่งผลต่อการออกแบบโครงสร้างหลังคา

ที่มา : ผู้วิจัย, 2566

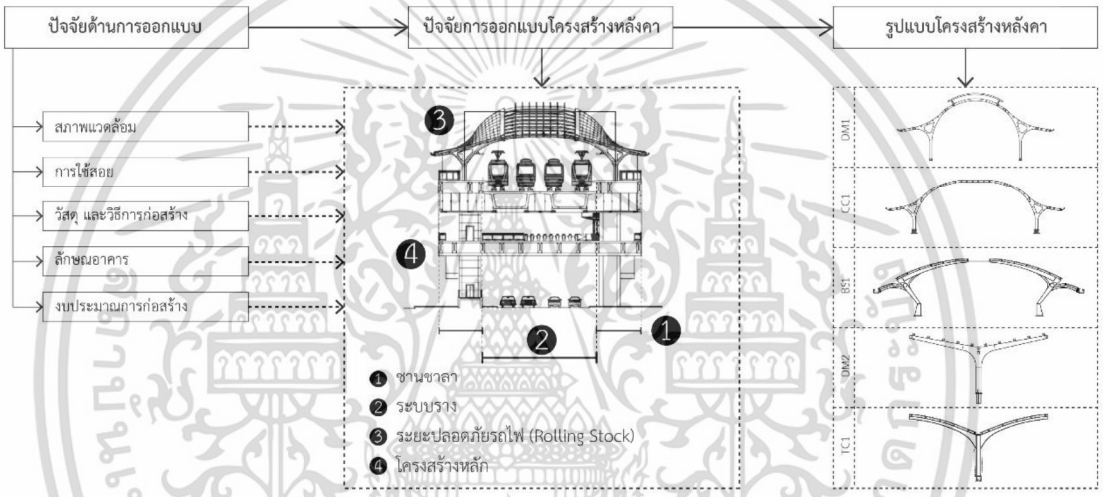
ปัจจัยด้านการออกแบบโครงสร้างหลังคาเหล็กรูปพรรณ สถานีรถไฟชานเมืองสายสีแดง ประกอบไปด้วย ชานชาลา ระบบราง และระยะปลอดภัยของรถไฟ (Rolling Stock) สามารถสรุปเป็นประเด็นได้ดังนี้

1. โครงสร้างหลัก หรือโครงสร้างส่วนล่าง (Substructure) ตำแหน่งเสาต้องสอดคล้องกับช่วงคานรองรับโครงสร้างทางวิ่งของรถไฟ โครงสร้างเสาที่ใช้ในโครงการมีทั้งแบบเสาเดี่ยวที่สามารถวางบริเวณเกาะกลางถนนได้ และแบบเสาคู่ (Portal frame) กรณีที่ไม่สามารถวางเสาที่เกาะกลางถนน ซึ่งการเลือกใช้เสาส่งผลต่อคานรองรับทางวิ่งรถไฟ (ราง) จำนวนรางส่งผลต่อการเลือกใช้รูปแบบชานชาลา และรูปแบบโครงสร้างหลังคา จะเห็นได้ว่าแต่ละส่วนล้วนส่งผลกระทบต่อกันและกัน
2. ชานชาลา ของสถานีรถไฟชานเมืองสายสีแดง ประกอบไปด้วยชานชาลากลาง (Centre Platform) รองรับแนวรางด้านข้างทั้ง 2 ข้าง และชานชาลาข้าง (Side Flatform) รองรับแนวรางกลาง รูปแบบของชานชาลาส่งผลโดยตรงต่อระยะพาดช่วงกว้างของหลังคา
3. ระบบราง จำนวนรางที่รองรับในแต่ละสถานีส่งผลต่อขนาดช่วงพาดกว้าง ระบบรางของแต่ละสถานี เป็นตัวบ่งชี้การใช้งานของแต่ละสถานีอีกด้วย เนื่องจากสถานีรถไฟชาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมืองมีการรองรับรถไฟถึง 3 ระบบ (รถไฟชานเมือง, รถไฟทางไกล และรถไฟขนส่งสินค้า) จำนวนรางที่รองรับของสถานีจึงไม่เท่ากัน แต่ละสถานีรองรับผู้โดยสารต่างกัน เช่น สถานีดอนเมือง รองรับทั้งผู้โดยสารรถไฟทางไกล และชานเมือง จำนวนรางที่รองรับมีมากกว่าสถานีอื่น ๆ

4. ระยะปลอดภัยของรถไฟฟ้า (Rolling Stock) เป็นตัวกำหนดระยะปลอดภัยของโครงสร้างหลังคา เพื่อให้เกิดความปลอดภัยสูงสุดต่อรถไฟฟ้า และงานระบบไฟฟ้าแรงสูงต่าง ๆ ส่งผลให้เห็นขอบเขตของแนวโครงสร้างหลังคา ขนาดโครงสร้าง เป็นปัจจัยหลักในการออกแบบโครงสร้างหลังคาสถานีรถไฟฟ้า



ภาพที่ 6.2 แสดงปัจจัยที่ส่งผลต่อการออกแบบโครงสร้างหลังคา

ที่มา : ผู้วิจัย, 2566

โดยภาพรวมงานวิจัยครั้งนี้ สามารถสรุปได้ว่าปัจจัยในการออกแบบทางสถาปัตยกรรมมีหลากหลาย แต่ปัจจัยที่ส่งผลต่อการออกแบบโครงสร้างหลังคาเหล็กรูปพรรณของอาคารสถานีรถไฟชานเมืองสายสีแดง ประกอบไปด้วย 4 ปัจจัยหลัก โครงสร้างหลัก ชานชาลา ระบบราง และระยะปลอดภัยของรถไฟ (Rolling Stock)

6.2 ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษารูปแบบโครงสร้างหลังคาสถานีรถไฟฟ้าสายสีแดง (ตลิ่งชัน-บางซื่อ-รังสิต) มีข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป ดังนี้

1. จากการสำรวจพบว่า มีส่วนต่อขยายไปในอีกหลายเส้นทาง จึงควรศึกษาโครงสร้างสถานีอื่น ๆ ร่วมด้วย เพื่อจะได้เห็นความหลากหลายของรูปทรงและแรงที่เกิดภายในโครงสร้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ควรศึกษาองค์ประกอบโครงสร้างอื่น ๆ ร่วมด้วย เช่น เสา คาน ผนัง และวิธีการก่อสร้าง
3. ควรศึกษาแนวความคิดทางการออกแบบ ในเรื่องของแสงแดด, การระบายอากาศ และการป้องกันฝนเพื่อพิจารณาความเหมาะสมในการออกแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

Ambrose, James. 1988. **Building Structure.** New York : John Willey.

Ching, Francis D.K. 2008. **Building Construction Illustrated**. 4^{th} ed. New Jersey : John Wiley and Sons, INC.

Council on Tall Buildings and Urban Habitat. 1993. **Semi-Rigid Connections in steel frames**. Pennsylvania : McGraw-Hill.

Kassimali, Aslam. 2011. **Structural analysis.** Australia : Cengage Learning.

Lauer, Kenneth R. 1981. **Structural Engineering for Architects**. New York : Mc-Graw-Hill.

Mario Salvadori. 1990. **Why buildings stand up: the strength of architecture**. New York : W.W. Norton.

Metalocus. 2016. **Aeg Turbine Factory: Milestone Of The Industrialization By Peter Behrens.** https://www.metalocus.es/en/news/aeg-turbine-factory-milestone-industrialization-peter-behrens

NOA. 2017. **A brutalism pioneer.** https://www.n-o-a.net/en/a-brutalism-pioneer/

Rugarli, Paolo. 2010. **Structural analysis with finite elements.** London : Thomas Telford.

เฉลิม สุจริต. 2516. **วัสดุและการก่อสร้างสถาปัตยกรรม**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: ไทยวัฒนาพานิช.

กออิศรา ประชาอาทร. 2555**. จุดต่อโครงสร้างหลังคาเหล็กรูปพรรณช่วงพาดกว้าง : กรณีศึกษาสถานีรถไฟฟ้าเชื่อมท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ**. ปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต, สาขาวิชาเทคโนโลยีสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

จรัญพัฒน์ ภูวนันท์. 2542. **การก่อสร้างด้วยเหล็ก**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: อี.ที.พับลัชชิ่ง.

จรัญพัฒน์ ภูวนันท์. 2545. **อุตสาหกรรมเหล็กกับการก่อสร้างบ้านในอนาคต**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยศิลปากร.

ชลธี อิ่มอุดม. 2556. **ระบบโครงสร้างทางสถาปัตยกรรม**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ชวลิต นิตยะ. 2544. **โครงสร้างในงานสถาปัตยกรรม.** พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม (ต่อ)

ณัฐ ดวงรัตนประทีป, พิมพ์เดือน รังสิยากูล, ชาย รังสิยากูล และกุลภพ สุทธิอาจ. 2561. **ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ และการประยุกต์ใช้ในทางทันตกรรมรากเทียม**. บทความปริทัศน์ มช, 33-34.

ทักษิน เทพชาตรี และอัครวัชร เล่นวารี. 2553. **พฤติกรรมและการออกแบบโครงสร้างเหล็ก.** พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: แอคทีฟ พริ้นท์.

นระ คมนาคม. 2547. **เทคโนโลยีการขนส่งสาธารณะในเมือง ระบบขนส่งสาธารณะใน กทม.** พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: เซเว่น พริ้นติ้ง กรุ๊ป.

นวลน้อย บุญวงษ์. 2539. **หลักการออกแบบ**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

นันท์นภัส เพชรคงทอง. 2554. **การเปรียบเทียบปัจจัยที่ส่งผลต่อการออกแบบอาคารโครงสร้างเหล็กรูปพรรณ : กรณีศึกา สถานีรถไฟฟ้า BTS และสถานีรถไฟเชื่อมท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ**. ปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต, สาขาวิชาเทคโนโลยีสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ผุสดี ทิพทัส. 2536. **เกณฑ์ในการออกแบบสถาปัตยกรรม**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พีรพงศ์ เหลืองพานิช. 2557. **การเปรียบเทียบจุดต่อบริเวณฐานที่ส่งผลต่อรูปทรงของโครงสร้างหลังคาเหล็กรูปพรรณ : กรณีศึกษาสถานีรถไฟฟ้า BTS และสถานีรถไฟเชื่อมท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ**. ปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต, สาขาวิชาเทคโนโลยีสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

รจน์ ลับไพลี. 2557. **รูปแบบอาคารโรงเก็บเครื่องบินกองทัพอากาศไทย**. ปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต, สาขาวิชาเทคโนโลยีสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

วิมลสิทธิ์ หรยางกูร, บุษกร เสรฐวรกิจ และศิวาพร กลิ่นมาลัย. 2554. **จิตวิทยาสภาพแวดล้อม มูลฐานการสร้างสรรค์และจัดการสภาพแวดล้อมน่าอยู่อาศัย**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: จี.บี.พี เซ็นเตอร์.

ศรีศักดิ์ พัฒนวศิน และพีรดร แก้วลาย. 2560. **อ่านสถาปัตยกรรม**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: จี.บี.พี เซ็นเตอร์.

สุจริต คูณธนกุลวงศ์ และทักษิน เทพชาตรี. 2530. **การก่อสร้างโครงสร้างเหล็ก.** พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

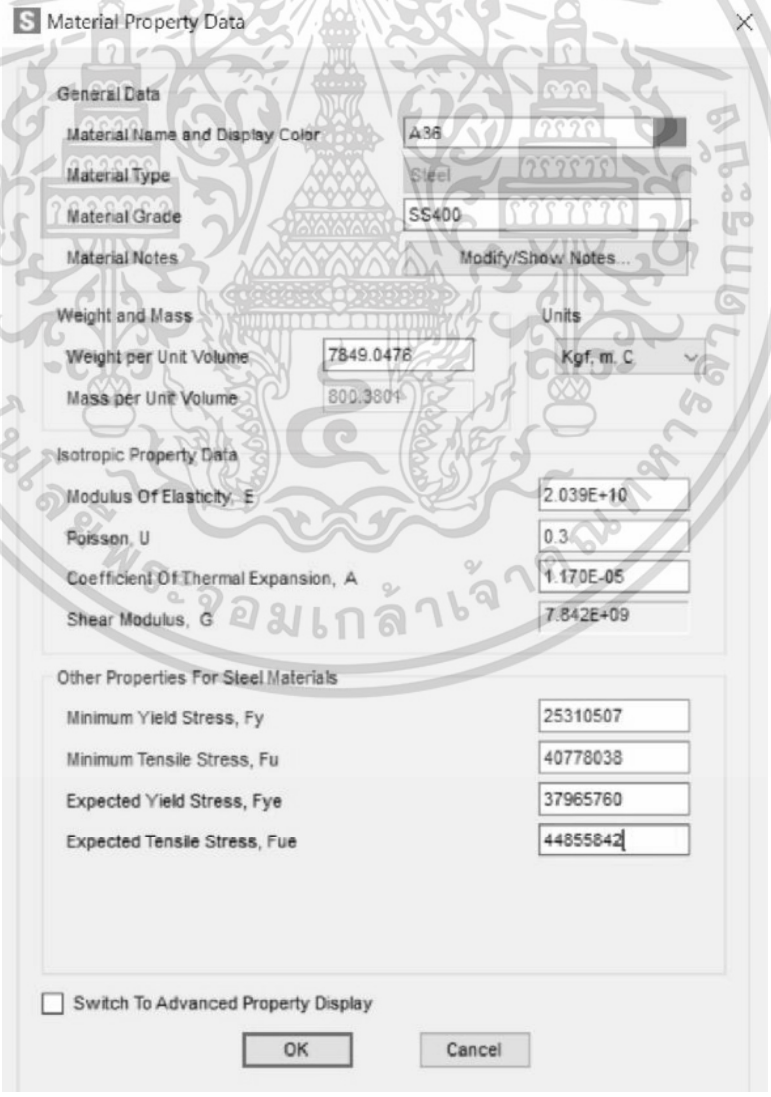
การจำลองโครงสร้างด้วยโปรแกรม SAP2000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง แสดงชั้นคุณภาพ ความต้านแรงดึงที่จุดคราก ความต้านแรงดึงและความยืด และความต้านการกระแทก

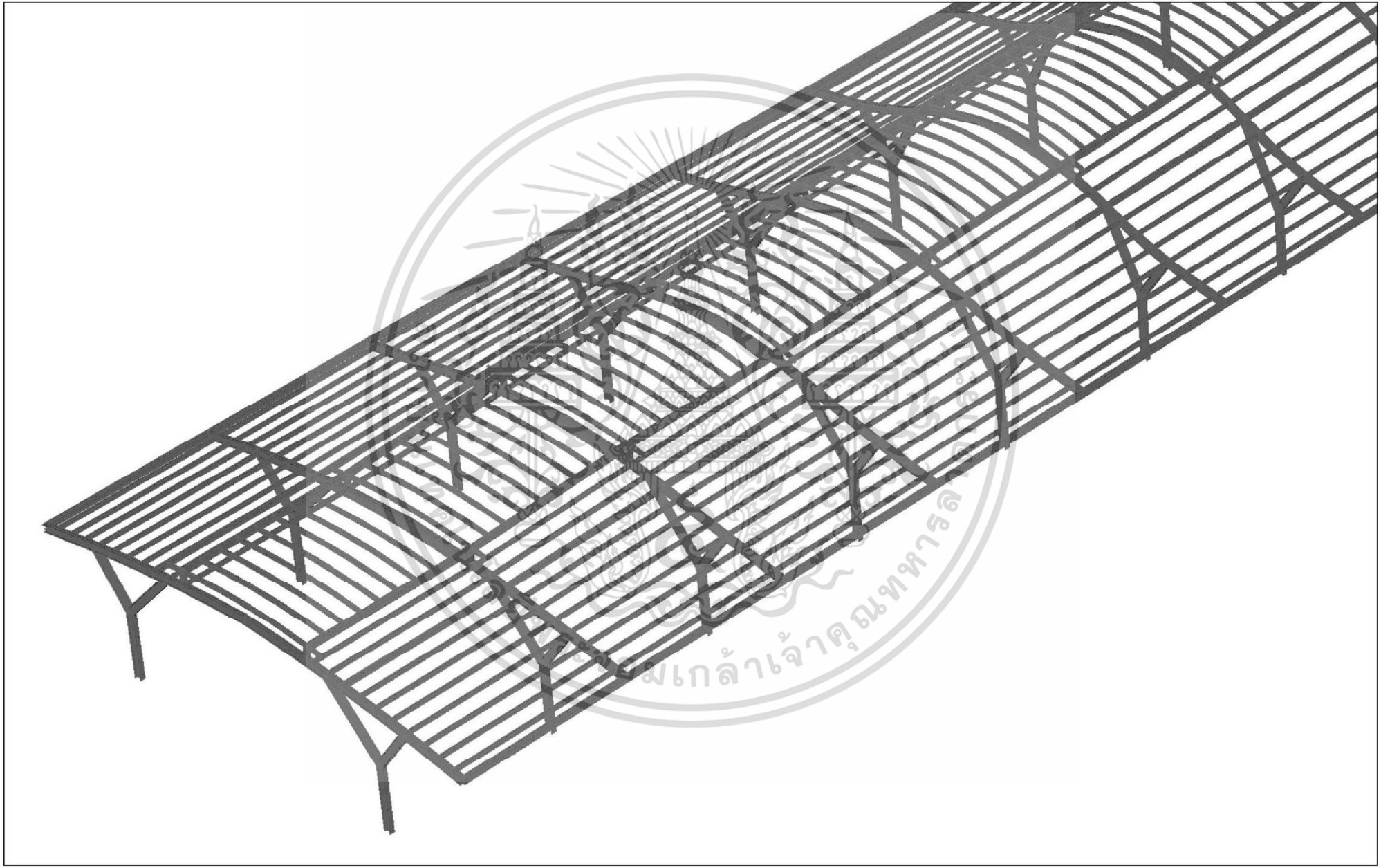
ชั้นคุณภาพ	ความต้านแรงดึงที่จุดคราก ต่ำสุด เมกะพาสคัล		ความต้านแรงดึง	ความยืด ต่ำสุด ร้อยละ			ความต้านการกระแทก ต่ำสุด
	ความหนาไม่เกิน 16 มิลลิเมตร	ความหนาเกิน 16 มิลลิเมตร	เมกะพาสคัล	ความหนาไม่เกิน 5 มิลลิเมตร	ความหนา 5 ถึง 16 มิลลิเมตร	ความหนาเกิน 16 มิลลิเมตร	จูล
SM 400	245	235	400 ถึง 510	23	18	22	27
SM 490	325	315	490 ถึง 610	22	17	21	27
SM 520	365	355	520 ถึง 640	19	15	19	27
SM 570	460	450	570 ถึง 720	19	19	26	47
SS 400	245	235	400 ถึง 510	21	17	21	-
SS 490	285	275	490 ถึง 610	19	15	19	-
SS 540	400	390	540 ต่ำสุด	16	13	17	-

ตัวอย่างการกำหนดคุณสมบัติวัสดุ



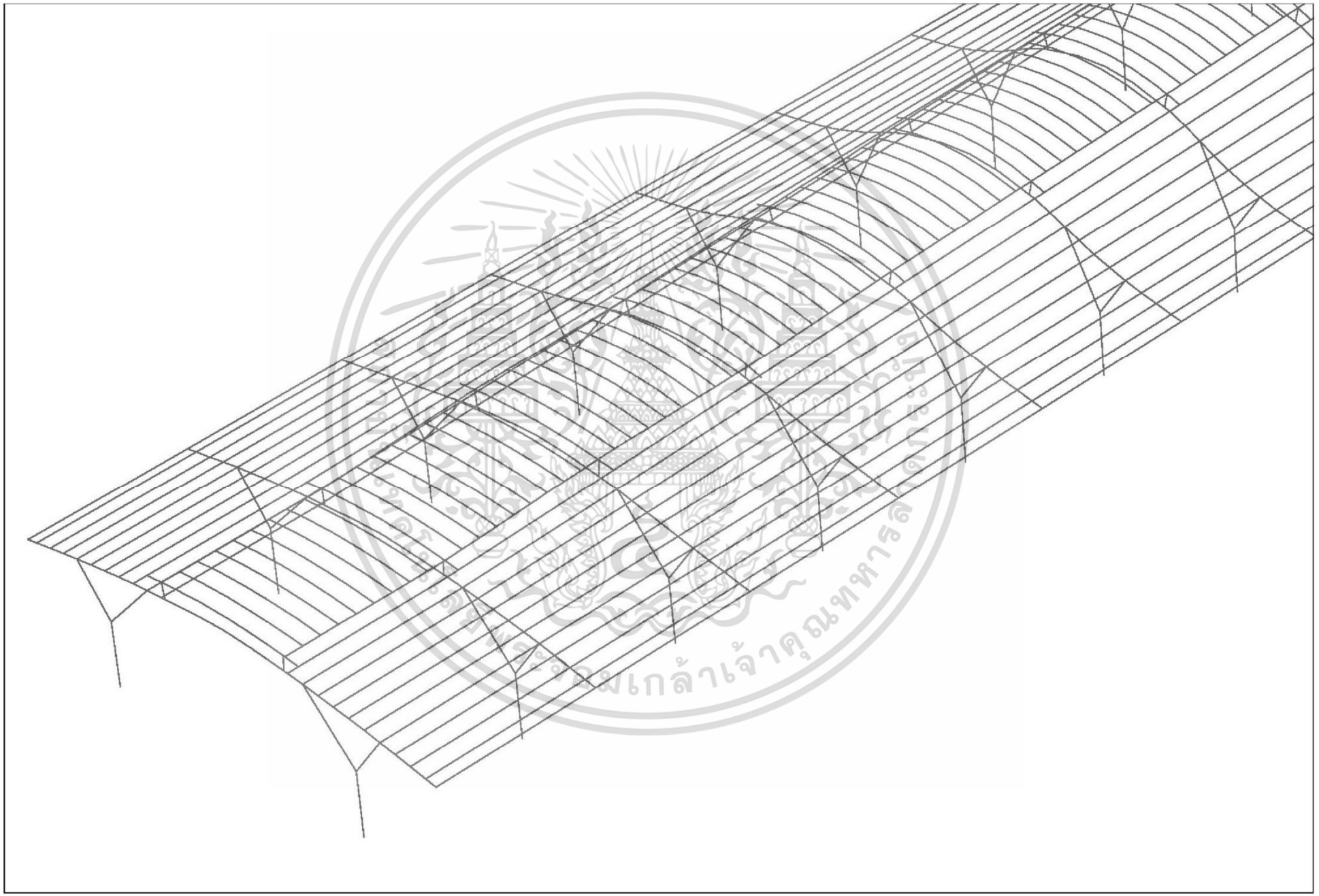
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DM1

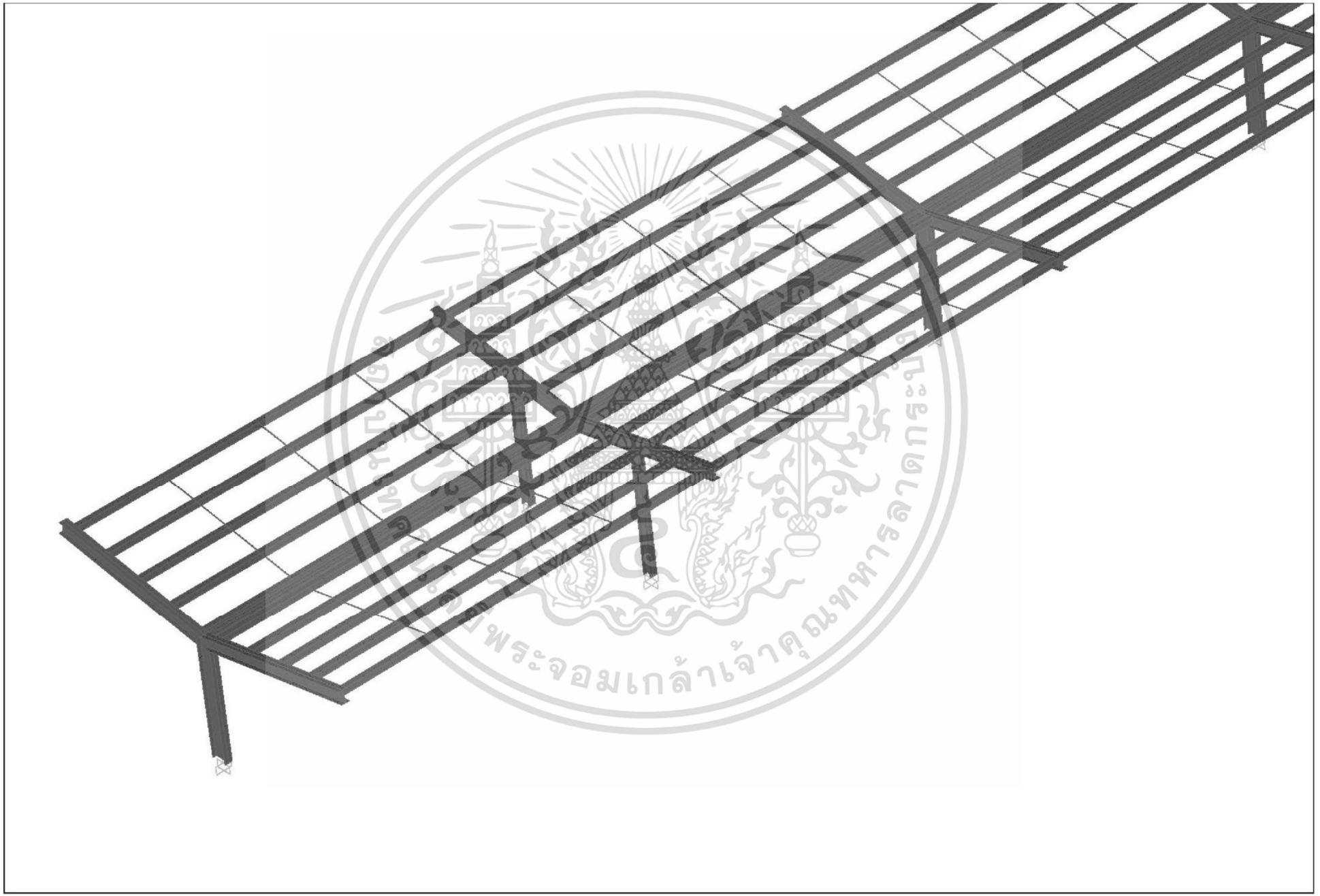


SAP2000 24.0.0 3-D View KN, m, C

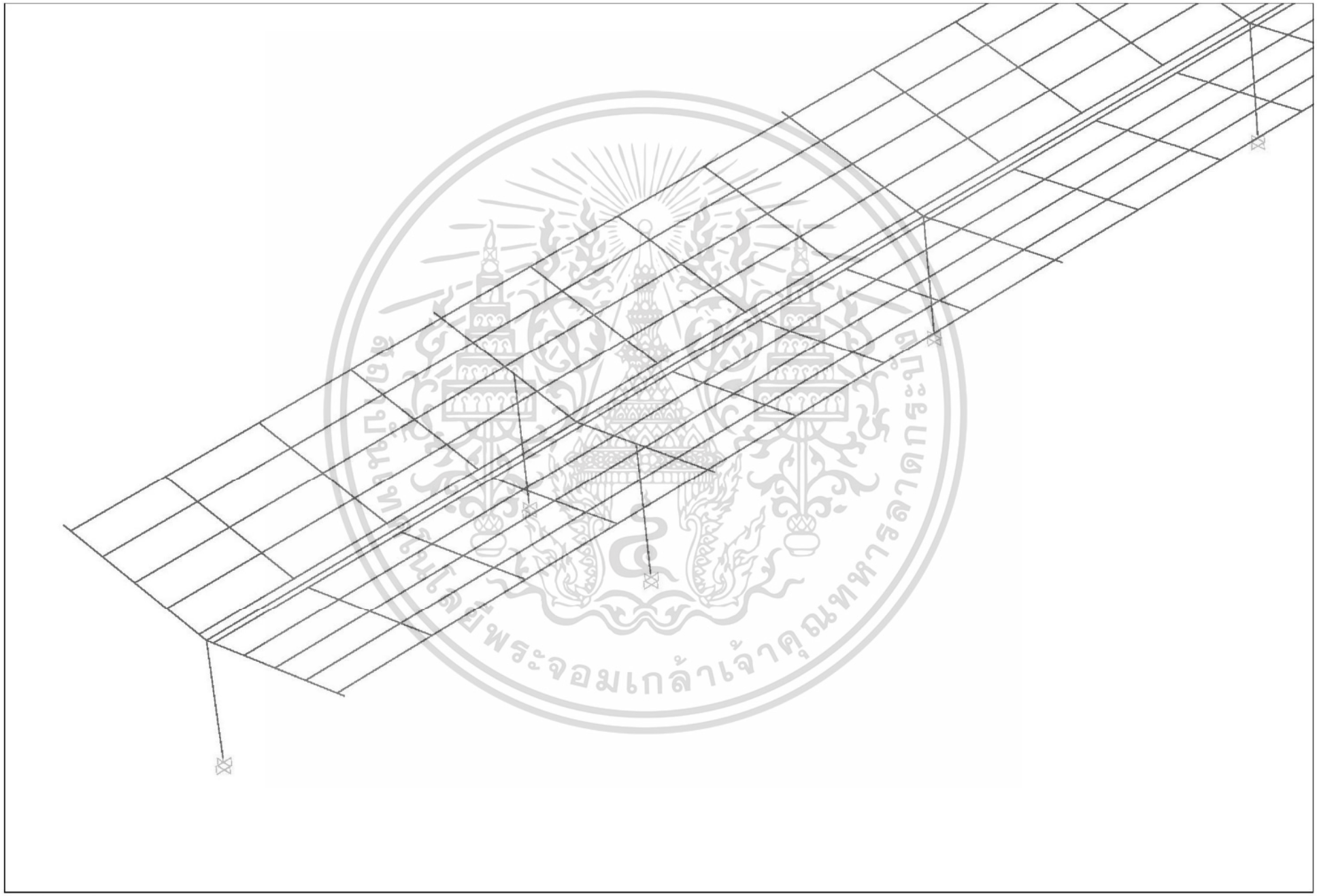
DM1



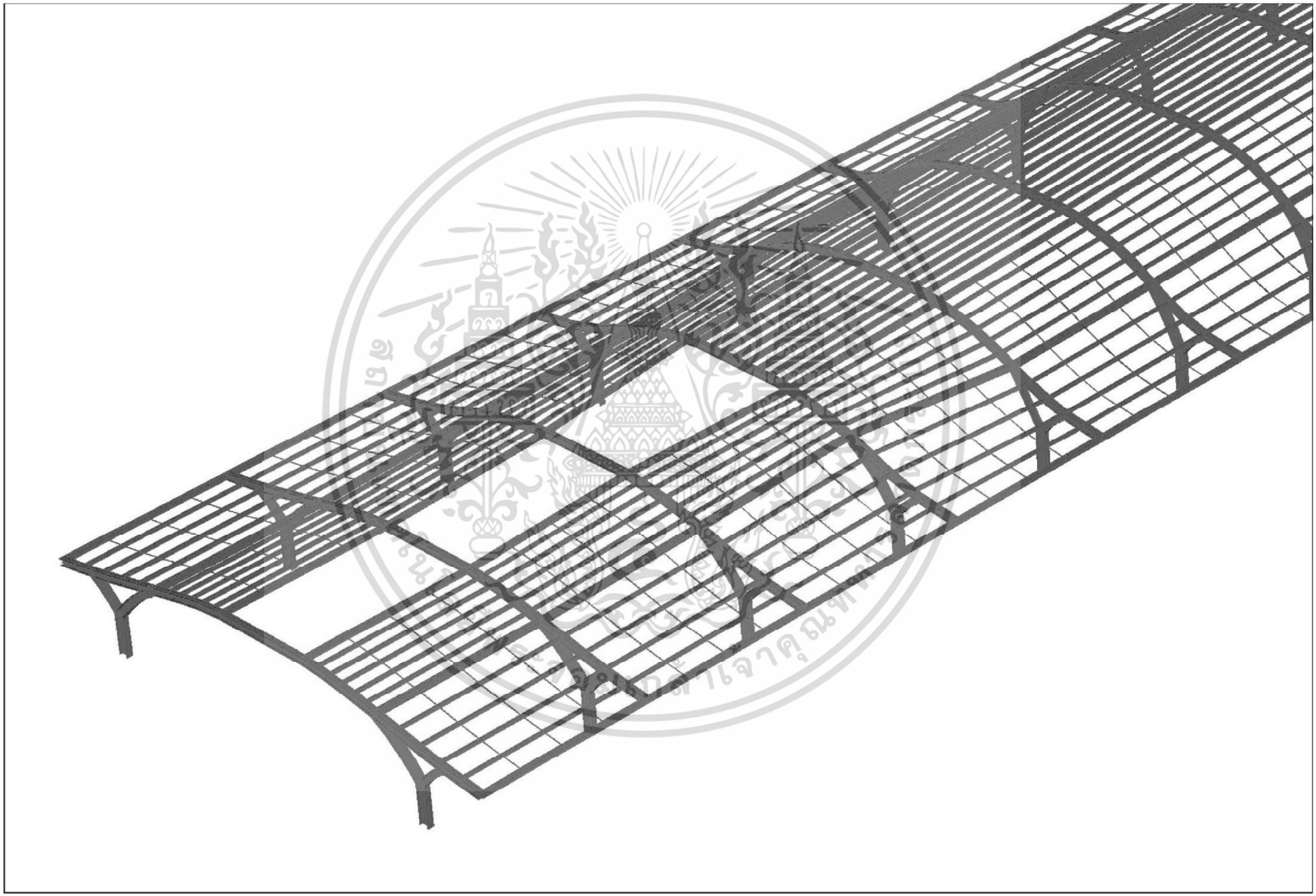
DM2



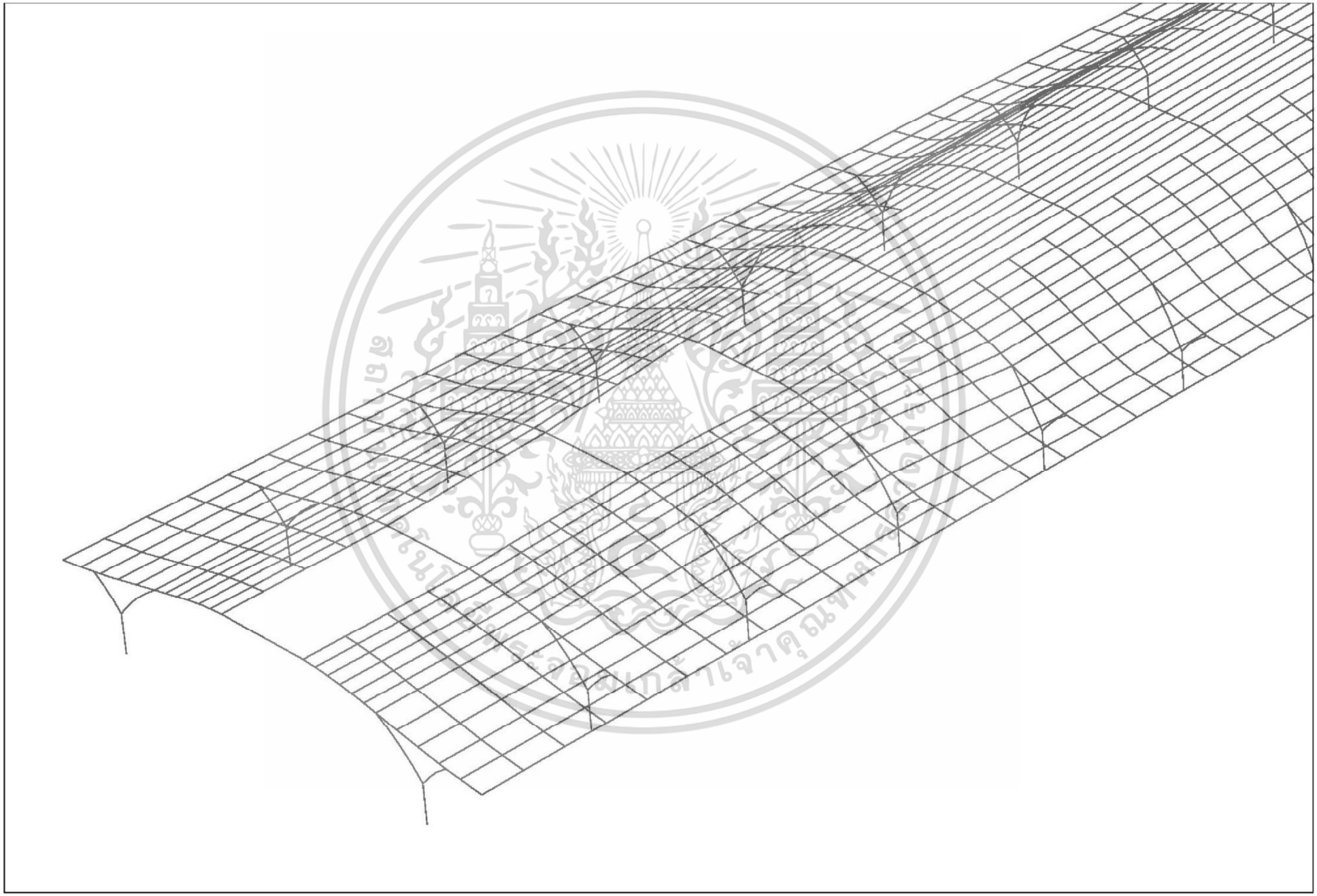
DM2



CC1

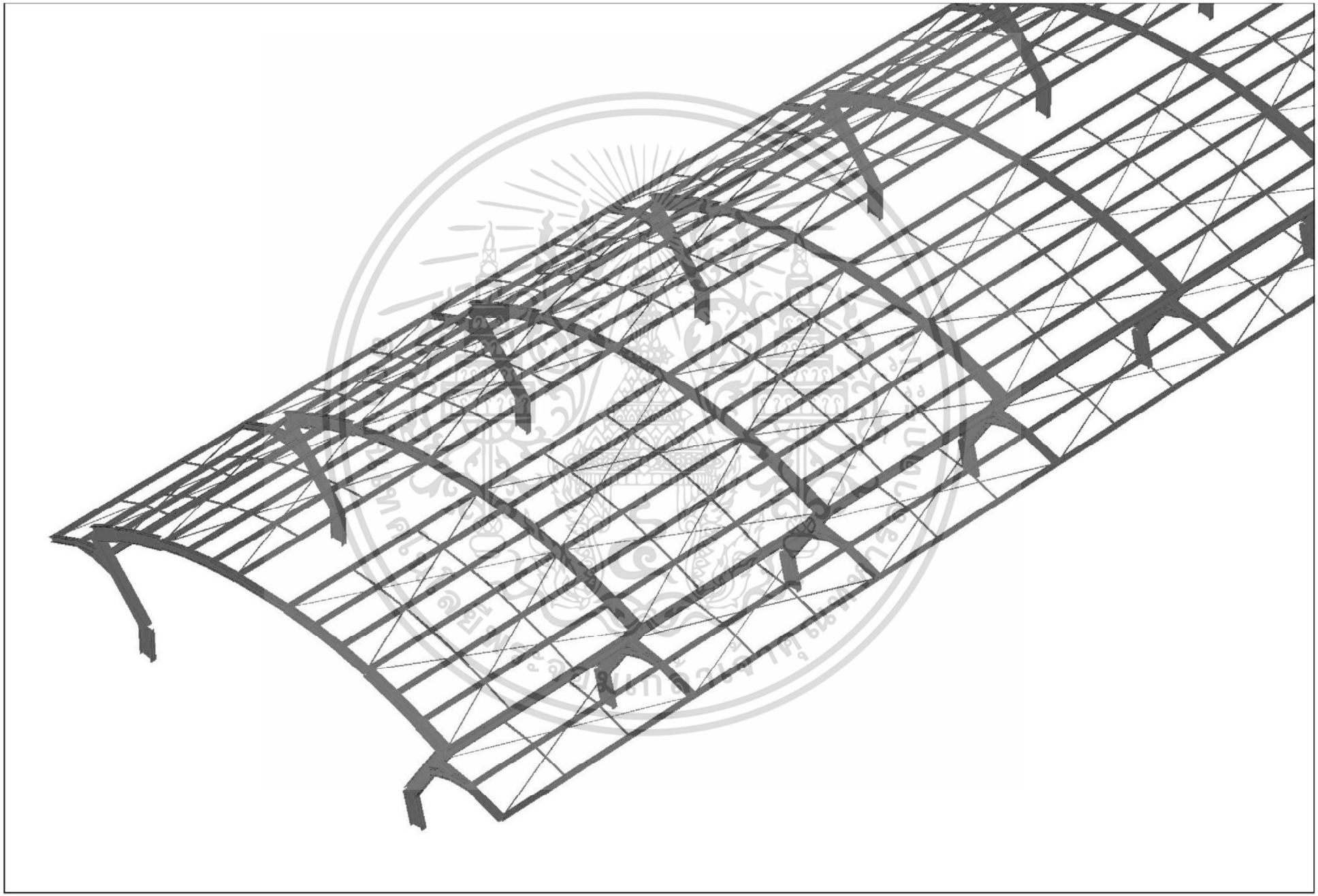


CC1



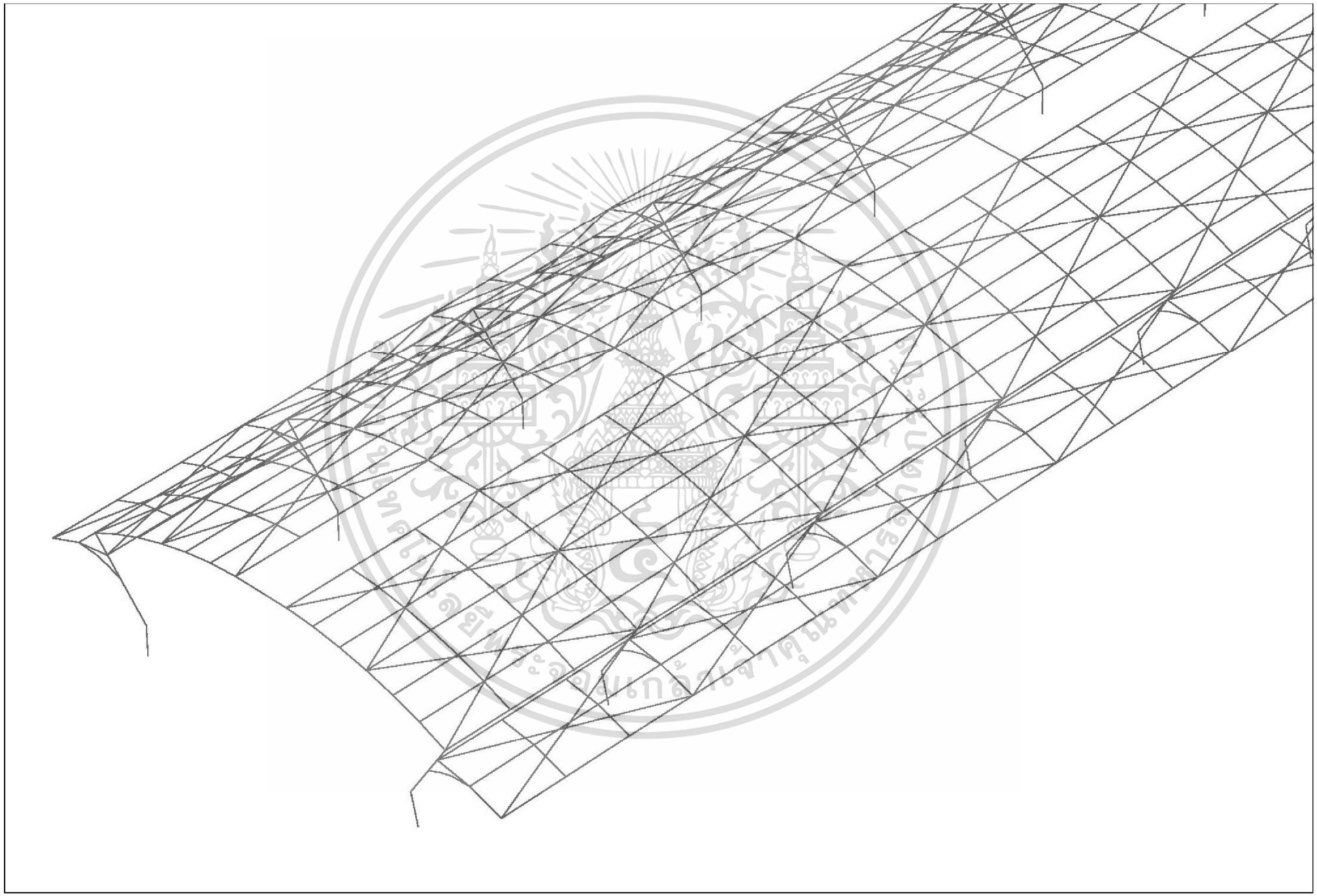
SAP2000 24.0.0 3-D View KN, m, C

BS1



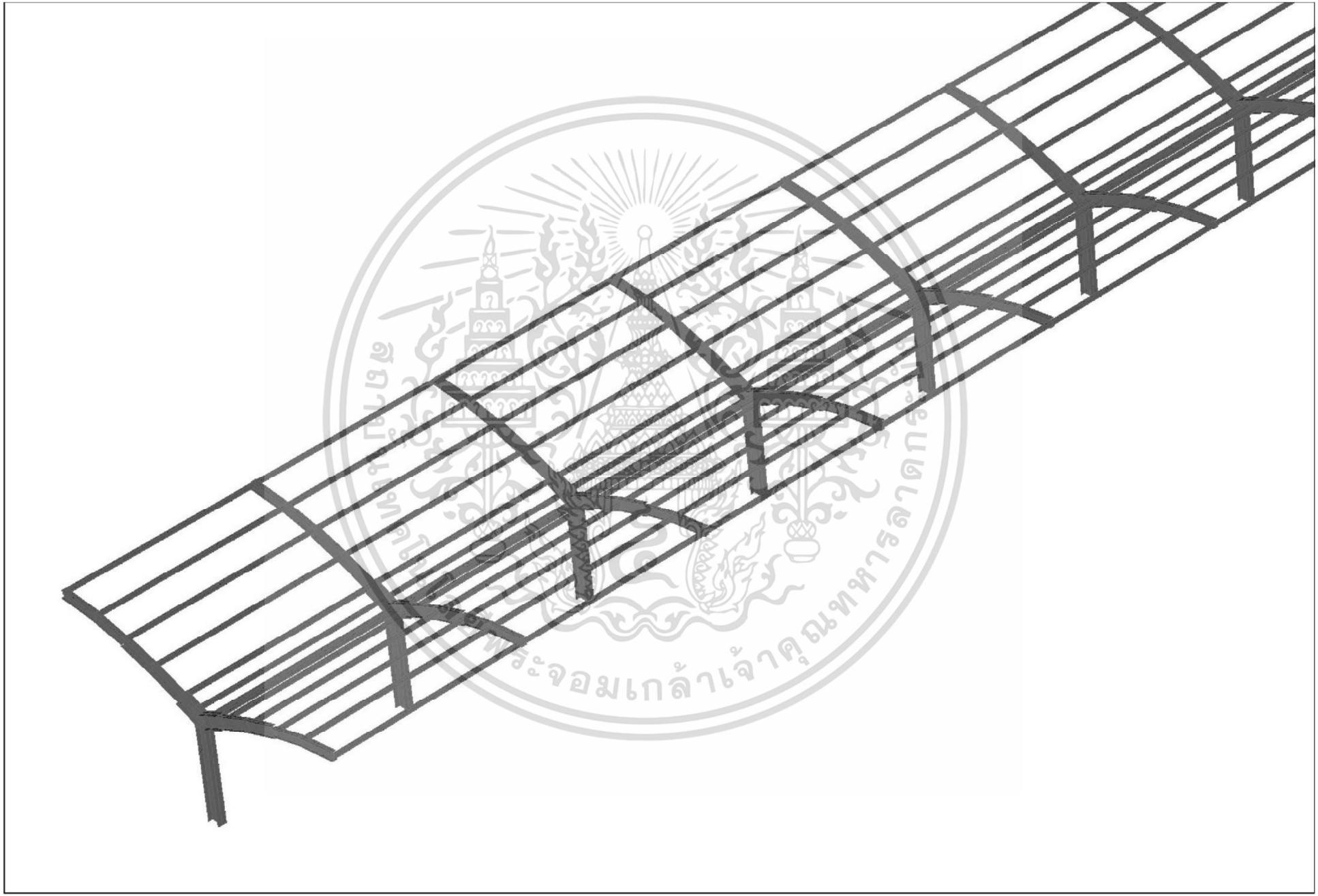
SAP2000 24.0.0 3-D View Kgf, m, C

BS1



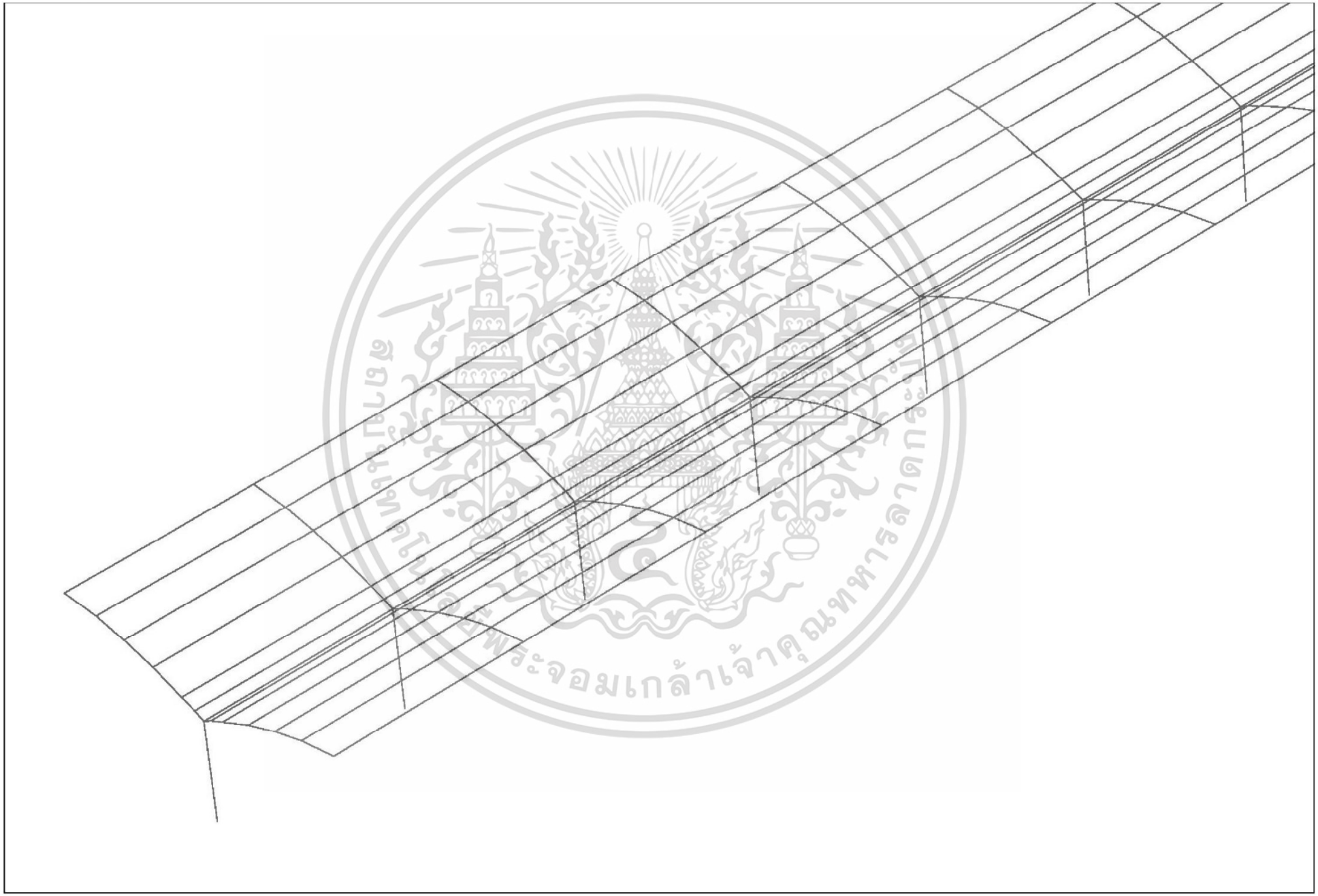
SAP2000 24.0.0 3-D View Kgf, m, C

TC1



SAP2000 24.0.0 3-D View Kgf, m, C

TC1



ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นางสาวดวงกมล ชื้อมีชัย	
วัน เดือน ปีเกิด	29 ตุลาคม พ.ศ.2541 กรุงเทพมหานคร	
ที่อยู่	40/593 ซ.2/1 หมู่บ้านพฤกษาบี ถ.เลียบคลองสาม ต.คลองสาม อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี 12120	
ประวัติการศึกษา	2563	วิทยาศาสตร์บัณฑิต (สถาปัตยกรรม) คณะสถาปัตยกรรมและการผังเมือง สาขาสถาปัตยกรรม มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้