แนวทางการออกแบบการส่องสว่างสำหรับประดับตกแต่งสะพานข้ามแม่น้ำในเขตเมืองของประเทศไทย

นายวีระพงศ์ เอี่ยวพานิช

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสถาปัตยกรรม ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2554

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย
The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository(CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the Graduate School.

LIGHTING DESIGN APPROACHES FOR RIVER CROSSING BRIDGES IN URBAN AREAS OF THAILAND

Mr. Veerapong Eawpanich

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Architecture Program in Architecture
Department of Architecture
Faculty of Architecture
Chulalongkorn University
Academic Year 2011

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	แนวทางการออกแบบการส่องสว่างสำหรับประดับตกแต่งสะพานข้ามแม่น้ำในเขตเมืองของประเทศไทย
โดย	นายวีระพงศ์ เอี่ยวพานิช
สาขาวิชา	สถาปัตยกรรม
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ พรรณชลัท สุริโยธิน

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

…….. คณบดีคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พงศ์ศักดิ์ วัฒนสินธุ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

…… ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. ปิ่นรัชฎ์ กาญจนัษฐิติ)

…….. อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(รองศาสตราจารย์ พรรณชลัท สุริโยธิน)

…… กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อรรจน์ เศรษฐบุตร)

…… กรรมการ
(ผู้ช่วยศาตราจารย์ ดร. วรภัทร์ อิงคโรจน์ฤทธิ์)

…… กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ดร. จรรยาพร จุลตามระ)

วีระพงศ์ เอี๋ยวพานิช : แนวทางการออกแบบการส่องสว่างสำหรับประดับตกแต่งสะพานข้ามแม่น้ำในเขตเมืองของประเทศไทย. (Lighting Design Approaches for River-Crossing Bridges in Urban Areas of Thailand) อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : รศ. พรรณชลัท สุริโยธิน, 191 หน้า.

การใช้ไฟประดับตกแต่งอาคารบ้านเรือน โดยเฉพาะสถานที่สำคัญของเมือง รวมทั้งสะพานข้ามแม่น้ำ มีบทบาทสำคัญในการเพิ่มความน่าสนใจให้กับสถานที่ท่องเที่ยวในเวลากลางคืน อีกทั้งยังเป็นการสร้างภาพลักษณ์ที่ดีให้แก่เมือง ทว่าสะพานแม่น้ำในประเทศไทยมีน้อยแห่งที่มีการส่องสว่างสำหรับประดับตกแต่ง งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ ศึกษาพัฒนาการ รวบรวม และวิเคราะห์องค์ประกอบของโครงสร้างทางสถาปัตยกรรมของสะพาน หลักเกณฑ์และแนวทางในการออกแบบ ที่มีผลต่อการออกแบบการส่องสว่างสำหรับประดับตกแต่งสะพานข้ามแม่น้ำ วิเคราะห์การออกแบบการส่องสว่างสำหรับประดับตกแต่งสะพานข้ามแม่น้ำจากกลุ่มตัวอย่าง และเสนอแนะแนวทางการออกแบบการส่องสว่างสำหรับประดับตกแต่งสะพานข้ามแม่น้ำในประเทศไทยแก่นักออกแบบและหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

โดยทำการศึกษาจากการทบทวนวรรณกรรม การวิจัยเชิงประจักษ์โดยการสำรวจภาคสนาม และการจัดกลุ่มหัวข้อเพื่อแยกแยะข้อมูล จากนั้นจึงทำการวิเคราะห์ชุดข้อมูลที่ได้ตามลำดับ นอกจากนี้ผู้วิจัยยังได้ทำการวิจัยนำร่องเรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างการส่องสว่างและส่วนประกอบหลักของงานสถาปัตยกรรมของสะพาน ซึ่งพบว่าองค์ประกอบของสะพานที่มีการส่องสว่าง มี 3 องค์ประกอบหลักได้แก่ โครงสร้างสะพานส่วนบน ตัวสะพาน และเสาตอม่อสะพาน

จากการศึกษา สามารถจัดกลุ่มสะพานข้ามแม่น้ำในประเทศไทยตามลักษณะโครงสร้างสะพานส่วนบนเป็น 4 ประเภทคือ สะพานแบบคาน สะพานโค้ง สะพานโครงถัก และสะพานขึง และสามารถจัดกลุ่มย่อยของตัวสะพานเป็น 4 กลุ่ม และตอม่อสะพานเป็น 2 กลุ่ม จากนั้นนำผลการศึกษาที่ได้มาวิเคราะห์ลักษณะและรูปแบบการส่องสว่างขององค์ประกอบสะพาน โดยใช้หลักองค์ประกอบพื้นฐานทางสถาปัตยกรรมและมุมมองในการพิจารณาสร้างแนวทางในการส่องสว่างสำหรับประดับตกแต่งสะพานข้ามแม่น้ำแต่ละประเภท

องค์ประกอบของสะพานข้ามแม่น้ำที่มีการส่องสว่างเป็นอันดับแรกคือ โครงสร้างสะพานส่วนบน ตัวสะพาน และตอม่อสะพานตามลำดับ ซึ่งโครงสร้างสะพานส่วนบนเป็นส่วนที่มีรูปร่างรูปทรงโดดเด่นและเป็นที่จดจำได้ โดยประกอบด้วยแนวทางในการส่องสว่างองค์ประกอบของสะพานแต่ลประเภท 4 แนวทางคือ การเน้นโครงกรอบ การเน้นระนาบ การเน้นรูปทรง และการเน้นโครงสร้าง และมีเกณฑ์ในการออกแบบที่ต้องพิจารณาได้แก่ การส่องสว่างทางสัญจร ระดับความส่องสว่างและความสว่างของสะพาน อัตราส่วนความสว่างของสะพานกับพื้นหลัง และมลภาวะทางแสง

ภาควิชา สถาปัตยกรรมศาสตร์ ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา สถาปัตยกรรมศาสตร์ ลายมือชื่อที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก .....

ปีการศึกษา 2554 .....

5473361325 : MAJOR ARCHITECTURE
KEYWORDS : LIGHTING DESIGN / BRIDGE /

VEERAPONG EAWPANICH : LIGHTING DESIGN APPROACHES FOR RIVER CROSSING BRIDGES IN URBAN ARES OF THAILAND. ADVISOR : ASSOC.PROF. PHANCHALATH SURIYOYHIN,191 pp.

In order to make city main buildings and river-crossing bridges more attractive, lighting design has played the key role for the decorative at night. And also it enhances both the scenery and creates a good image of the city.

The research project is aimed to study, collect the development of the river crossing-bridges, and also analyze its' architectural structure. Furthermore, to study the lighting design's criteria and concept that effected to the bridges' elements and to analyze the lighting design from selected samples. Finally, the new approaches for lighting designs have been proposed to the lighting designers and related offices.

Research methodology included a literature review, empirical research by survey, and data classification. Sets of data were then analyzed, respectively. Moreover, research also conducted a pilot study on the correlation of lighting and the architectural elements of bridges. It has been found that there are three main architectural elements that are involved in lighting which included the bridge superstructure, the bridge deck and the bridge pier.

Based on classification, the samplings of river-crossing bridges in Thailand can be categorized into three categories according to their structure type which are beam bridges, arch bridges, truss bridges and cable-stayed bridges. The bridge decks can categorized into four groups and the bridge piers can categorized into two groups. The data were analyzed in terms of the elements of the bridges patterns and lighting patterns using the design fundamentals and visual perceptions. The approaches were drawn from those study to suggest different patterns of decorative lighting for river-crossing bridges.

The hierarchy of lit elements of river-crossing bridges is superstructure, bridge deck and bridge pier, respectively, as superstructure has unique, distinctive and recognizable shape and form. The approaches can be classified into four types which included the articulation of contour line, shape, form and its structure. Furthermore, the design criteria has to be considered, which includes street lighting, the illuminances and the luminances of bridges, the luminance ratio of bridges and its background, and also light pollution.

Department : Architecture	Student's Signature .....
Field of Study : Architecture	Advisor's Signature .....
Academic Year : 2011	Co-Advisor's Signature .....

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ พรรณชลัท สุริโยธิน เป็นอย่างสูง ที่ได้ให้ความรู้ ความช่วยเหลือ และคำแนะนำต่างๆอย่างดียิ่ง จนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงลงด้วยดี

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ได้แก่ รองศาสตราจารย์ ดร. ปิ่นรัชฎ์ กาญจนัษฐิติ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อรรจน์ เศรษฐบุตร ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรภัทร์ อิงคโรจน์ฤทธิ์ และอาจารย์ ดร. จรรยาพร จุลตามระ ที่กรุณาสละเวลาในการสอบวิทยานิพนธ์ รวมทั้งให้ความเห็น และคำแนะนำต่างๆเพื่อให้วิทยานิพนธ์สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอบพระคุณ รองสาสตราจารย์ จามรี อาระยานิมิตสกุล อาจารย์ประจำภาควิชาภูมิ-สถาปัตยกรรมศาสตร์ คุณกานดา สนิทวงศ์ ณ อยุธยา ผู้อำนวยการสำนักภูมิสถาปัตย์งานทาง กรมทางหลวง คุณธงไชย วีระสมัย วิศวกร สำนักก่อสร้างสะพาน กรมทางหลวง และคุณอิสระ พรหมฤทธิ์ ผู้อำนวยการกลุ่มสถาปัตยกรรมและภูมิสถาปัตยกรรม สำนักสำรวจและออกแบบ กรมทางหลวงชนบท อาจารย์ วรากุล ตันทนะเทวินทร์ และคุณอชิรา ดีเมือง ที่สละเวลาให้ข้อมูล ข้อคิดเห็นและความรู้เพิ่มเติมในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้

ขอขอบคุณเพื่อนๆ รุ่นพี่ รุ่นน้อง และครอบครัวที่ให้ความช่วยเหลือ สนับสนุนและเป็นกำลังใจด้วยดีเสมอมา

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้รับทุนอุดหนุนวิทยานิพนธ์สำหรับนิสิตจากบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ
กิตติกรรมประกาศ..... ฉ
สารบัญ..... ช
สารบัญตาราง..... ญ
สารบัญภาพ..... ฏ
บทที่ 1 บทนำ..... 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย..... 2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย..... 2
1.4 ข้อจำกัดของการวิจัย..... 3
1.5 คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย..... 3
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 5
1.7 วิธีดำเนินงานวิจัย..... 5
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 7
2.1 สะพาน..... 8
2.2 ส่วนประกอบ รูปแบบและโครงสร้างทางสถาปัตยกรรมของสะพาน..... 11
2.3 ความงามในการออกแบบสะพาน..... 18
2.4 เกณฑ์ประเมินความสำคัญของสะพาน..... 20
2.5 องค์ประกอบพื้นฐานและการจัดองค์ประกอบพื้นฐาน..... 22
2.6 แสงและการมองเห็น..... 26
2.7 พัฒนาการในการออกแบบการส่องสว่าง..... 27
2.8 แนวคิดในการออกแบบการส่องสว่าง..... 29
2.9 หลักเกณฑ์ในการออกแบบการส่องสว่าง..... 30
2.10 ชนิดของหลอดไฟฟ้าและดวงโคม..... 35
2.11 เทคนิคการออกแบบการส่องสว่าง..... 43
2.12 แนวทางในการออกแบบการส่องสว่าง..... 48
2.13 เศรษฐศาสตร์สำหรับการออกแบบการส่องสว่าง..... 50

หน้า

2.14 DIALux 51
2.15 โครงการศึกษนำร่อง 52
2.16 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องและกรณีศึกษาตัวอย่าง 57
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 60
3.1 วิธีดำเนินการวิจัย 60
3.2 กลุ่มตัวอย่างในการวิจัย 61
3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัย 61
3.4 การวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัย 63
บทที่ 4 การเก็บรวบรวมข้อมูลและผลสำรวจกลุ่มตัวอย่าง 69
4.1 สะพานนวรัฐ 69
4.2 สะพานสมเด็จพระปิ่นเกล้า 69
4.3 สะพานสมเด็จพระเจ้าตากสิน 70
4.4 สะพานปทุมธานี 71
4.5 สะพานพระปกเกล้า 71
4.6 สะพานพระนั่งเกล้า 72
4.7 สะพานพระราม 7 72
4.8 สะพานพระราม 3 73
4.9 สะพานพระราม 5 73
4.10 สะพานพระราม 4 74
4.11 สะพานคู่ขนานพระนั่งเกล้า 74
4.12 สะพานมิตรภาพ 3 75
4.13 สะพานกษัตราธิราช 75
4.14 สะพานตาปี 76
4.15 สะพานนเรศวร 76
4.16 สะพานรัษฎาภิเศก 77
4.17 สะพานปรีดี-ธำรง 78
4.18 สะพานเดชาติวงศ์ 78
4.19 สะพานพระราม 6 79
4.20 สะพานปฐมบรมราชานุสรณ์ 79

หน้า

4.21 สะพานข้ามแม่น้ำแคว..... 80
4.22 สะพานกรุงธน..... 81
4.23 สะพานกรุงเทพ..... 81
4.24 สะพานนนทบุรี..... 82
4.25 สะพานดำ เมืองเชียงใหม่..... 82
4.26 สะพานพระราม 9..... 83
4.27 สะพานพระราม 8..... 83
4.28 สะพานภูมิพล 1 และภูมิพล 2..... 84
4.29 สะพานกาญจนาภิเษก..... 84
บทที่ 5 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล..... 104
5.1 การวิเคราะห์ลักษณะและรูปแบบองค์ประกอบของสะพาน..... 105
5.2 การวิเคราะห์รูปแบบการส่องสว่างองค์ประกอบของสะพาน..... 124
บทที่ 6 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ..... 136
6.1 รูปแบบโครงสร้างทางสถาปัตยกรรมของสะพาน..... 136
6.2 หลักเกณฑ์และแนวคิดในการออกแบบการส่องสว่างสำหรับประดับตกแต่งสะพานข้ามแม่น้ำ..... 140
6.3 รูปแบบการส่องสว่างสำหรับประดับตกแต่งสะพานสะพานข้ามแม่น้ำ..... 141
6.4 แนวทางในการออกแบบการส่องสว่างสำหรับประดับตกแต่งสะพานข้ามแม่น้ำ..... 143
6.5 ข้อเสนอแนะ..... 149
6.6 ตัวอย่างการประดับตกแต่ง..... 150
รายการอ้างอิง..... 154
ภาคผนวก..... 158
ภาคผนวก ก..... 159
ภาคผนวก ข..... 160
ภาคผนวก ค..... 181
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... 191

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.9.1	ตารางแสดงระดับความส่องสว่างสำหรับการสาดส่องอาคารและอนุสาวรีย์.....	32
2.9.2	ตารางแสดงระดับความส่องสว่างสำหรับสาดส่องอาคารโดยชนิดของวัสดุ.....	32
2.9.3	ตารางแสดงค่าสัมประสิทธิ์ การสะท้อนแสงของวัสดุ.....	32
2.9.4	ตารางแสดงเกณฑ์ Limitation of the effects of Obtrusive Light from Outdoor Lighting Installation……..…….	34
2.10.1	ตารางแสดงคุณสมบัติของหลอดไฟชนิดต่างๆ.....	37
2.10.2	ตารางแสดงค่า IP.....	41
2.15.1	ตารางแสดงความสัมพันธ์ของส่วนประกอบหลักของงานสถาปัตยกรรมสะพานที่มีการส่องสว่าง.....	54
3.1	ตารางแสดงชื่อและข้อมูลของสะพานที่ใช้เป็นกรณีศึกษา.....	65
3.2	ตารางแสดงศัยภาพของสะพานตามแนวทาง Characteristics of Icon Bridges ..	66
3.3	ตารางแสดงที่มาและแหล่งข้อมูลในการสร้างแบบจำลองสะพาน.....	67
4.1	ตารางแสดงข้อมูลทั่วไปของสะพานกลุ่มตัวอย่าง.....	100
4.2	ตารางแสดงวัตถุประสงค์การออกแบบไฟฟ้าแสงสว่างของสะพานกลุ่มตัวอย่าง.....	101
4.3	ตารางแสดงองค์ประกอบในการออกแบบการส่องสว่างของสะพานกลุ่มตัวอย่าง.....	102
4.4	ตารางแสดงมุมมองในการมองเห็นของสะพานกลุ่มตัวอย่าง.....	103
5.1.1	ตารางแสดงรูปด้านข้างสะพานกลุ่มตัวอย่าง.....	104
5.1.2	ตารางแสดงลักษณะและรูปแบบขององค์ประกอบสะพานกลุ่มตัวอย่าง.....	109
6.1.1	ตารางแสดงรูปแบบขององค์ประกอบของสะพานข้ามแม่น้ำกลุ่มตัวอย่าง.....	137
6.2.1	ตารางแสดงหลักเกณฑ์หรือวิธีที่เลือกใช้ในการออกแบบการส่องสว่างสำหรับประดับตกแต่งสะพานข้ามแม่น้ำ.....	140
ก1	ตารางแสดงความสัมพันธ์ของส่วนประกอบของโครงสร้างรับตัวสะพานที่มีการส่องสว่าง.....	160

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1.5.1	ส่วนประกอบของสะพาน	4
2.1.1	แผนภูมิแสดงวิวัฒนาการของสะพาน	11
2.2.1	สะพานประเภทต่างๆ จำแนกตามรูปทรงของโครงสร้างสะพานส่วนบน	13
2.2.2	แผนภูมิแสดงช่วงความยาวสะพานที่เหมาะสมในการก่อสร้าง	14
2.2.3	รูปทรงของเสาขึง	17
2.2.4	แผนภูมิแสดงประเภทและพัฒนาการของสะพาน	18
2.5.1	จุด เส้น ระนาบ และปริมาตร	22
2.5.2	รูปทรงเรขาคณิตพื้นฐาน	26
2.7.1	สะพานอัลเบิร์ต และสะพานลอนดอนทาวเวอร์	28
2.7.2	สะพานวิกตอเรีย และสะพานมิลเลนเนียม	29
2.7.3	สะพานชีค ซายัด	29
2.9.1	ภาวะการมองเห็นแบบ photopic และscotopic	31
2.10.1	สเปกตรัมของแสงธรรมชาติ และหลอดไฟฟ้าชนิดต่างๆ	38
2.10.2	ไฟราวประดับตกแต่งสะพานนวรัฐ จังหวัดเชียงใหม่	42
2.10.3	rope light ประดับตกแต่งอาคาร	42
2.11.1	floodlighting และ grazing	43
2.11.2	ดวงโคมสำหรับสาดส่องแบบสมมาตรและแบบไม่สมมาตร	44
2.11.3	การส่องเน้นวัตถุและการส่องเน้นองค์ประกอบของสถาปัตยกรรม	44
2.11.4	การสาดย้อมผนังแบบสมมาตรและการสาดย้อมผนังแบบไม่สมมาตร	45
2.11.5	ดวงโคมสำหรับสาดย้อมผนัง	45
2.11.6	การส่องสว่างด้วยการให้แสงส่องลง	46
2.11.7	การประดับไฟตามแนวโครงกรอบอาคาร	46
2.11.8	ดวงโคมสำหรับบอกทิศทาง	47
2.11.9	การประยุกต์ใช้ดวงโคมสำหรับบอกทิศทางเพื่อแสดงขอบเขตของสถาปัตยกรรม	47
2.11.10	การใช้ดวงโคมส่องขึ้นและดวงโคมฝังพื้นส่องสว่างระนาบเหนือศีรษะ	48
2.11.11	การใช้ดวงโคมส่องสว่างองค์ประกอบทางสถาปัตยกรรมที่เป็นโครงสร้าง	48

ภาพที่ หน้า

2.15.1 ผังไดอาแกรมแบบเวนน์แสดงความสัมพันธ์ของส่วนประกอบหลักของงานสถาปัตยกรรมของสะพานที่มีการส่องสว่าง..... 54

2.15.2 สะพานโค้งที่มีโครงสร้างสะพานส่วนบนอยู่ด้านล่างและ สะพานโค้งที่มีโครงสร้างสะพานส่วนบนอยู่ด้านบนตัวสะพาน..... 56

2.16.1 การทดลองของ Tural and Yener..... 58

2.16.2 สะพานซานดิเอโก โคโรนาโด..... 58

2.16.3 สะพานวิกตอเรีย เมืองกลาสโกว์ และสะพานไฮเทค แคมปัส..... 59

2.16.4 สะพานออกตาวิโอ ฟราย เดอ โอลิเวอิรา..... 59

3.3.1 องค์ประกอบทางสถาปัตยกรรมในการออกแบบการส่องสว่าง..... 62

3.3.2 มุมมองสะพาน..... 63

3.4.1 แผนภูมิแสดงระเบียบวิธีวิจัย..... 69

4.1 สะพานนวรัฐ..... 86

4.2 สะพานสมเด็จพระปิ่นเกล้า..... 86

4.3 สะพานสมเด็จพระเจ้าตากสิน..... 87

4.4 สะพานปทุมธานี..... 87

4.5 สะพานพระปกเกล้า..... 88

4.6 สะพานพระนั่งเกล้า..... 88

4.7 สะพานพระราม 7..... 89

4.8 สะพานพระราม 3..... 89

4.9 สะพานพระราม 5..... 89

4.10 สะพานพระราม 4..... 90

4.11 สะพานคู่ขนานพระนั่งเกล้า..... 90

4.12 สะพานมิตรภาพ 3..... 91

4.13 สะพานกษัตราธิราช..... 91

4.14 สะพานตาปี..... 92

4.15 สะพานนเรศวร..... 92

4.16 สะพานรัษฎาภิเศก..... 93

4.17 สะพานปรีดี-ธำรง..... 93

4.18 สะพานเดชาติวงศ์..... 94

4.19 สะพานพระราม 6..... 94

ภาพที่ หน้า

4.20 สะพานปฐมบรมราชานุสรณ์ 95
4.21 สะพานข้ามแม่น้ำแคว..... 95
4.22 สะพานกรุงธน..... 96
4.23 สะพานกรุงเทพ..... 96
4.24 สะพานนนทบุรี..... 97
4.25 สะพานดำ เมืองเชียงใหม่..... 97
4.26 สะพานพระราม 9..... 98
4.27 สะพานพระราม 8..... 98
4.28 สะพานภูมิพล 1 และภูมิพล 2..... 99
4.29 สะพานกาญจนาภิเษก..... 99
5.1.1 ลักษณะของสะพานโค้งกลุ่มตัวอย่าง..... 115
5.1.2 องค์ประกอบพื้นฐานทางสถาปัตยกรรมของโครงสร้างสะพานส่วนบนของสะพานโค้ง 116
5.1.3 ลักษณะของสะพานโครงถักกลุ่มตัวอย่าง..... 117
5.1.4 องค์ประกอบพื้นฐานของโครงสร้างสะพานส่วนบนของสะพานโครงถัก..... 117
5.1.5 องค์ประกอบพื้นฐานทางสถาปัตยกรรมของโครงสร้างสะพานส่วนบนของสะพานขึงเสาขึง..... 118
5.1.6 องค์ประกอบพื้นฐานทางสถาปัตยกรรมของโครงสร้างสะพานส่วนบนของสะพานขึงเคเบิล..... 118
5.1.7 ลักษณะของตัวสะพานที่มีลักษณะเป็นกล่อง..... 119
5.1.8 ลักษณะของตัวสะพานที่มีลักษณะเป็นพื้นและคานคู่..... 120
5.1.9 (1) (2) ลักษณะของตัวสะพานที่มีลักษณะเป็นพื้นและคานมากกว่า 2 คาน(3) ลักษณะของตัวสะพานที่มีลักษณะเป็นตัวสะพานที่มีลักษณะเป็นตาราง..... 120
5.1.10 ลักษณะของเสาตอม่อที่มีลักษณะทึบตัน..... 122
5.1.11 ลักษณะของเสาตอม่อที่มีลักษณะทึบตันเสาตอม่อที่มีลักษณะเป็นรยางค์..... 123
5.1.12 เสาเชิงสะพาน..... 123
5.2.1 การส่องสว่างสะพานแบบคานด้วยเทคนิคการสาดส่อง..... 124
5.2.2 การส่องสว่างสะพานแบบคานด้วยการใช้ rope light..... 125
5.2.3 การส่องสว่างสะพานโค้งด้วยการใช้ rope light..... 125
5.2.4 การส่องสว่างสะพานโค้งโดยใช้การสาดส่อง..... 125
5.2.5 การส่องสว่างสะพานโค้งโดยการส่องเน้นโครงตั้ง..... 126

ภาพที่		หน้า
5.2.6	การส่องสว่างสะพานโค้งด้วยการประดับ rope light ตามแนวสลิง.....	126
5.2.7	การส่องสว่างสะพานโค้งโดยการใช้ดวงดโมส่องเน้นที่พื้นผิวบริวเณท้องโค้ง.....	126
5.2.8	การส่องสว่างสะพานโครงถักโดยการใช้ไฟราวประดับ.....	127
5.2.9	การส่องสว่างสะพานโครงถักโดยการใช้ rope light.....	127
5.2.10	การส่องสว่างสะพานโครงถักโดยการส่องเน้นด้วยดวงโคมมุมลำแสงแคบ.....	127
5.2.11	การส่องสว่างสะพานโครงถักของมุมมองผู้ใช้ทาง.....	127
5.2.12	การส่องสว่างสะพานโครงถักเพื่อแสดงให้เห็นถึงโครงสร้าง.....	128
5.2.13	การส่องสว่างสะพานโครงถักโดยการใช้การสาดส่อง.....	128
5.2.14	การส่องสว่างเสาขึงแบบที่ 1.....	129
5.2.15	การส่องสว่างเสาขึงแบบที่ 2.....	129
5.2.16	การส่องสว่างเคเบิลให้ปรากฏเป็นเส้น.....	130
5.2.17	การส่องสว่างเคเบิลให้ปรากฏเป็นระนาบ.....	130
5.2.18	การส่องสว่างส่วนท้องของปีกคานด้วยเทคนิคการสาดส่องหรือสาดย้อมผนัง.....	131
5.2.19	การส่องสว่างตัวสะพาน.....	132
5.2.20	การส่องสว่างเสาตอม่อที่มีลักษณะทึบตัน.....	133
5.2.21	การส่องสว่างเสาตอม่อที่มีลักษณะเป็นรยางค์.....	134
6.4.1	แนวทางในการส่องสว่างองค์ประกอบของสะพานประภทต่างๆ.....	150
6.6.1	การส่องสว่างระนาบผิวคานด้านนอกโดยการใช้การสาดย้อมผนัง ของสะพานนวรัฐ..	151
6.6.2	การส่องสว่างส่วนท้องสะพานและเสาตอม่อของตัวสะพานของสะพานวรัฐ.....	151
6.6.3	การส่องสว่างเสาตอม่อสะพานนวรัฐโดยการส่องลง.....	152
6.6.4	การส่องสว่างโครงสร้างโค้งของสะพานรัษฎาภิเศกโดยใช้การส่องเน้น.....	152
6.6.5	การส่องสว่างโครงสร้างโค้งของสะพานรัษฎาภิเศกโดยใช้การส่องเน้น.....	152
6.6.6	การส่องสว่างโครงสร้างโค้งสะพานรัษฎาภิเศก.....	153
6.6.7	การส่องสว่างสะพานรัษฎาภิเศกโดยการใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ส่องไปยังระนาบ	153
	ด้านล่างโค้ง.....	153
6.6.8	การส่องสว่างสะพานพระราม 6 โดยการใช้ดวงโคมมุมลำแสงแคบส่องเน้นโครงสร้าง	154
6.6.9	การส่องสว่างสะพานกาญจนาภิเษก.....	154
ข1	สะพานนวรัฐ.....	163
ข2	สะพานสมเด็จพระปิ่นเกล้า.....	164
ข3	สะพานสมเด็จพระเจ้าตากสิน.....	164

ภาพที่		หน้า
ข4	สะพานปทุมธานี	165
ข5	สะพานพระปกเกล้า	166
ข6	สะพานพระนั่งเกล้า	167
ข7	สะพานพระราม 7	167
ข8	สะพานพระราม 3	168
ข9	สะพานพระราม 5	168
ข10	สะพานพระราม 4	169
ข11	สะพานคู่ขนานพระนั่งเกล้า	169
ข12	สะพานมิตรภาพ 3	170
ข13	สะพานกษัตราธิราช	170
ข14	สะพานตาปี	171
ข15	สะพานนเรศวร	172
ข16	สะพานรัษฎาภิเศก	173
ข17	สะพานปรีดี-ธำรง	173
ข18	สะพานเดชาติวงศ์	174
ข19	สะพานพระราม 6	174
ข20	สะพานปฐมบรมราชานุสรณ์	175
ข21ก	สะพานข้ามแม่น้ำแคว	175
ข21ข	สะพานข้ามแม่น้ำแคว	176
ข22	สะพานกรุงธน	177
ข23	สะพานกรุงเทพ	177
ข24	สะพานนนทบุรี	178
ข25	สะพานดำ เมืองเชียงใหม่	178
ข26	สะพานพระราม 9	179
ข27	สะพานพระราม 8	179
ข28	สะพานภูมิพล 1 และภูมิพล 2	180
ข29	สะพานกาญจนาภิเษก	180

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในอดีตการออกแบบเพื่อส่องสว่างพื้นที่ภายนอกอาคารในเวลากลางคืน มีวัตถุประสงค์เพื่อทดแทนแสงธรรมชาติ และสร้างความปลอดภัยให้กับผู้ที่จำเป็นต้องเดินทางขนส่งสินค้า ทำกิจกรรมนอกที่อยู่อาศัยภายในเขตเมือง หรือประดับตกแต่งอาคาร สถานที่สำคัญเป็นการชั่วคราวในงานเทศกาล โดยใช้แหล่งกำเนิดแสงจากคบไฟ ตะเกียงน้ำมัน และตะเกียงก๊าซ เป็นต้น จนกระทั่งมีการประดิษฐ์หลอดไฟฟ้าขึ้นจึงมีการให้แสงสว่างภายนอกอาคารอย่างแพร่หลาย ต่อมาจึงเกิดแนวคิดในการออกแบบการส่องสว่างภายนอกอาคารเพื่อความสวยงาม เกิดขึ้นเป็นครั้งแรกเมื่อกรุงปารีสเป็นเจ้าภาพจัดนิทรรศการยูนิเวอร์แซล เอกซ์โปซิชั่น (Universal Exposition) ในปี ค.ศ.1889 มีก่อสร้างหอไอเฟล (Eiffel Tower) เพื่อเป็นสัญลักษณ์สำคัญของนิทรรศการนี้ และในเวลากลางคืนมีการประดับดวงโคมเพื่อสร้างความสวยงามจนกระทั่งถึงทุกวันนี้ หอไอเฟลจึงเป็นโครงสร้างทางสถาปัตยกรรมแรกของโลกที่มีการประดับดวงโคมตกแต่งถาวร หลังจากนั้นการใช้ไฟประดับตกแต่งโครงสร้างทางสถาปัตยกรรมที่เป็นสัญลักษณ์สำคัญของเมืองจึงเป็นที่นิยม เช่น พระราชวัง ป้อมปราการ มหาวิหาร หอคอย และอนุสาวรีย์ เป็นต้น เพื่อสร้างความน่าสนใจและช่วยส่งเสริมการท่องเที่ยวของแต่ละเมือง

สะพานเป็นโครงสร้างทางสถาปัตยกรรมที่ใช้เชื่อมต่อเพื่อให้มีการสัญจรต่อเนื่องระหว่างพื้นที่ ทำให้เกิดการคมนาคม การขนส่ง และการไปมาหาสู่ระหว่างผู้คนในพื้นที่ต่างๆ สะพานจึงมีความสำคัญและเป็นสัญลักษณ์หนึ่งของพื้นที่นั้น ในอดีตวิศวกรเป็นผู้ออกแบบสะพานโดยคำนึงถึงประโยชน์ใช้สอยเป็นหลัก ต่อมาจึงมีการคำนึงถึงความสวยงามเพื่อให้เกิดทัศนียภาพโดยเฉพาะในเขตเมืองสำคัญ

การออกแบบการส่องสว่างสำหรับประดับตกแต่งสะพานเป็นทางเลือกหนึ่งในการสร้างความสวยงามให้กับสะพาน และสร้างความน่าสนใจให้กับผู้พบเห็น โดยนักออกแบบแสงสว่างเป็นผู้กำหนดแนวคิด วิธีและเทคนิคในการสร้างความน่าสนใจ

สะพานข้ามแม่น้ำในประเทศไทย มีรูปแบบที่แตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับเทคโนโลยีในการก่อสร้าง สภาพทางเศรษฐกิจและสังคมในช่วงเวลานั้น ทว่าสะพานต่างๆ มีลักษณะร่วมกันคือเป็นสัญลักษณ์สำคัญและสถานที่ท่องเที่ยวของเมือง ทั้งยังเป็นสถานที่พบปะของคนในเมือง จึงเริ่มมีการตกแต่งสะพานเพื่อความสวยงาม สะพานบางแห่งมีการออกแบบการส่องสว่างสำหรับประดับตกแต่งอย่างสวยงาม แต่ส่วนใหญ่มักมีเฉพาะการส่องสว่างสำหรับถนนเท่านั้น

จากการศึกษางานวิจัยและทบทวนวรรณกรรมในประเทศและต่างประเทศพบว่า งานวิจัยส่วนใหญ่มิได้กล่าวถึงเทคนิคหรือรูปแบบการส่องสว่างสะพานแต่ละประเภท มีเพียงแนวทางในการออกแบบที่ไม่ละเอียดมากนัก (Brandi, 2006) และมีผลของงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างความสวยงามของสะพาน (bridge aesthetics) ว่าการออกแบบการส่องสว่างเป็นปัจจัยหนึ่งที่สามารถสร้างความสวยงามให้แก่สะพานได้ (Gottemoeller, 1997) ส่วนในประเทศไทย การท่องเที่ยวแห่งประเทศไทยได้จัดทำรายงานโครงการศึกษาความเหมาะสมและการออกแบบรายละเอียดการให้แสงสว่างโบราณสถานในกรุงเทพมหานคร (พิสิษฐ์ เจริญวงศ์, 2530) รายงานโครงการศึกษาความเหมาะสมและการออกแบบรายละเอียดการให้แสงสว่างโบราณสถานในเมืองเชียงใหม่ (มรดกโลก, 2537) ซึ่งมีแนวทางการออกแบบการส่องสว่างสะพานที่เป็นโบราณสถาน เช่น สะพานปฐมบรมราชานุสรณ์ สะพานมัฆวานรังสรรค์ เป็นต้น

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

ต้องการศึกษา วิเคราะห์และเสนอแนะแนวทางในการออกแบบการส่องสว่างสำหรับประดับตกแต่งสะพานรูปแบบต่างๆ ตามวัตถุประสงค์ดังนี้

1.2.1 ศึกษาพัฒนาการ เก็บรวบรวมข้อมูล จำแนก และวิเคราะห์รูปแบบโครงสร้างทางสถาปัตยกรรมของสะพานที่มีผลต่อการออกแบบการส่องสว่างสำหรับประดับตกแต่ง

1.2.2 ศึกษาหลักเกณฑ์ และแนวทางที่มีผลต่อการออกแบบการส่องสว่างสะพานข้ามแม่น้ำ

1.2.3 วิเคราะห์การออกแบบการส่องสว่างสำหรับประดับตกแต่งสะพานข้ามแม่น้ำรูปแบบต่างๆในประเทศไทยจากกลุ่มตัวอย่าง

1.2.4 เสนอแนะแนวทางการออกแบบการส่องสว่างสำหรับประดับตกแต่งสะพานข้ามแม่น้ำรูปแบบต่างๆในประเทศไทย แก่สถาปนิก วิศวกร นักออกแบบ และหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในการสร้างภูมิทัศน์ของเมือง

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

การออกแบบการส่องสว่างสำหรับประดับตกแต่งสะพานข้าแม่น้ำ เป็นการศึกษารวบรวมและวิเคราะห์และเสนอแนะแนวทางในการออกแบบ โดยมีขอบเขตการวิจัยดังนี้

1.3.1 ศึกษาเฉพาะสะพานข้ามแม่น้ำในเขตเมืองที่มีลักษณะของสิ่งแวดล้อมประเภท E3 และ E4 ตาม guidance on limitation of effective obtrusive light from outdoor environment ของ Commission Internationale de l'Eclairage (CIE)

1.3.2 ศึกษาเฉพาะองค์ประกอบของโครงสร้างทางสถาปัตยกรรมที่มีผลต่อการออกแบบการส่องสว่าง ทั้งนี้ไม่ได้รวมถึงส่วนของทางลาดสะพาน (approaches)

1.3.3 ศึกษาการออกแบบการส่องสว่างสำหรับประดับตกแต่ง ไม่รวมถึงการส่องสว่างสำหรับถนน

1.4 ข้อจำกัดของการวิจัย

เนื่องจากงานวิจัยบางส่วนเป็นการทบทวนเอกสารและวัตถุ เช่น รูปถ่ายโบราณหรือแบบก่อสร้างของสะพานต่างๆ สำหรับสะพานที่มีการก่อสร้างมานาน อาจไม่สามารถนำเสนอข้อมูลได้อย่างครบถ้วนได้ ส่วนข้อมูลที่นำมาอ้างอิงเป็นกรณีศึกษาโดยเฉพาะการออกแบบการส่องสว่างสำหรับประดับตกแต่งสะพานในต่างประเทศ ซึ่งเป็นบทความและภาพถ่ายจากการสืบค้นแหล่งข้อมูลสารสนเทศต่างๆ จึงไม่สามารถนำเสนอข้อมูลบางส่วนในเชิงลึกได้

1.5 คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

1.5.1 นิยามและคำศัพท์ที่เกี่ยวข้องกับสะพาน

(1) โครงสร้างสะพานส่วนบน (superstructure)

โครงสร้างที่มีหน้าที่รับน้ำหนักตัวสะพาน ส่วนมากอยู่เหนือระดับตัวสะพาน บางประเภทอาจอยู่เสมอหรือต่ำกว่าก็ได้ ในทางสถาปัตยกรรม หมายถึงโครงสร้างที่อยู่เหนือระดับดินขึ้นไป หรืออยู่เหนือเส้นอ้างอิงของสิ่งปลูกสร้าง เรียกว่า โครงสร้างส่วนบน โครงสร้างเหนือฐาน

(2) โครงสร้างทางสถาปัตยกรรม (architectural structure)

สิ่งปลูกสร้างซึ่งก่อสร้างขึ้นเพื่อการใช้งานถาวรหรือชั่วคราวก็ได้ สามารถแบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ อาคารและไม่ใช่อาคาร สิ่งปลูกสร้างที่เป็นอาคารส่วนมากเป็นโครงสร้างที่มีการปิดล้อม มีการใช้งาน อยู่อาศัยหรือมีมนุษย์ใช้ทำกิจกรรมภายในโครงสร้างนั้น ส่วนสิ่งปลูกสร้างที่ไม่ใช่อาคารสร้างขึ้นเพื่อตอบสนองความต้องการอื่นๆ ที่ไม่ใช่การทำกิจกรรมของมนุษย์ เช่น สะพาน เขื่อน เสาไฟฟ้าแรงสูง หรือเสารับส่งคลื่นวิทยุเป็นต้น

(3) ช่วงกลางสะพาน ช่วงประธานสะพาน (main span)

ช่วงของตัวสะพานซึ่งมักอยู่บริเวณกึ่งกลางของตัวสะพานและมีช่วงความยาวมากที่สุด

(4) ตัวสะพาน (bridge deck)

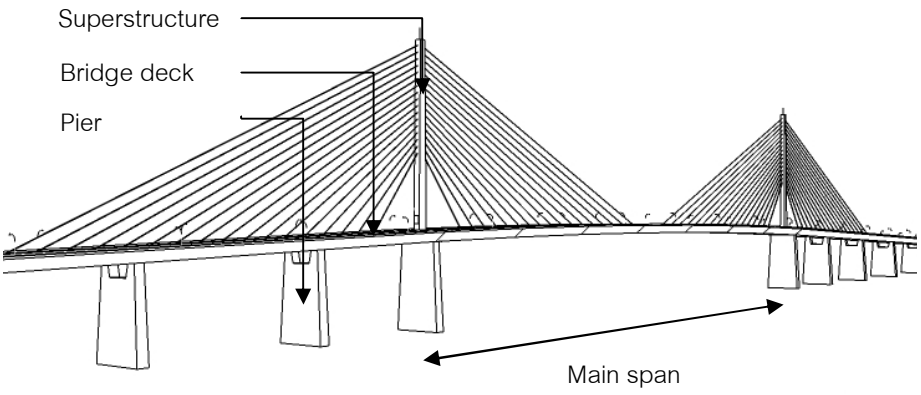
พื้นผิวของสะพาน อาจมีการปู เท หรือทาทับด้วยวัสดุปิดผิวเพื่อประโยชน์ในการจราจร เช่น คอนกรีตหรือยางมะตอยเป็นต้น

(5) เสารับน้ำหนักรวม ตอม่อ (pier)

เสาที่รับน้ำหนักรวมซึ่งถ่ายลงมาจากอาคารหรือสิ่งก่อสร้าง เป็นต้น (ราชบัณฑิตยสถาน, 2554)

(6) ฐานค้ำยัน (Abutment)

ส่วนฐานของโครงสร้างที่ใช้รับค้ำยัน โครงสร้างโค้ง และโครงสร้างทรงโค้ง



ภาพที่ 1.5.1 ส่วนประกอบของ สะพาน

ที่มา: ผู้วิจัย

1.5.2 นิยามและคำศัพท์ที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบแสงสว่าง

(1) การออกแบบเพื่อส่องสว่างโครงสร้างทางสถาปัตยกรรม (architectural lighting design)

สาขาหนึ่งของความรู้ด้านสถาปัตยกรรมและวิศวกรรม ที่เกี่ยวกับการออกแบบเพื่อส่องสว่างโครงสร้างทางสถาปัตยกรรมและพื้นที่ใช้งานภายในและภายนอกเป็นการถาวร เพื่อให้มีการส่องสว่างที่มีประสิทธิภาพ ทั้งความสวยงาม การประหยัดพลังงานและงบประมาณ

(2) การออกแบบเพื่อส่องสว่างถนน (street lighting)

การออกแบบเพื่อส่องสว่างถนน เขตทางและทางสัญจรประเภทต่างๆ มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างความปลอดภัย และเพิ่มความสามารถในการมองเห็นยานพาหนะ และวัตถุต่างๆบนท้องถนนของผู้ขับขี่ยานพาหนะและคนเดินเท้า

(3) ดวงโคม (luminaire)

องค์ประกอบรวมของหลอดไฟฟ้า (lamp) อุปกรณ์ประกอบในวงจรหลอด และโคมไฟฟ้า (fixtures) มีหน้าที่ป้องกันหลอดไฟฟ้าและอุปกรณ์ประกอบจากการกระทบจากภายนอกและเป็นที่จับยึดหลอดไฟฟ้าและอุปกรณ์ประกอบรวมทั้งเชื่อมต่อวงจรไฟฟ้าของหลอดไฟฟ้า บังคับทิศทางของแสงที่ออกมาจากหลอดไฟฟ้าไปตามทิศทางที่ต้องการและให้ความสวยงาม

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 เก็บรวบรวมและวิเคราะห์รูปแบบโครงสร้างทางสถาปัตยกรรมของสะพานข้ามแม่น้ำในประเทศไทย

1.6.2 เข้าใจพัฒนาการ แนวความคิด และเทคนิคในการออกแบบการส่องสว่างสำหรับประดับตกแต่งสะพานข้ามแม่น้ำ

1.6.3 เสนอแนวทางเลือก ในการออกแบบการส่องสว่างสำหรับประดับตกแต่งสะพานข้ามแม่น้ำรูปแบบต่างๆ แก่สถาปนิก วิศวกร นักออกแบบ และหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในการสร้างภูมิทัศน์ของเมือง

1.7 วิธีดำเนินการวิจัย

วิธีการศึกษาของการออกแบบการส่องสว่างสำหรับประดับตกแต่งสะพานในเขตเมืองของประเทศไทย ได้แก่ การเลือกกลุ่มตัวอย่าง ใช้วิธีไม่ใช้ความน่าจะเป็น (nonprobability sampling) แบบเจาะจง กรณีตรงตามประเด็นวิจัยมากกว่าปกติ (intensity sampling) การเก็บรวบรวมข้อมูลใช้การวิจัยเชิงประจักษ์ (empirical research) ด้วยการสำรวจภาคสนามและการทบทวนเอกสารและบันทึก (document and record review) ส่วนการวิเคราะห์ข้อมูลใช้วิธีจัดทำรหัสและสร้างกลุ่มหัวข้อเพื่อจำแนกแยกแยะข้อมูล (identifying and categorizing data) ซึ่งมีระเบียบวิธีศึกษาดังนี้

1.7.1 การทบทวนวรรณกรรมและเกณฑ์ที่เกี่ยวข้อง

1.7.2 การเก็บรวบรวมข้อมูลส่วนที่เกี่ยวข้องกับการศึกษา

การเก็บข้อมูลในการศึกษาใช้วิธีการสังเกตการณ์แบบไม่มีส่วนร่วมและการทบทวนเอกสารและบันทึก ในการเก็บข้อมูลขั้นต้น

1.7.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลในการศึกษาครั้งนี้แบ่งเป็น 2 ช่วง คือ การวิเคราะห์ข้อมูลระหว่างการเก็บข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูลหลังการเก็บข้อมูล เพื่อจัดแนวทางในการออกแบบ

1.7.4 สรุปผล ประเมินผลและสรุปข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัย

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

บทนี้กล่าวถึงข้อมูลที่ได้จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ซึ่งแบ่งข้อมูลออกเป็น 4 ส่วน มีรายละเอียดดังนี้

ส่วนที่ 1 การศึกษาเกี่ยวกับสะพาน พัฒนาการของสะพาน ส่วนประกอบ รูปแบบและโครงสร้าง สถาปัตยกรรมของสะพาน ประเภทของสะพาน ความงามในการออกแบบสะพาน และเกณฑ์ในการประเมินความสำคัญของสะพานของ Transportation Research Board (TRB)

ส่วนที่ 2 การศึกษาเกี่ยวกับองค์ประกอบพื้นฐาน การจัดองค์ประกอบทางสถาปัตยกรรม ภาษาภาพ และรูปทรงเรขาคณิตพื้นฐานกับแสง

ส่วนที่ 3 การศึกษาเกี่ยวกับการออกแบบการส่องสว่างพื้นที่ภายนอกอาคาร แสงและการมองเห็น พัฒนาการในการออกแบบการส่องสว่าง แนวคิดในการออกแบบการส่องสว่าง หลักเกณฑ์ในการออกแบบการส่องสว่าง แนวทางในการออกแบบการส่องสว่าง ชนิดของดวงโคมและหลอดไฟฟ้า เทคนิคการออกแบบการส่องสว่าง เศรษฐศาสตร์สำหรับการออกแบบการส่องสว่าง (lighting economics) และ DIALux

ส่วนที่ 4 การศึกษานำร่อง การศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องและกรณีศึกษาตัวอย่าง ได้แก่ การศึกษานำร่อง องค์ประกอบทางการออกแบบแสงประดิษฐ์บนยอดอาคารสูงโดย วิศวกร ทางทอง (2553) Lighting Monument: Reflection on Outdoor Lighting and Environmental Appraisal โดย Medmedalp Tural และ Cenzig Yener (2005) สะพานซานดิเอโก โคโรนาโด (San Diego- Coronado bridge) โดยบริษัท สเปียร์ เมเจอร์ แอนด์ แอสโซซิเอท จำกัด (Speirs Major and Associates) สะพานวิกตอเรีย (Victoria bridge)โดย จอห์น แฟกก์ (John Fagg) สะพานไฮเทคแคมปัส (High tech Campus viaduct)โดย ฮาร์ ฮอลลันดส์ (Har Hollands) และสะพานออกตาวิโอ ฟราย เดอ โอลิเวอิรา (Octavio Frias de Oliveira bridge) โดย ปินิโอ โกเดย์ (Plinio Goday)

2.1 สะพาน

สะพานเป็นสิ่งปลูกสร้างเพื่อเชื่อมต่อพื้นที่สองฝั่งเข้าด้วยกัน หรือเพื่อข้ามอุปสรรคและสิ่งกีดขวาง เช่น แม่น้ำ ลำคลอง หุบเขา ถนน ให้การเดินทางและขนถ่ายสิ่งของเป็นไปโดยสะดวก การออกแบบสะพานนั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยหลักคือความยาวของตัวสะพาน วัตถุประสงค์การใช้งาน สภาพที่ตั้ง และเทคโลยีวัสดุและเทคนิคการก่อสร้างด้วย นอกจากนี้การออกแบบสะพานที่ดีต้องรูปลักษณ์ที่สวยงาม (aesthetics) ซึ่งเกิดจากความงามของโครงสร้าง

ดี จอห์นสัน วิกเตอร์ (Victor, 1980) ได้ให้นิยามของสะพานไว้ว่า “A bridge is a structure providing passage over an obstacle without closing the way beneath. The required passage may be for a road, a railway, pedestrian, a canal or a pipeline. The obstacle to be crossed many be a river, a road, railway or a valley”

ความสำคัญของสะพานนอกจากเป็นทางเชื่อมทางกายภาพแล้วยังเป็นจุดเชื่อมต่อทางวัฒนธรรม การแลกเปลี่ยนสินค้า และยังแสดงถึงความก้าวหน้าทางวิทยาการต่างๆ ดังที่โทมัส บี แมคคอลี (Thomas B. Macaulay) กล่าวว่า “Of all inventions, the alphabet and the printing press alone excepted, those inventions which abridge distance have done the most for the civilization of our species”

ในยุคแรก สะพานเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ มนุษย์ได้เรียนรู้ และเลียนแบบจนพัฒนาเป็นสะพานที่เห็นกันในปัจจุบัน ซึ่งมีเพียง 3 ประเภท คือ สะพานที่เกิดจากลำต้นของต้นไม้ที่หล่นทับ พาดข้ามลำธารหรือหุบเหว สะพานที่เกิดจากการพังทะลายของหินบริเวณลำธารและถูกกัดเซาะจนเป็นรูโค้ง (arch) และสะพานที่เกิดจากเถาวัลย์หรือรากไม้ที่เกี่ยวพันกัน

มนุษย์รู้จักการสร้างสะพานแบบคานหินเมื่อ 4,000 ปีก่อนคริสตกาล โดยนำก้อนหินมาเรียงซ้อนกันเป็นตอม่อ และพาดข้ามแผ่นดินเพื่อใช้เป็นตัวสะพาน นอกจากนี้ยังมีสะพานแบบคานซึ่งใช้เรือเป็นตัวรับน้ำหนัก เรียกว่า pontoons ในคราวที่กษัตริย์เซอซิส (Xerxes) แห่งเปอร์เซียยกทัพข้ามช่องแคบบอสฟอรัส (Bosphorus channel) ในตุรกีเพื่อยกทัพไปตีนครรัฐกรีก

วิทยาการในการก่อสร้างสะพานในยุคโบราณก้าวหน้าขึ้นถึงจุดสูงสุดในสมัยอาณาจักรโรมัน ชาวโรมันสร้างสะพานส่งน้ำ (aqueducts) เพื่อนำน้ำเข้ามาใช้ในกรุงโรม สร้างถนนและสะพานเพื่อใช้เดินทางระหว่างเมืองต่างๆ ในอาณาจักร สะพานในสมัยสมัยโรมันที่มีชื่อเสียง เช่น ปอนดูการ์ด (pont-du-Gard) ทางภาคใต้ของประเทศฝรั่งเศสซึ่งเป็นสะพานโค้งครึ่งวงกลม มีความยาวทั้งหมดประมาณ 90 เมตร เทคโนโลยีที่ชาวโรมันใช้ในการสร้างสะพาน คือ

การประสานชิ้นส่วนของหินรูปลิ่ม (voussiors) ด้วยปูน (mortar) หรือแผ่นโลหะ สร้างฐานรากในน้ำจากหิน ท่อนไม้และคอนกรีต ซึ่งเป็นวัสดุที่ชาวโรมันค้นพบ

หลังจากอาณาจักรโรมันล่มสลาย วิทยาการในการก่อสร้างสะพานจึงหายไปจากทวีปยุโรป ขณะที่ภูมิภาคอื่นๆ เช่น จีน อินเดีย และละตินอเมริกามีการสร้างสะพานแขวนจากไม้ไผ่และสะพานโค้งจากหินที่มีความบางกว่าโค้งของโรมันในประเทศจีน

สมัยยุคกลางในทวีปยุโรป ศาสนจักรและโบสถ์เป็นผู้มีอำนาจควบคุมการก่อสร้างอาคารบ้านเรือนรวมทั้งสะพาน สะพานที่มีชื่อเสียงในยุคนี้ เช่น สะพานข้ามแม่น้ำเทมส์แห่งแรก ซึ่งเป็นสะพานโค้ง ก่อสร้างด้วยหิน เริ่มสร้างในปี ค.ศ. 1176 และเสร็จในปี ค.ศ. 1209 สะพานเวคคิโอ (ponte Vecchio) ในฟลอเรนซ์ จนกระทั่งยุคเรอเนซองต์มีการพัฒนาองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และการก่อสร้าง พาลลาดิโอ (Palladio) ซึ่งเป็นสถาปนิกชาวอิตาลีได้คิดค้นสะพานโครงถัก (truss) ซึ่งทำจากไม้ นอกจากนี้สถาปนิกอิตาลีที่ทำงานในราชสำนักฝรั่งเศสได้นำความรู้ไปก่อสร้างสะพานเชื่อมเกาะกลางแม่น้ำ (Ile de la Cite) กับฝั่งทั้งสองของแม่น้ำแซนน์ (Seine) ในกรุงปารีส เป็นสะพานโค้งก่ออิฐความยาวประมาณ 77 เมตร ประกอบด้วยสะพานทั้งหมด 7 ช่วง

ศตวรรษที่ 18 เป็นช่วงการปฏิวัติอุตสาหกรรม มีการพัฒนาวิทยาการความรู้ในหลายแขนง โดยเฉพาะด้านวิศวกรรม มหาวิทยาลัยในฝรั่งเศสมีบทบาทสำคัญในการเรียนการสอนและคิดค้นทฤษฎีเกี่ยวกับโครงสร้าง สะพานในช่วงต้นยุคปฏิวัติอุตสาหกรรมยังคงเป็นสะพานก่ออิฐหรือหินอยู่ แต่มีอัตราส่วนระหว่างความลึกต่อช่วงความยาวสะพานเพิ่มขึ้นเป็น 1 ต่อ 5 เมื่อเทียบกับสะพานสมัยโรมันที่มีอัตราส่วนดังกล่าวอยู่ที่ 1 ต่อ 3 เช่น สะพานคองคอร์ด (pont de la Concorde) ในปารีส จนกระทั่ง ปี ค.ศ.1779 สะพานเหล็กหล่อข้ามแม่น้ำเซเวิร์น (Severn) ได้สร้างเสร็จเป็นสะพานแรก จึงหมดยุคของสะพานก่ออิฐหรือหินในทวีปยุโรป แม้เหล็กหล่อมีคุณสมบัติในการรับแรงดึงไม่ดีมากนัก แต่สามารถรับแรงอัดได้ดีจึงนำไปใช้ในการก่อสร้างสะพานที่ใช้โค้งเป็นโครงสร้างรับน้ำหนัก

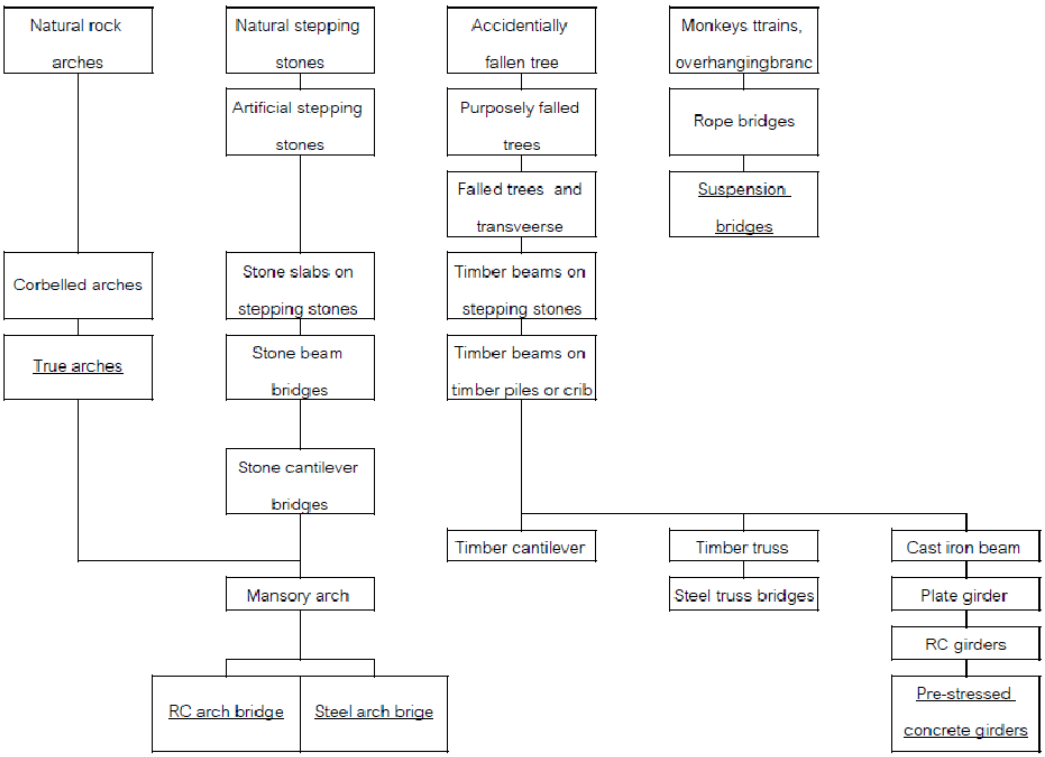
ต้นศตวรรษที่ 19 มีการประดิษฐ์เหล็กเหนียว (wraught iron) ขึ้นมา ซึ่งมีคุณสมบัติในการรับแรงดึงดีกว่าเหล็กหล่อ จึงถูกนำมาใช้ในการก่อสร้างสะพานแขวน ในปี ค.ศ.1808 เจมส์ ฟินเลย์ (James Finley) ได้ออกแบบสะพานแขวนข้ามแม่น้ำสำหรับคนเดินในมลรัฐฟิลาเดลเฟีย สะพานแขวนในยุคแรกยังไม่สามารถรับยานพาหนะที่มีน้ำหนักมาก เช่น รถไฟหรือรถบรรทุกขนาดใหญ่ได้ ในช่วงเวลาเดียวกันกุสตาฟ ไอเฟล (Gustave Eiffel) ได้พัฒนาโค้งที่เกิดจากโครงถักเหล็กสำหรับเป็นสะพานรถไฟในฝรั่งเศส หรือสะพานฟิฟ ออฟ เดอะ ฟอร์ธ (Firth of the Forth) ในเอดินเบอระ (Edinburg) ที่ใช้หลักการยื่นโครงสร้าง (cantilever) อาจ

กล่าวได้ว่าในช่วงศตวรรษที่ 19 เป็นช่วงที่มีการคิดค้นทฤษฎีทางโครงสร้างทำให้เกิดรูปแบบสะพานหลากหลายเหมาะสมกับการใช้งานประเภทต่างๆ อย่างกว้างขวาง

ปลายศตวรรษที่ 19 คอนกรีตเป็นวัสดุที่ได้รับความนิยมในการก่อสร้างสะพานจำนวนมาก ในเมืองแฟรงเฟิร์ต (Frankfurt-am-Main) ประเทศเยอรมนี มีการก่อสร้างสะพานโค้งคอนกรีตมากกว่า 30 สะพาน ซึ่งมีช่วงความยาวสะพานถึง 13 เมตร จากนั้นจึงได้มีการพัฒนาให้คอนกรีตสามารถรับแรงดึงเพิ่มขึ้นโดยวิศวกรชาวฝรั่งเศสชื่อฟรองซัวร์ เอนเนบิคส์ (Francois Hennebique) โดยการเพิ่มเหล็กเข้าไปในคอนกรีต ทำให้เกิดคอนกรีตเสริมเหล็ก (reinforced concrete) ซึ่งเป็นวัสดุที่สามารถรับแรงอัดและแรงดึงได้ดี และมีการพัฒนาเป็นคอนกรีตอัดแรง (pre-stressed concrete) ในช่วงต้นศตวรรษที่ 20

สะพานในศตวรรษที่ 20 สร้างขึ้นเพื่อรองรับการขยายตัวของเมืองและการคมนาคม ที่เพิ่มขึ้นหลักสงครามโลกครั้งที่ 2 มีเทคโนโลยีใหม่ๆ ที่ถูกคิดค้นเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของสะพาน เช่น สะพานขึง หรือโครงสร้างตัวสะพานแบบคานประกอบรูปกล่อง (welded-steel box girder) เพื่อลดน้ำหนักโครงสร้างตัวสะพานลง ในเมืองใหญ่ทั่วทุกภูมิภาคของโลกมักมีสะพานขนาดใหญ่ที่มีชื่อเสียง เป็นที่สนใจของนักท่องเที่ยวจำนวนมาก เช่น สะพานโกลเด้นเกท (Golden Gate) ในซานฟรานซิสโก สะพานซิดนีย์ ฮาร์เบอร์ (Sydney Habour) ในออสเตรเลีย หรือสะพานขึงแบบ side spar ของสถาปนิกซานติเอโก คาราทาวา (Santiago Calatrava) ในประเทศสเปน เป็นต้น

สะพานในประเทศไทยที่สร้างขึ้นในอดีตเป็นสะพานไม้ สร้างขึ้นชั่วคราวใช้ในการศึกสงคราม ส่วนสะพานที่สร้างขึ้นอย่างถาวรนั้นเป็นสะพานข้ามแม่น้ำลำคลอง เริ่มมีในสมัยรัชกาลพระบาทสมเด็จพระจอมเกล้าเจ้าอยู่หัวเพื่อรองรับกิจกรรมการค้าและการพัฒนาประเทศอย่างตะวันตก ปรากฏชื่อเช่น สะพานหัน สะพานเหล็กบน สะพานเหล็กล่างและสะพานตามแนวถนนเจริญกรุง สะพานข้ามแม่น้ำเริ่มมีขึ้นในปี พ.ศ. 2430 เป็นสะพานไม้ข้ามแม่น้ำปิงในเมืองเชียงใหม่ และสะพานข้ามแม่น้ำวังในเมืองลำปาง ต่อมาจึงพัฒนาเป็นสะพานเหล็กและสะพานคอนกรีตตามลำดับ ส่วนสะพานข้ามแม่น้ำเจ้าพระยาแห่งแรกคือ สะพานพระราม 6 สร้างขึ้นเมื่อปี พ.ศ. 2465 และเปิดใช้งานในปี พ.ศ. 2469 เป็นสะพานโครงถักเหล็กชนิดยื่นสมดุล (balance cantilever)



ภาพที่ 2.1.1 แผนภูมิแสดงวิวัฒนการของสะพาน

ที่มา Victor, D. J. 1980: 3

2.2 ส่วนประกอบ รูปแบบและโครงสร้างสถาปัตยกรรมของสะพาน

โครงสร้างสะพานประกอบด้วยส่วนประกอบสำคัญดังนี้

(1) ตัวสะพาน (deck) ซึ่งประกอบขึ้นจาก แผ่นพื้น คาน หรือโครงถักเป็นต้น

(2) ส่วนรับน้ำหนักตัวสะพาน (bearing)

(3) ฐานค้ำยัน (abutment) และตอม่อ (pier)

(4) ฐานราก (foundation) ของฐานค้ำยันและตอม่อ

(5) โครงสร้างเพื่อป้องกันการพังทะลายของตลิ่ง (revetment) บริเวณฐานค้ำยัน

(6) ทางลาด (approaches)

(7) ราวกันตก (handrails) หรือขอบทาง

ส่วนของโครงสร้างที่อยู่เหนือส่วนรับน้ำหนักตัวสะพาน เรียกว่าโครงสร้างสะพานส่วนบน (superstructure) และส่วนที่อยู่ด้านล่างเรียกว่า โครงสร้างสะพานส่วนล่าง (substructure) การจำแนกรูปแบบสะพานสามารถจำแนกได้หลายรูปแบบ เช่น ตามโครงสร้างสะพานส่วนบน ตามขนาดความยาวสะพาน ตามวิธีการก่อสร้าง ตามวัสดุ

สำนักสำรวจและออกแบบ กรมทางหลวงชนบท (ทรงพล จารุวิศิษฐ์ และสุทธิพล วิ-วัฒนะทีปะ, 2551) ได้แบ่งชนิดของสะพานตามช่วงความยาวสะพานซึ่งเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดในการกำหนดรูปแบบสะพาน ดังนี้

(1) สะพานขนาดเล็กเป็นสะพานที่มีช่วงความยาวน้อยกว่า 15 เมตร ได้แก่ สะพานไม้ สะพานพื้นท้องเรียบ (slab) สะพานคานรูปตัวที (T-beam) สะพานคานคอนกรีตรูปตัวไอ (precast concrete I-beam) และสะพานคานรูปกล่อง (precast concrete box beam)

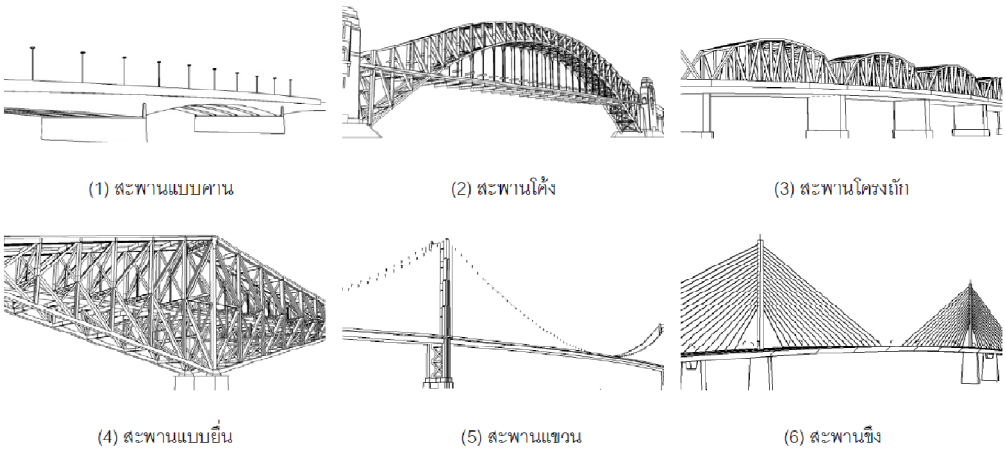
(2) สะพานขนาดกลางเป็นสะพานที่มีช่วงความยาวระหว่าง 15- 50 เมตร เช่น สะพานคานรูปตัวไอและสะพานคานรูปกล่องแบบแบ่งส่วน (segment) สะพานคานเหล็กเชิงประกอบ (composite steel plate girder) สะพานคานรูปกล่องแกนแผ่นเหล็กลูกฟูก (corrugated steel web box girder) สะพานคานคอนกรีตรูปกล่องแบบหล่อในที่ (cast-in-situ concrete box girder) สะพานคานเหล็กเชิงประกอบรูปกล่อง (composite steel box girder) เป็นต้น

(3) สะพานขนาดยาวเป็นสะพานที่มีช่วงความยาว 50-150 เมตร เช่น สะพานคานเหล็กเชิงประกอบรูปกล่อง (composite steel box girder) สะพานคานคอนกรีตโพสเทนชั่นรูปกล่องชนิดหล่อในที่ (cast-in-situ post-tensioned concrete box girder) สะพานคอนกรีตโพสเทนชั่นแบบแบ่งส่วน (segmental post-tensioned concrete) สะพานโค้งคอนกรีตหรือเหล็ก (concrete arch, steel arch) สะพานโครงถักเหล็ก (steel truss) เป็นต้น

(4) สะพานขนาดยาวพิเศษเป็นสะพานที่มีช่วงความยาวมากกว่า 150 เมตร ได้แก่ สะพานขึง (cable-stayed) และสะพานแขวน (suspension)

ในประเทศไทย สะพานช่วงสั้นเป็นสะพานพื้นท้องเรียบหรือสะพานคอนกรีตเสริมเหล็กธรรมดา สะพานช่วงกลางเป็นสะพานคานรูปกล่องคอนกรีตอัดแรง ถ้ามีระยะความยาว 40-60 เมตรเป็นสะพานโครงถักเหล็ก

การแบ่งประเภทสะพานตามความยาวช่วยในเรื่องการวางผัง การวางแนวทางการออกแบบและวิธีการก่อสร้างให้สะดวกรวดเร็วยิ่งขึ้น ในทางกลับกันสามารถจำแนกสะพานตามรูปทรงหรือชนิดของโครงสร้างสะพานส่วนบน (form or type of superstructure) ที่เห็นได้ง่ายและชัดเจนกว่าการจำแนกตามความยาว ซึ่งรูปร่างและรูปทรงสะพานขึ้นอยู่กับโครงสร้างสะพานส่วนบนซึ่งเป็นโครงสร้างรับตัวสะพาน แบ่งเป็น 6 ประเภทดังนี้

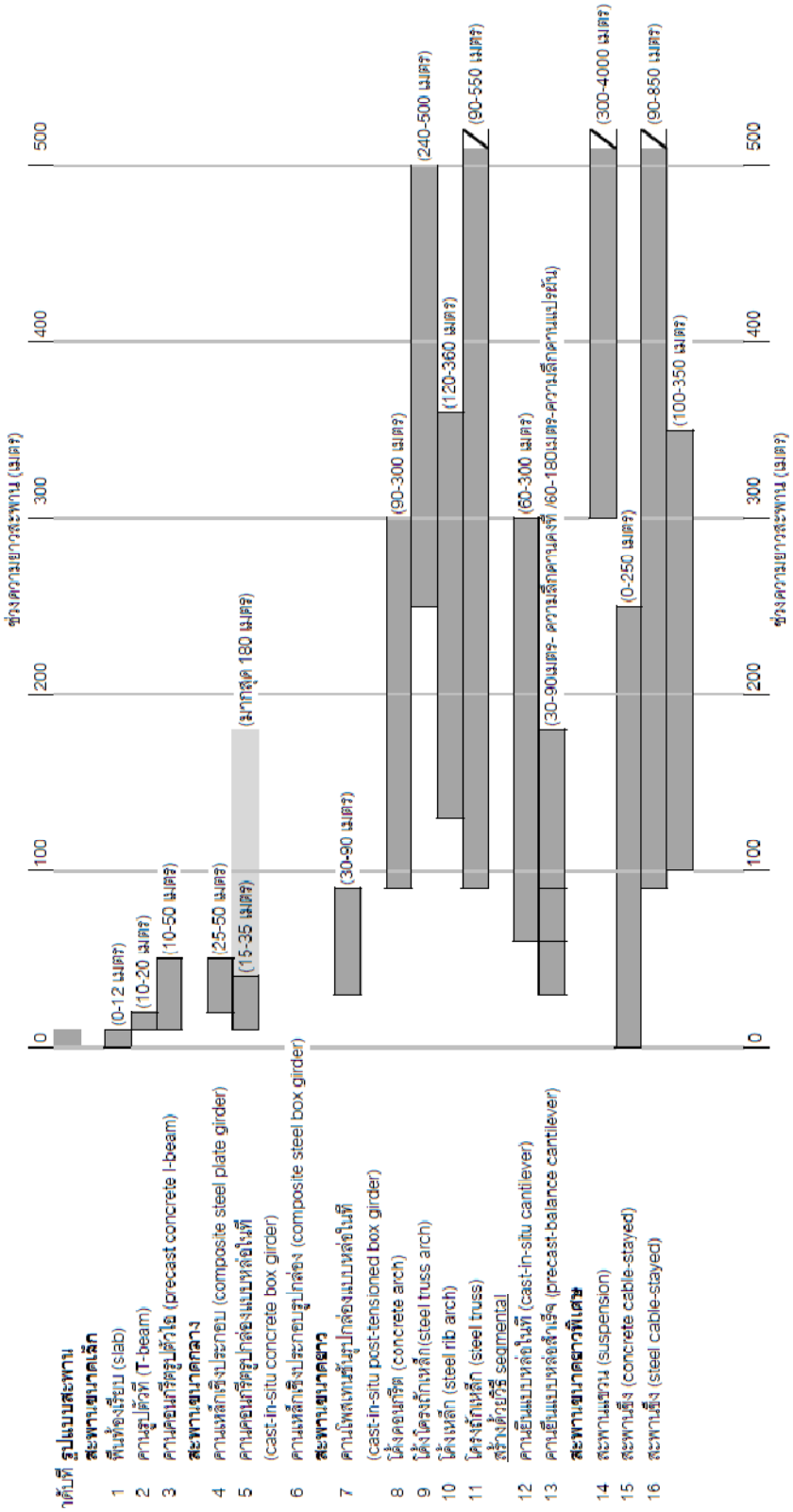


ภาพที่ 2.2.1 สะพานประเภทต่างๆ จำแนกตามรูปทรงของโครงสร้างสะพานส่วนบน
ที่มา: ผู้วิจัย

2.1.1 สะพานแบบคาน (beam bridge)

สะพานแบบคานเป็นสะพานที่มีโครงสร้างซับซ้อนน้อยที่สุด ประกอบด้วยคานวางพาดบนฐานค้ำยัน (abutment) สองฝั่งเป็นสะพานคานอย่างง่าย (simple beam) หากสะพานมีหลายช่วงจะมีตอม่อ (pier) มารับคานสะพาน เป็นสะพานแบบคานต่อเนื่อง วัสดุที่ใช้อาจเป็นไม้ คอนกรีต เหล็ก หรือวัสดุหลายชนิดมาประกอบกันก็ได้ เพื่อช่วยในการรับแรงและโมเมนต์ได้ดีขึ้น รูปทรงหรือหน้าตัดของคานมีหลายแบบขึ้นอยู่กับช่วงพาดของคาน เช่น รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า รูปตัวไอ หรือรูปตัวที สำหรับสะพานที่มีช่วงความยาวมาก นิยมใช้คานที่มีลักษณะเป็นกล่อง (box girder) ทำจากคอนกรีตอัดแรงหรือเหล็กประกอบ (composite steel) หน้าตัดของเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าหรือสี่เหลี่ยมคางหมู คานที่เป็นกล่องมีข้อดีคือลดน้ำหนักของคานและประหยัดวัสดุที่ใช้

สะพานแบบคานบางแบบ มีการหล่อหรือทำแบบโครงสร้างสะพานส่วนบนกับตัวสะพานเป็นโครงสร้างชิ้นเดียวกันซึ่งช่วยร่นระยะเวลาในการทำงาน



ภาพที่ 2.2.2 แผนภูมิแสดงช่วงความยาวสะพานที่เหมาะสมในการก่อสร้าง

ที่มา: ผู้วิจัย

2.1.2 สะพานโค้ง (arch bridge)

สะพานโค้งเป็นสะพานที่ใช้โค้ง (arch) เป็นโครงสร้างหลักหรือโครงสร้างสะพานส่วนบน (superstructure) ในการรับน้ำหนักตัวสะพาน มีทั้งแบบโครงสร้างโค้งอยู่ด้านบนและด้านล่างตัวสะพาน หลักการในการออกแบบสะพานโค้งคือ การอาศัยแรงอัดหรือแรงกด (compression) ของโค้ง เป็นแรงต้านทานในการรับน้ำหนัก น้ำหนักของตัวสะพานถูกถ่ายทอดในรูปแบบแรงอัดตามแนวแกน เสมือนน้ำหนักสะพานและน้ำหนักบรรทุกถูกแขวนไว้อยู่กับโค้ง ทำให้ประหยัดวัสดุในการก่อสร้าง ทว่าสะพานประเภทนี้มีค่าก่อสร้างสูงกว่าสะพานประเภทอื่นที่มีช่วงความยาวเท่ากัน เนื่องจากการติดตั้งชิ้นส่วนสะพานมีความยาก วัสดุที่ใช้ทำโครงสร้างโค้งมักเป็นคอนกรีต โครงถักเหล็ก (steel truss) ท่อเหล็ก (steel tube) หรือโครงเหล็กเชิงประกอบ (composite sectional steel) เป็นต้น สำหรับชิ้นส่วนรับแรงดึง (โครงสร้างที่ถ่ายน้ำหนักระหว่างโค้งและตัวสะพาน) มีทั้งที่เป็นลวดสลิง ท่อเหล็กหรือคอนกรีต

2.1.3 สะพานโครงถัก (truss bridge)

โครงถัก (truss) ประกอบด้วยชิ้นส่วนหลายชิ้นทำหน้าที่รับแรงอัดและหรือแรงดึง ประกอบเป็นรูปคล้ายคานที่มีหน้าตัดกลวง สะพานโครงถักประกอบด้วยโครงสร้างหลักคือ โครงถักสองข้าง และคานค้ำยันในแกนนอน (bracing cross girder) ยึดระหว่างโครงถักทั้งสองข้าง โดยโครงถักที่รับน้ำหนักตัวสะพานอยู่ด้านบนหรืออยู่ด้านล่างสะพานก็ได้ ข้อดีของสะพานชนิดนี้ คือ แรงในโครงถักเป็นแรงตามแนวแกน และลักษณะโครงถักเป็น open web ทำให้มีความลึกมากกว่าคาน ซึ่งมีหน้าตัดเป็นกล่องหรือแบบหน้าตัดทึบ ทำให้สะพานโครงถักใช้วัสดุน้อยและมีน้ำหนักเบา สะพานจึงมีการแอ่นตัว (deflection) น้อยกว่า แต่มีค่าบำรุงรักษาสะพานสูง ช่วงความยาวที่เหมาะสมสำหรับสะพานโครงถักเหล็กคือ 150-500 เมตร

2.1.4 สะพานแบบยื่น (cantilever bridge)

สะพานแบบยื่นอาศัยหลักการของการยื่นสมดุล (balance cantilever) ซึ่งเป็นแนวคิดทางวิศวกรรมในศตวรรษที่ 19 เริ่มจากการสร้างสะพานแบบคานช่วงต่อเนื่องที่มีช่วงกลางสะพานเป็นข้อต่อหมุน (hinge) ซึ่งช่วยลดโมเมนต์ที่เกิดบนคานได้ หลักการออกแบบคือการยื่นคานจากเสาตอม่อ (anchorage) ทั้งสองฝั่งเพื่อเกิดความสมดุล ส่วนมากมีตอม่อลักษณะนี้สองตอม่อเพื่อให้คาน (cantilever arm) สองฝั่งมาบรรจบกันหรือบรรจบกับคานที่ไม่มีตอม่อรองรับ (suspended span) โดยจุดหมุนที่เชื่อมคานเป็นข้อต่อหมุน (hinge) วัสดุที่ใช้ทำส่วนมากเป็นโครงเหล็กถักหรือคอนกรีตอัดแรง โครงสร้างในลักษณะนี้ช่วยประหยัดวัสดุและพื้นที่ก่อสร้าง

2.1.5 สะพานแขวน (cable suspension bridge)

สะพานแขวนเป็นสะพานที่ใช้กันมาตั้งแต่สมัยโบราณ มนุษย์รู้จักการนำเถาวัลย์ยึดโยงข้ามแม่น้ำและผูกปลายสองข้างไว้กับต้นไม้เพื่อเดินข้ามไป แต่มีการแอ่นตัวสูงจึงไม่สามารถใช้กับวัตถุที่มีน้ำหนักมากได้ ความก้าวหน้าในด้านวัสดุศาสตร์ วิศวกรรมและเทคโนโลยีในปัจจุบันทำให้มนุษย์สามารถก่อสร้างสะพานแขวนที่มีช่วงความยาวสะพานยาว 300 เมตรจนถึง 2,000 เมตรได้ หลักการของสะพานแขวนคือการขึงสายเคเบิลหลัก (main cable) จากสมอยึด (anchorage) ที่ปลายสะพานทั้งสองฝั่ง ฝั่งละสองจุดไปยังเสา (tower) บนสะพานสองเสาให้สายเคเบิลหย่อนโค้งตกท้องช้างเป็นโค้งพาราโบล่า (parabola) โดยมีสายเคเบิลรองซึ่งมีขนาดเล็กกว่า (hanger) ช่วยดึงตัวสะพานในแนวตั้ง มีลักษณะเหมือนการแขวนสะพาน สะพานแขวนมีลักษณะโครงสร้างการรับน้ำหนักตัวสะพานด้วยสายเคเบิลหลักสองเส้นที่ยึด มีหน้าที่รับแรงอัดและแรงดึงจากสายเคเบิลรองที่แขวนตัวสะพานเพื่อถ่ายลงพื้นดิน และสายเคเบิลหลักจะถูกยึดรั้งเข้ากับตัวสะพานและที่ปลายอีกจุดหนึ่ง (ทรงพล จารุวิศิษฐ์ และสุทธิพล วิวัฒนะทีปะ, 2551)

ข้อดีของสะพานแขวนคือมีช่วงความยาวหลักของสะพานมากกว่าสะพานรูปแบบอื่น ใช้วัสดุและพื้นที่ก่อสร้างน้อยเมื่อเทียบกับความยาวสะพานและสามารถต้านแรงแผ่นดินไหวดีกว่าสะพานรูปแบบอื่น ส่วนข้อเสียคือสะพานมีความแข็ง (stiffness) น้อยกว่าสะพานรูปแบบอื่นทำให้รับน้ำหนักบรรทุกจรได้น้อยและรับแรงปะทะด้านข้าง (lateral load) ได้น้อย อาจทำให้สะพานพลิกได้

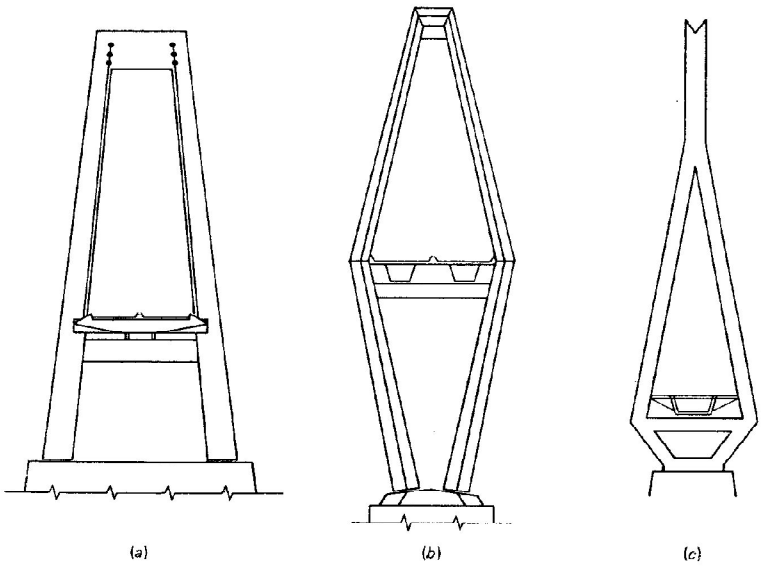
ในประเทศไทยไม่มีสะพานแขวนขนาดใหญ่ที่เป็นส่วนหนึ่งของทางหลวงแผ่นดิน แต่มีสะพานแขวนขนาดเล็กอยู่บ้าง เช่น สะพานแขวนเชื่อมเกาะมหามงคล จังหวัดกาญจนบุรี สะพานแขวนข้ามแม่น้ำวัง อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง สะพานแขวนในสวนสาธารณะหนองประจักษ์ศิลปาคม จังหวัดอุดรธานี เป็นต้น

2.1.6 สะพานขึง (cable-stayed bridge)

สะพานขึงประกอบด้วยเสาสะพานหนึ่งเสาเรียกว่าเสาขึง (pylon) ทำหน้าที่ยึดรั้งเคเบิลกับตัวสะพานไว้ รูปแบบของสะพานพัฒนาขึ้นโดยอาศัยแรงดึงเป็นแรงต้านในการรับน้ำหนักตัวสะพาน สะพานขึงเหมาะสมกับช่วงความยาวสะพานประมาณ 100-350 เมตร แต่อาจสร้างให้ยาวถึง 800 เมตรได้ การจัดวางเคเบิลสะพานสามารถเรียงเป็นระนาบเดียวตรงกลางสะพาน หรือเรียงเป็นสองระนาบด้านข้างตามแนวความยาวสะพานก็ได้ แต่ต้องคำนึงถึงแรงบิด (torsion)

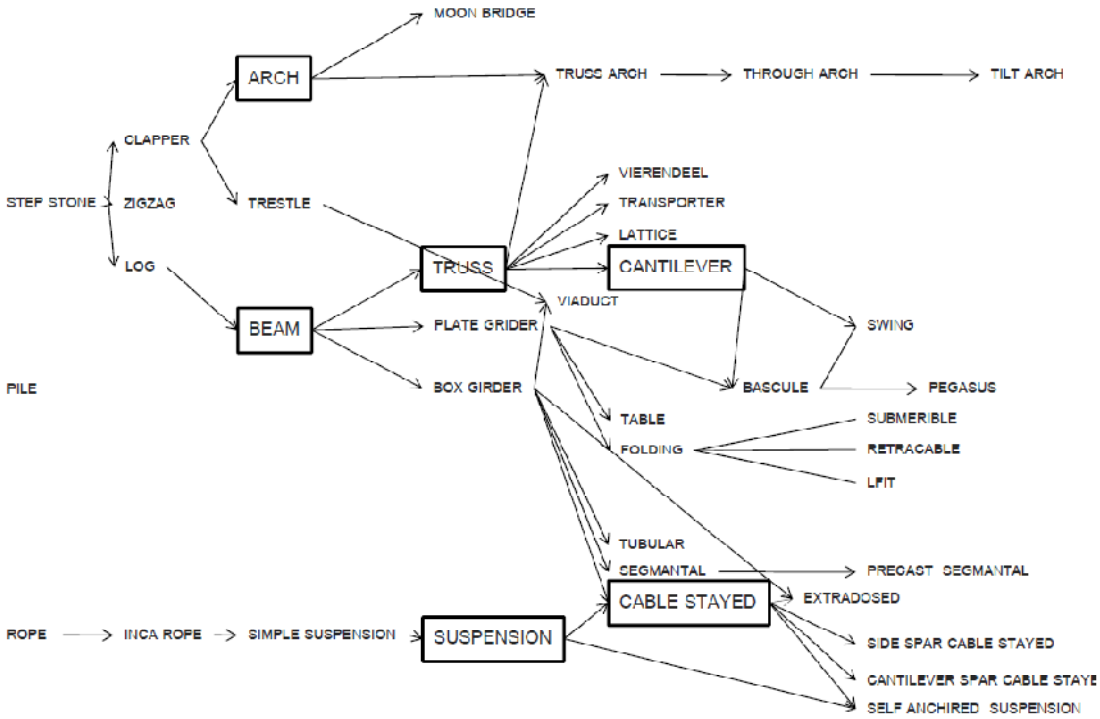
สะพานขึงยังสามารถแบ่งแยกย่อยได้อีก 4 ประเภทหลักตามวิธีการยึดสายเคเบิลได้แก่ แบบรัศมี (radial type) แบบพิณฝรั่ง (harp type) แบบพัด (fan type) และแบบดาว (star type) ส่วนใหญ่พบว่าเป็นสะพานขึงแบบพิณฝรั่งและแบบพัด

นอกจากสายเคเบิลแล้ว สะพานขึงยังประกอบด้วย เสาขึง (pylon) และตัวสะพาน (deck) รูปทรงของเสาขึงขึ้นอยู่กับจำนวนระนาบของเคเบิล หากเป็นเคเบิลแบบหนึ่งระนาบ เสาขึงจะเป็นเสาเดี่ยว หากเคเบิลเป็นแบบสองระนาบจะใช้เสาขึงสองเสาหรือใช้เสาขึงเป็นเฟรมรูปตัวอักษรเอ (A) หรือรูปทรงดัดแปลง เช่น รูปตัวเอยอดตัด (modified A-frame) รูปเพชร (diamond) รูปสามเหลี่ยมหรือรูปเพชรประยุกต์ (modified diamond or delta) เป็นต้น



ภาพที่ 2.2.3 รูปทรงของเสาขึง (a) รูปตัวเอยอดตัด (b) รูปเพชร(c) รูปสามเหลี่ยมหรือรูปเพชรประยุกต์
ที่มา Podolny, Walter, Jr. and Scalzi, John B. 1976: 41

ตัวสะพานมีลักษณะเป็นโครงถักเหล็กหรือเป็นคอนกรีตชนิดหล่อในที่หรือสำเร็จรูป แต่มักใช้เป็นคานแบบกล่อง (box girder) เพื่อช่วยเพิ่มแรงบิด



ภาพที่ 2.2.4 แผนภูมิแสดงประเภทและพัฒนาการของสะพาน

ที่มา: ผู้วิจัย

2.2 **ความงามในการออกแบบสะพาน** (aesthetics of bridge design)

เมื่อพิจารณาองค์ประกอบของเมืองพบว่า บริเวณที่มีสะพานตั้งอยู่จะมีเส้นทาง (path) หลายเส้นมาตัดกันเป็นจุดตัด (node) ที่สำคัญของเมือง พัฒนาเป็นย่าน (district) และเป็นจุดหมายตา (landmark) ในรูปแบบที่จับต้องได้และจับต้องไม่ได้ จึงอาจกล่าวได้ว่า สะพานเป็นสิ่งปลูกสร้างที่สร้างผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอย่างมากทั้งในระดับของตัวสถาปัตยกรรม จนกระทั่งถึงระดับเมือง โครงการออกแบบสะพานขนาดใหญ่จึงจำเป็นต้องมีการประชา-พิจารณ์ หรือจัดทำรายงานผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม ซึ่งรวมถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นกับทัศนียภาพในระดับต่างๆ การออกแบบสะพานจึงต้องคำนึงถึงประเด็นเรื่องความสวยงาม (aesthetics) เสมอ แต่อาจไม่ใช่ประเด็นหลัก ดังเช่น การใช้สอย หรือความแข็งแรงเป็นต้น

ในกระบวนการออกแบบสะพาน โดยทั่วไปเป็นการออกแบบตามประโยชน์ใช้สอยเป็นหลัก ซึ่งแนวคิดนี้เกิดขึ้นในศตวรรษที่ 17 โดยโรเบิร์ต ฮุค (Robert Hooke) เรียกหลักการนี้ว่า ut tniso sic vis หรือ anagram CEIIINOSSSTTUV และเป็นที่นิยมเรื่อยมา ในปัจจุบันเริ่มมีการนำการมีส่วนร่วมของประชาชนหรือการว่าจ้างสถาปนิกมาช่วยในการออกแบบสะพาน

เฟรดอริก กอทเทมมอเอลเลอ (Gottemoeller, 1997) ได้รวบรวมลักษณะร่วมของสะพานที่สวยงาม ได้แก่ ความเรียบง่าย (simplicity) รู้สึกเบาบางและโปร่งโล่ง (apparent

thinness and transparency) โครงสร้างชัดเจนตรงไปตรงมา (structural clarity) ความไม่ซ้ำซากจำเจ (variety within unity) และความเหมาะสมลงตัว (appropriateness)

ส่วนการตัดสินว่าสะพานมีความสวยงามหรือมีสุนทรียะนั้นเกิดจากการพิจารณา การมองเห็น การรับรู้และประสบการณ์ของแต่ละบุคคล ซึ่งสามารถแยกเป็น 4 แนวทางตามทฤษฎี คือ ทฤษฎีเรขาคณิต (geometric theories) ทฤษฎีเหตุผลนิยม (rationalism theories) ทฤษฎีประติมากรรม (sculptural theories) และทฤษฎีโครงสร้าง (structural theories) ทั้งหมดเกิดขึ้นจากการพิจารณา 2 ทางคือ การพิจารณาความงามจากตัววัตถุ (object) คือตัวสะพานเป็นที่ตั้งและการพิจารณาจากการมองเห็น (subject) คือคนมองเป็นที่ตั้ง

การพิจารณาสะพานประกอบด้วยปัจจัยที่สร้างความน่าสนใจให้กับสะพาน 10 ประการ (ten determinants of appearance) ตามแนวคิดของเฟรดดอริก กอทเทมมอเอลเลอร์ ดังนี้

(1) รูปเรขาคณิตทางตั้งและทางนอน (vertical and horizontal geometry)
(2) ชนิดของโครงสร้างสะพานส่วนบน (superstructure type)
(3) ตำแหน่งของตอม่อ (pier placement)
(4) ตำแหน่งและความสูงของฐานค้ำยัน (abutment placement and height)
(5) รูปร่างของโครงสร้างสะพานส่วนบน ขอบทาง และราวจับ (superstructure shape parapet and railing details)
(6) รูปร่างของตอม่อ (pier shape)
(7) รูปร่างของฐานค้ำยัน (abutment shape)
(8) สี (colors)
(9) ลวดลาย ผิวสัมผัส และการประดับตกแต่ง (surface textures and ornamentation)
(10) การออกแบบเรขนิเทศ การส่องสว่าง และการจัดภูมิทัศน์ (signing lighting and landscaping)

ปัญหาที่พบมากในการออกแบบสะพานคือ รูปที่ปรากฏในแบบ (drawings) หุ่นจำลอง ภาพทัศนียภาพ หรือแบบจำลองคอมพิวเตอร์ มีความแตกต่างกับสะพานที่ก่อสร้างจริง การพิจารณาจากการมองเห็นของผู้มอง (viewer) ในสถานที่จริง ขึ้นอยู่กับปัจจัยแวดล้อมต่างๆ ทำให้รับรู้ความสวยงามของสะพานต่างกัน โดยแบ่งเป็น 3 ส่วนหลัก ได้แก่ แสง ตำแหน่งที่มองเห็นสะพาน และตำแหน่งที่ตั้งของสะพาน

แสงมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการมองเห็นของมนุษย์ นอกจากนั้นแสงยังทำให้เกิดการรับรู้ สี เงาในรูปแบบที่ต่างกัน ขึ้นอยู่กับที่ตั้งของวัตถุ เวลาและสภาพท้องฟ้า เช่น การมอง

สะพานในตอนเช้าตรู่หรือตอนเย็นจะเห็นเงาตกกระทบบนสะพานมีขนาดใหญ่และชัดเจนกว่าตอนกลางวัน

ตำแหน่งที่มองเห็นสะพาน เป็นตัวกำหนดมุมมองและขนาดภาพที่มองเห็น สะพานทั่วไปส่วนมากจะมองเห็นจากถนนขณะที่เรากำลังเคลื่อนที่ จากการศึกษาสะพานข้ามแม่น้ำในประเทศไทยสามารถมองเห็นจากพื้นที่ริมน้ำหรือขณะโดยสารเรือผ่านใต้สะพาน อีกทั้งการมองเห็นวัตถุขณะหยุดนิ่งหรือเคลื่อนไหว ย่อมมีผลต่อการรับรู้วัตถุทั้งสิ้น

ตำแหน่งที่ตั้งของสะพาน ช่วยส่งเสริมให้ภาพของสะพานดูดีขึ้นหรือจำกัดมุมมองการมองเห็นได้ เช่น ไม่สามารถมองเห็นสะพานทั้งหมด เมื่อมองจากในเมืองที่แออัดได้ กลับกันเราสามารถมองเห็นสะพานที่ยาวมากได้ทั้งหมดเพราะสะพานตั้งอยู่ในที่โล่ง

2.3 เกณฑ์การประเมินความสำคัญของสะพาน

สะพานมีประโยชน์ใช้สอยที่หลากหลาย นอกเหนือจากการใช้สอยเพื่อ เป็นทางสัญจรแล้วยังเป็นส่วนหนึ่งขององค์ประกอบเมืองที่มีความสัมพันธ์กับผู้คน สถานที่ ความทรงจำหรือวัฒนธรรมในมิติใดมิติหนึ่งหรือหลายมิติ จึงทำให้สะพานเป็นสิ่งก่อสร้างที่มีความสำคัญ มีชื่อเสียงและสร้างผลกระทบต่อคนและสิ่งแวดล้อมได้ Transportation Research Board (TRB)[1] ได้ทำการวิจัยและรวบรวมลักษณะที่คล้ายคลึงกันของสะพานที่มีชื่อเสียงทั้งหมด 8 ข้อ ดังนี้

2.3.1 ขนาด (size)

มีขนาดใหญ่โต ใช้กำลังคนหรือทรัพยากร เกินกว่าขนาดของสิ่งปลูกสร้างร่วมสมัย มีความยาว ความสูงของโครงสร้างที่มากกว่าสะพานปกติ หรือมีโครงสร้างสะพานส่วนบน (superstructure) ที่แตกต่างกับสมัยนิยม

2.3.2 นวัตกรรมและเทคโนโลยี (Innovation)

มีการสร้างสรรค์รูปแบบของสะพาน หรือใช้เทคโนโลยีที่ก้าวหน้ากว่าสะพานอื่นในช่วงเวลาเดียวกัน เป็นแบบอย่างให้สะพานอื่นลอกเลียนแบบตาม

---

[1] Transportation research board (TRB)[1] เป็นหน่วยงานในสังกัด National Academy of Science ของประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งเป็นองค์กรเอกชนมีหน้าที่คล้ายราชสมาคม (royal society) ของสหราชอาณาจักร มีหน้าที่ทำงานวิจัยในแขนงวิทยาศาสตร์

2.3.3 ความสวยงาม (Beauty)

สร้างความประทับใจให้กับผู้คนทั่วไปจากองค์ประกอบที่มองเห็นได้ของสะพาน อาทิเช่น เรือนรูป สี เส้นสายตลอดจนการประดับตกแต่ง และเป็นที่นิยมของการถ่ายภาพ ปฏิทิน นิตยสารหรือไปรษณียบัตร

2.3.4 ตำแหน่งและที่ตั้งโดยรอบ (Location and surroundings)

มีรูปแบบที่จำเพาะเจาะจงกับที่ตั้งและสภาพแวดล้อมโดยรอบ มีความเหมาะสม ความกลมกลืนและเป็นอันหนึ่งอันเดียวกันกับบริบท โดยไม่สร้างความแปลกแยก

2.3.5 ความเรียบง่าย (Simplicity)

รูปแบบของสะพานรวมถึงเทคโนโลยีที่ใช้เป็นสิ่งที่เรียบง่าย ตามพฤติกรรมการรับแรงและสามารถอธิบายให้คนทั่วไปเข้าใจได้โดยง่าย

2.3.6 จุดหมายตา (Landmark)

คนทั่วไปจดจำสะพานดังกล่าวในฐานะของสัญลักษณ์ของท้องถิ่น เมือง ประเทศ หรือสถานที่ที่สะพานตั้งอยู่

2.3.7 ความสำคัญทางประวัติศาสตร์ (Historical significance)

มีส่วนร่วมในประวัติศาตร์สำคัญจนเป็นที่จดจำได้ รวมทั้งเป็นสะพานแรกที่ก่อสร้างขึ้นด้วยความรู้ทางวิศวกรรมและเทคโนโลยีรูปแบบนั้นเป็นครั้งแรก

2.3.8 อายุ (Longevity)

มีอายุยืนผ่านกาลเวลาหลายสมัย ยังมีการใช้งานอยู่จวบจนปัจจุบันหรือมีรูปแบบของโครงสร้างที่ยังเป็นที่นิยมใช้ในยุคต่อมา

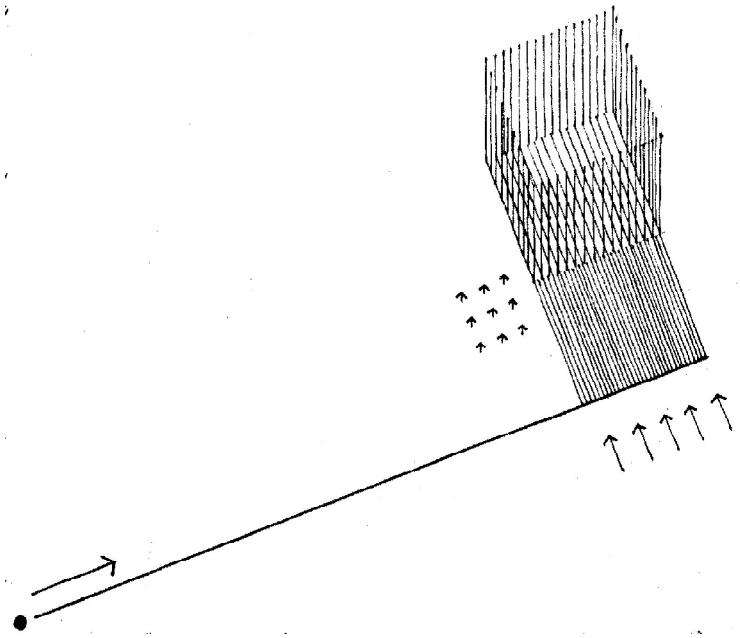
ตัวอย่างของสะพานที่มีความสำคัญหรือมีชื่อเสียงและเป็นที่รู้จักกันดี เช่น สะพานบรู้คลิน (Brooklyn bridge) สะพานโกลเด้นเกท (Golden Gate bridge) สะพานลอนดอนทาวเวอร์ (London tower bridge) สะพานซาลจินาโตเบล (Salginatobel bridge) และสะพานซิดนีย์ฮาร์เบอร์ (Sydney habour bridge) เป็นต้น

สะพานในประเทศไทยที่จัดอยู่ในกลุ่มนี้ เช่น สะพานพระราม 6 สะพานปฐมบรมราชานุสรณ์ สะพานข้ามแม่น้ำแคว สะพานพะราม 9 สะพานพระราม 8 สะพานสารสิน และสะพานติณสูลานนท์ เป็นต้น

2.4 องค์ประกอบพื้นฐานและการจัดองค์ประกอบทางสถาปัตยกรรม

การมองเห็นเป็นกระบวนการถ่ายทอดภาพที่มองเห็นจากตาและประมวลผลด้วยระบบประสาทและมีการบันทึกจดจำขึ้น หลังจากนั้นอาจมีการถ่ายทอดภาพออกมาเป็นคำพูดหรือภาพอีกครั้ง เรียกว่า ภาษาภาพ (visual language)

ภาษาภาพเป็นภาษาที่ค่อนข้างมีความเป็นสากล เข้าใจง่าย และมีประสิทธิภาพในการสื่อสารด้วยการถ่ายทอดความคิดออกเป็น รูปร่างหรือรูปทรงต่างๆ ซึ่งเกิดจากองค์ประกอบพื้นฐาน คือ จุด เส้น ระนาบ และปริมาตร ประกอบกันขึ้นเป็นภาพ (figure) บนพื้นภาพ (ground) เป็นองค์ประกอบที่มองเห็นได้ (visual element) หรือเกิดจากการนึกคิดขึ้นเองจากความคิดหรือประสบการณ์ เป็นองค์ประกอบที่รับรู้ได้แต่มองไม่เห็น เรียกว่า องค์ประกอบในความนึกคิด (conceptual element) โดยมีการจัดองค์ประกอบเพื่อให้เกิดความหมาย ความเข้าใจที่ตรงกัน (เลอสม สถาปิตานนท์, 2540)



ภาพที่ 2.5.1 จุด เส้น ระนาบและปริมาตร

ที่มา: Ching, Francis D.K. 1979: 18

2.4.1 องค์ประกอบพื้นฐาน

(1) จุด (dot)

จุดเป็นองค์ประกอบที่ไม่มีขนาด มิติ ปริมาตรและทิศทาง แต่แสดงตำแหน่งที่ตั้งและเป็นจุดกำเนิดขององค์ประกอบอื่นๆ นอกจากนี้จุดยังเกิดจากการตัดกันของเส้น หรือขอบมุมของระนาบและปริมาตร

(2) เส้น (line)

เส้นเป็นองค์ประกอบที่เกิดจากการเรียง ความซ้ำของสิ่งหนึ่งจำนวนมากอย่างต่อเนื่อง จนทำให้เกิดทิศทาง การนำสายตา มีขนาดและมิติเกิดขึ้น หนึ่งมิติมีความยาว ไม่มีความกว้างและความสูง นอกจากนี้เส้นยังเกิดจากการเชื่อมต่อระหว่างจุดสองจุดขึ้นไป หรือการเคลื่อนที่ของจุดก็ได้ หรือขอบ (edge) ของรูปร่างหรือรูปทรง ในชีวิตประจำวัน เส้นถูกใช้ในความหมายของทาง (path) มากที่สุด

สถาปัตยกรรมหลายประเภทมีลักษณะของความเป็นเส้นทั้งในทางตั้งและทางนอน เช่น หอคอย เสาสูงที่สูงตระหง่านเสียดฟ้า หรือ ถนนและสะพานที่ทอดยาวเชื่อมสองฝั่งของแผ่นดิน เสมือนเส้นที่เชื่อมจุดสองจุดเข้าหากัน เกิดเป็นแนวแกน (axis) ขึ้นอีกทางหนึ่งด้วย

(3) ระนาบ (plane)

ระนาบเป็นองค์ประกอบที่เกิดจากการลากเส้นมาปิดล้อมกันจนเกิดพื้นที่ปิดหรือรับรู้ว่ามีการเกิดพื้นที่ปิดเกิดขึ้น มีขนาด และมิติเกิดขึ้น มีความกว้างและความยาว ระนาบอาจเกิดจากการเรียงซ้ำอย่างต่อเนื่องของเส้นก็ได้

ระนาบอาจเกิดจากการปิดล้อมของขอบระนาบหรือปริมาตรอื่น เช่น การบรรจบกันของเส้นโค้งใต้ท้องสะพานและผิวแม่น้ำเกิดเป็นระนาบตั้งรูปครึ่งวงกลม ในงานสถาปัตยกรรมจะพิจารณาที่ระนาบของพื้น ผนังและเพดานเป็นหลัก และมีระนาบว่างที่เกิดจากช่องเปิดของระนาบที่เรามองเห็นอีกด้วย

(4) ปริมาตร (volume)

ปริมาตรเป็นองค์ประกอบที่เกิดจากการจัด จุด เส้น ระนาบ จนเกิดมิติที่สามขึ้นมา ประกอบด้วย ขนาด และความกว้าง ความยาวและความสูง อาจเกิดจากการเคลื่อนที่ของระนาบในทิศทางหนึ่งซ้ำกัน ในปริมาตรหนึ่งประกอบด้วยพื้นผิวในระนาบต่างๆ มีขอบของระนาบเป็นเส้น และมีจุดบรรจบกันของขอบเป็นมุมหรือจุด แม้แต่ปริมาตรที่มีความซับซ้อนก็ประกอบด้วย จุด เส้น และระนาบที่มาเรียงร้อยเข้าด้วยกัน

การรับรู้องค์ประกอบพื้นฐาน จุด เส้น ระนาบ และปริมาตร เกิดจากการมองเห็นขนาดและสีขององค์ประกอบพื้นฐาน หรือการรับรู้ด้วยการสัมผัส จับต้อง หรือมองเห็นผิวสัมผัสขององค์ประกอบ ตลอดจนการรับรู้ด้วยวิธีอื่นๆ ของระบบประสาทหรือการจินตนาการขึ้นมา

2.4.2 องค์ประกอบพื้นฐานและการจัดองค์ประกอบทางสถาปัตยกรรม

อาคารบ้านเรือน โครงสร้างทางสถาปัตยกรรมตลอดจนและต้นไม้หรือภูเขา เกิดจากการประกอบกันขององค์ประกอบย่อยต่างๆ ขึ้นเป็นรูปร่าง รูปทรงที่มีความเรียบง่าย ซับซ้อนแตกต่างกันไป รูปทรงภายนอกของอาคารหรือโครงสร้างทางสถาปัตยกรรมนั้นเกิดขึ้นได้จาก การเลือกใช้ลักษณะของรูปทรง ชนิดของวัสดุ ชนิดของผิวและเส้นสาย ลวดลาย รูปแบบที่ใช้บนพื้นผิว ตลอดจนการใช้สีที่เหมาะสมกับพื้นผิวอาคาร รวมทั้งการนำส่วนประกอบต่างๆ เหล่านี้มาร่วมประกอบเข้าด้วยกันเป็นรูปทรงอาคารที่สมบูรณ์ มีสัดส่วนและรูปทรงอาคาร (ผุสดี ทิพทัส, 2540) จำเป็นต้องอาศัยหลักในการจัดองค์ประกอบ (composition) ที่ถูกต้อง เช่นเดียวกับงานออกแบบประเภทอื่น

(1) ความสมดุล (balance)

ความสมดุล คือ ความเท่ากัน เสมอกัน ในทางศิลปะหมายถึงการที่วัตถุสองข้างของแนวแกนสมดุลมีค่าเท่ากัน และในการจัดองค์ประกอบทางสถาปัตยกรรม หมายถึง ความรู้สึกถึงลักษณะปริมาตรภายนอกที่ประกอบกันถ่วงกันได้อย่างพอดี จากการมองเห็นหรือนึกคิดเอาก็ได้ ซึ่งเกิดจากการเรียงองค์ประกอบพื้นฐานที่มีคุณสมบัติเหมือนและต่างกัน

ลักษณะความสมดุลอีกประเภทหนึ่งคือ ความสมมาตร (symmetry) เกิดจากวัตถุสองข้างมีค่าความถ่วงเท่ากันพอดีหรือเหมือนกันตามแนวแกนสมมาตร

(2) ความกลมกลืน (harmony)

ความกลมกลืน คือ ความสอดล้องกัน การจัดเรียงองค์ประกอบพื้นฐานต่างๆ ที่มีรูปและสมบัติแตกต่างกันให้มีความสัมพันธ์และเกิดความรู้สึกเป็นไปในทิศทางเดียวกันและช่วยส่งเสริมเติมเต็มซึ่งกันและกัน

(3) ความเปรียบต่าง (contrast)

ความเปรียบต่าง คือ การจัดองค์ประกอบมากกว่าสองชนิดที่มีความแตกต่างหรือขัดแย้งกัน เพื่อสร้างความน่าสนใจและลดความซ้ำซากจำเจ เช่น การใช้สีตัดกัน เป็นต้น

(4) จังหวะ (rhythm)

จังหวะ คือ การจัดองค์ประกอบที่มีความเหมือนหรือคล้ายคลึงกัน โดยทำให้เกิดการเคลื่อนไหวและนำสายตาจากจุดหนึ่งไปยังจุดหนึ่ง อย่างมีความซ้ำและเป็นระบบ ระเบียบ เช่น แนวทิวเสาที่เรียงซ้ำกันเรื่อย จังหวะมีหลายรูปแบบ เช่น จังหวะซ้ำ จังหวะต่อเนื่อง จังหวะก้าวหน้าและจังหวะสลับ

(5) สัดส่วน (proportion)

สัดส่วน คือ ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดขององค์ประกอบแต่ละองค์ประกอบ รวมถึงภาพและพื้นภาพที่เกิดขึ้น

(6) ขนาดส่วน (scale)

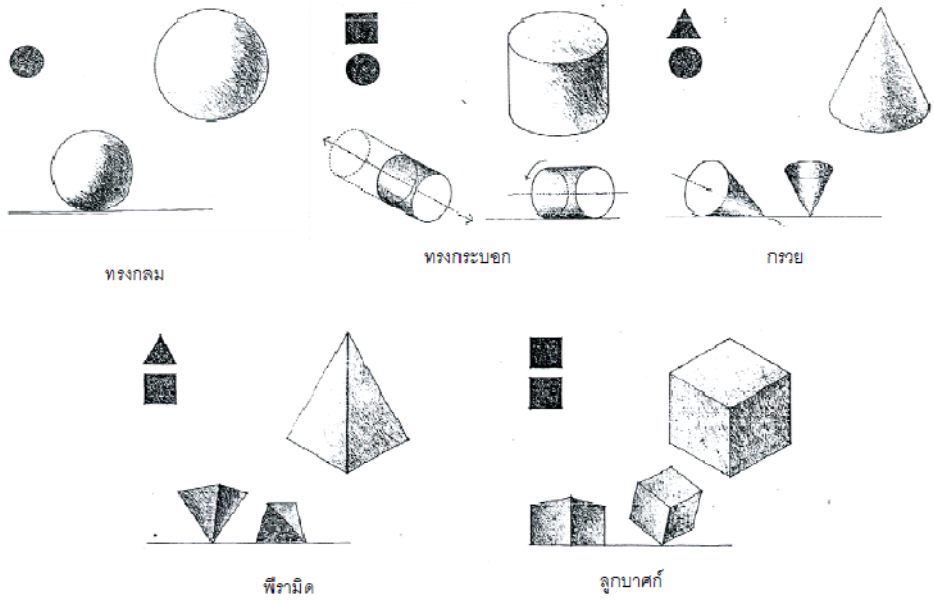
ขนาดส่วน คือ การเปรียบเทียบขนาดขององค์ประกอบแต่ละองค์ประกอบกับองค์ประกอบอื่นๆ และสภาพแวดล้อม รวมถึงภาพและพื้นภาพที่เกิดขึ้น

(7) เอกภาพ (unity)

เอกภาพ คือ ความเป็นอันหนึ่งอันเดียวกัน มีความรู้สึกไปในทิศทางเดียวกัน รวมทั้งมีความหมายไปในทิศทางเดียวกัน ไม่แตกแยก ออกจากแนวทางที่วางไว้

รูปทรงเรขาคณิตพื้นฐานกับแสง เงาสลัว และเงามืด

ระนาบรูป 2 มิติพื้นฐานที่พัฒนาขึ้นเป็นรูปทรงหรือปริมาตร 3 มิติ มีรูปทรงพื้นฐานที่รู้จักกันทั่วไป คือ ทรงกลม (sphere) ทรงกระบอก (cylinder) กรวย (cone) พีรามิด (pyramid) และลูกบาศก์ (cube) หรือบางครั้งอาจเรียกรวมกันว่าทรงตันเพลโต (platonic solid) ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการออกแบบสถาปัตยกรรมตั้งแต่สมัยโบราณ (Ching, 1979) เลอ คอร์บูซิเอร์ (Le Corbusier) สถาปนิกผู้มีชื่อเสียงกล่าวไว้ว่า “… cubes, cones, spheres, cylinders or pyramids are the great primary forms that light reveals to advantage; the image of these is distinct and tangible within us and without ambiguity. It is for this reason that there are beautiful forms, the most beautiful forms”



ภาพที่ 2.5.2 รูปทรงเราขาคณิตพื้นฐาน

ที่มา: Ching, Francis D.K. 1979: 58-59

2.6 แสงและการมองเห็น

กระบวนการมองเห็นเป็นการประมวลผลภาพที่เกิดจากการทำงานร่วมกันของดวงตาและสมองเพื่อสื่อสารภาพที่มองเห็น เกิดขึ้นเมื่อแสงที่ตกกระทบวัตถุ สะท้อนผ่านกระบอกตาผ่านอวัยวะในการมองเห็นต่างๆ โดยแปลงโฟตอนของแสงเป็นคลื่นไฟฟ้าด้วยอวัยวะที่เรียกว่า photoreceptor ไปยังระบบประสาท (nerve) และประมวลผลด้วยสมองในลำดับสุดท้าย นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่น ซึ่งจำแนกหลักเป็นสองประเภทคือ ปัจจัยมนุษย์ เช่น เพศ อายุ สุขภาพของดวงตา และประสบการณ์ เป็นต้น และปัจจัยที่เกี่ยวกับวัตถุและสภาพแวดล้อม ความยากง่ายของรูปทรง สี ขนาด พื้นผิว ระยะในการมองเห็น ความเปรียบต่าง เมื่อเปรียบเทียบกับวัตถุอื่นและสภาพแวดล้อม

การมองเห็นขณะผู้มองมีการเคลื่อนไหว เช่น ขับขี่ยานพาหนะ มีปัจจัยอื่นเกี่ยวข้อง แบ่งตามสถานการณ์ได้ 2 กรณีคือ กรณีที่ 1 เมื่อวัตถุอยู่กับที่ (static visual acuity) มีปัจจัยที่เกี่ยวข้อง คือ ความสว่างของวัตถุ พื้นหลัง ความเปรียบต่าง และช่วงเวลา การมองเห็นแบบจะเพิ่มขึ้นหรือชัดเจนขึ้น เมื่อสภาพของพื้นหลังมีความเปรียบต่างของความสว่างมากขึ้น กรณีที่ 2 เมื่อวัตถุมีการเคลื่อนไหว (dynamic visual acuity) ขึ้นอยู่กับความสัมพันธ์ระหว่างการเคลื่อนที่ ระหว่างผู้ขับขี่ และวัตถุ ในที่นี้หมายถึงวัตถุในสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการจราจร ดวงตาของมนุษย์ไม่สามารถแยกแยะได้ หากมีการเคลื่อนไหวทำให้วัตถุนั้นอาจมีสภาพที่มองไม่เห็นชัดเจน และความเปรียบต่างของวัตถุก็จะลดลงด้วยดังนั้น ประสิทธิภาพของการมองเห็นของมนุษย์ ขึ้นอยู่กับปริมาณของการรับรู้ความเปรียบต่าง เช่น การรับรู้ในความสว่างที่มีความ

แตกต่างกันของวัตถุ การมองเห็นวัตถุได้อย่างชัดเจน เช่น ความสามารถในการแยกแยะ จำแนก รายละเอียดของวัตถุ และความเร็วของความสามารถในการสังเกตการณ์ (คมนาคม, 2546)

การมองเห็นได้ (visibility) เป็นความต้องการของมนุษย์ (human needs) อย่างหนึ่งที่ต้องการรู้ รับทราบและนำข้อมูลภายในขอบเขตการมองเห็น (field of view) มาใช้ในการสื่อสาร นอกจากนี้มนุษย์ยังมีความต้องการอื่นเมื่อเกิดมองเห็น (Rea, 2000) ได้แก่ ความสามารถในการทำงานได้ (task performance) อารมณ์และความรู้สึก (mood and atmosphere) ภาวะน่าสบายทางสายตา (visual comfort) ความงาม (aesthetic judgment) สุขภาพของดวงตา (health safety and well-being) และการสื่อสาร (social communication)

2.7 พัฒนาการในการออกแบบการส่องสว่าง

การออกแบบการส่อสว่างสำหรับสะพาน เริ่มขึ้นตั้งแต่เมื่อมนุษย์รู้จักไฟและการเดินทาง ตามถนนหนทางจึงมีคบไฟตั้งรายทางเพื่อใช้ส่องสว่างในเวลากลางคืน ในกรุงลอนดอนเริ่มมีการจุดตะเกียงน้ำมัน (oil street light) เป็นที่แรกในปี ค.ศ. 1414 และได้พัฒนาเป็นตะเกียงจากน้ำมันดิน เทียนไข และแก๊สที่ถูกพัฒนาขึ้นตามลำดับ กระทั่งมีการประดิษฐ์หลอดไฟฟ้ารูปแบบต่างๆ ขึ้นมาแทนที่ ในปี ค.ศ. 1813 สะพานเวสต์มินสเตอร์ (Westminster bridge) ในอังกฤษ เป็นสะพานแรกที่มีการติดตั้งโคมแก๊สเพื่อส่องสว่างเป็นสะพานแรก (Major, 2005) ปัจจุบันการส่องสว่างถนนหนทางรวมทั้งสะพานที่ข้ามแม่น้ำภายในเมืองมิได้มีจุดประสงค์แต่เพียงเพื่อประโยชน์ใช้สอยและเพื่อความปลอดภัยเท่านั้น ยังมีการประดับตกแต่งเพื่อสร้างความน่าสนใจให้กับสะพานหรือสิ่งก่อสร้างอื่นๆ ซึ่งเป็นจุดหมายตาสำคัญ ส่วนการประดับไฟตามต้นไม้ในเทศกาลคริสต์มาสหน้าทำเนียบประธานาธิบดีสหรัฐอเมริกาในปีค.ศ. 1895 นับเป็นการออกแบบการส่องสว่างเพื่อการประดับตกแต่งเป็นครั้งแรกหลังจากมีประดิษฐ์หลอดไฟฟ้า (Major, 2005)

ส่วนในประเทศไทยมีการใช้แสงจากหลอดไฟฟ้าในการส่องสว่างเป็นครั้งแรกในสมัยรัชกาลพระบาทสมเด็จพระจุลจอมเกล้าฯ หลังจากเจ้าพระยาสุรศักดิ์ มนตรี(เจิม แสงชูโต) ได้นำไฟฟ้าเข้ามาเผยแพร่ในประเทศสยามขณะนั้น โดยมีการบันทึกว่า ทรงมีพระราชหัตถเลขาถึงเจ้าพระยาวรพงศ์พิพัฒน์ ครั้งยังเป็นเจ้าหมื่นเสมอใจ ฉบับแรกได้ตรัสถึงการติดไฟฟ้า มีข้อความตอนหนึ่งว่า

"ไฟฟ้าควรจะมีแต่เพียงตะพานเทเวศร์ไปตะพานกิมเซ่งหลี ถนนดวงตะวันไปถึงถนนเบญจมาศ ถนนดวงเดือนนอก ถนนดาวข่าง ส่วนถนนคอเสื้อแลปลายพฤฒิบาศ ถ้ามีก็ได้แต่

จะต้องรอดูสักหน่อยก่อนพอให้มีเค้าคนเดิน เพราะเหตุที่ถนนหน้าวัดโสมนัสไม่มีไฟฟ้า รอไว้ตั้งแต่ครึ่งปีก็ได้" (การไฟฟ้านครหลวง, 2555)

สะพานที่มีชื่อเสียงและได้รับการออกแบบแสงสว่างสำหรับสะพานในยุคปัจจุบัน คือ สะพานทาวเวอร์ (Tower bridge) และสะพานอัลเบิร์ต (Albert bridge) ในกรุงลอนดอน ซึ่งเป็นสัญลักษณ์ของกรุงลอนดอน โดยไมค์ ซิมป์สัน (Mike Simpson) ในช่วงปี ค.ศ. 1977-1997 ขณะทำงานเป็นนักออกแบบการส่องสว่าง (lighting designer) ที่บริษัท ฟิลิปส์ ไลท์ติ้ง จำกัด ในยุคแรกเทคนิคการส่องสว่างใช้ไฟสาดส่อง (floodlighting) ที่หอคอยทั้งสองด้านของสะพานลอนดอนทาวเวอร์ และการประดับไฟราวที่เคเบิลของสะพานอัลเบิร์ตซึ่งเป็นสะพานขึงให้เห็นจุดต่อเนื่องเป็นเส้น (conceptual line) ตามแนวเคเบิลเป็นหลัก

ภาพที่ 2.7.1 สะพานอัลเบิร์ต (ซ้ายมือ) และสะพานลอนดอนทาวเวอร์ (ขวามือ)
ที่มา http://en.wikipedia.org/wiki/File:Tower_bridge_London_Twilight_-_November_2006.jpg และ http://flickr.com/photo/31883499@N05/3048465911

สะพานในสมัยยุคกลางหลายสะพานมีการออกแบบการส่องสว่างสำหรับประดับตกแต่ง เช่น สะพานวิกตอเรีย (Victoria bridge) ในกลาสโกว์ (Glasgow) ประเทศอังกฤษ เป็นสะพานโค้งซึ่งออกแบบการส่องสว่างโดย จอห์น แฟกก์ (John Fagg) ได้นำเทคโนโลยีแอลอีดี (LED) มาใช้ บริเวณท้องสะพานให้เห็นรูปทรงโค้งที่เป็นจุดเด่น ส่วนสะพานที่เคยออกแบบการส่องสว่างโดยหลอดไฟฟ้าในยุคก่อนต่างเปลี่ยนมาใช้เทคโนโลยีจากหลอดแอลอีดี เช่น สะพานมิลเลนเนียม (Millennium bridge) ในนิวคาสเซิล (Newcastle) เปลี่ยนจากหลอดทังสเตนฮาโลเจน (Tungsten Halogen) มาใช้เทคโนโลยีหลอดแอลอีดีชนิดเปลี่ยนสีได้ซึ่งมีความน่าสนใจและประหยัดพลังงาน

ที่มา: http://www.photomeonline.co.uk/landscapeGallery/Newcastle%20Millenium%20Bridge.jpg

http://www.123rf.com/photo_5091998_victoria-bridge-over-the-river-clyde-in-glasgow-scotland.html

ปัจจุบันนักออกแบบการส่องสว่างได้แนวคิดในการบูรณาการการออกแบบการส่องสว่างหลายประเภทเข้าด้วยกัน เช่น สะพานชีค ซายัด (Sheikh Zayed bridge) ประเทศสหรัฐอาหรับเอมิเรต ซึ่งพัฒนาการออกแบบการส่องสว่างโดยโรเจอร์ ฟาน เดอ ไฮด์ (Roger vans de Heide) จากฟิลิปส์ ไลติ้ง จำกัด

ภาพที่ 2.7.3 สะพานชีค ซายัด

ที่มา:http://www.worldarchitecturenews.com/index.php?fuseaction=wanappln.projectview&upload_id=16010

2.8 แนวคิดในการออกแบบการส่องสว่าง

การออกแบบการส่องสว่าง (lighting design) เป็นการออกแบบ บังคับและจัดการแสงจากแหล่งกำเนิดให้เกิดปริมาณแสง ความสว่าง ความจ้า อารมณ์ ความรู้สึกให้เป็นไปตามที่ต้องการหรือเป็นการจัดรูปแบบของแสง (pattern of light) กริช มโนพิโมกข์ (สมาคมนิสิตเก่าคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์, 2554) ได้ให้นิยามว่า เป็นศิลปะในการสร้างสรรค์องค์ประกอบภาพ ด้วยการจัดสมดุลระหว่างแสง เงาสลัว และเงามืด เพื่อให้เกิดการรับรู้ที่ถูกต้องตามวัตถุประสงค์ของการออกแบบ ส่วนการออกแบบแสงเพื่อส่องสว่างพื้นที่ภายนอกอาคาร

(outdoor lighting) นอกจากเป็นการสร้างการจัดองค์ประกอบภาพที่สวยงามแล้ว ยังต้องคำนึงกับประโยชน์ใช้สอยและความปลอดภัยต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม

2.9 หลักเกณฑ์ในการออกแบบการส่องสว่าง

การออกแบบการส่องสว่างภายนอกอาคารมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในหลายแง่มุม เช่น การใช้พลังงาน ผลกระทบทางสายตาของรูปลักษณ์ของดวงโคม (lighting fixture) ในเวลากลางวัน มลภาวะทางแสง (lighting pollution) ผลกระทบต่อนาฬิกาชีวิต (biological clock) ของสัตว์และพืช และการรบกวนผู้ขับขี่ยานพาหนะ เป็นต้น ในขั้นต้นของการออกแบบ จึงมีการศึกษาความเป็นไปได้ (feasibility study) ได้แก่ ความเหมาะสมของโครงการ พื้นที่ที่ต้องการส่องสว่าง ช่วงเวลาในการใช้งานและงบประมาณ นอกจากนี้ยังพิจารณาถึงภาวะความน่าสบายในการมองเห็น (visual comfort) ซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพในการมองเห็น และการมีส่วนร่วมของชุมชน กรมทางหลวงชนบทซึ่งเป็นหน่วยงานหลักที่รับผิดชอบในการออกแบบ ใช้มาตรฐานของ AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials เป็นเกณฑ์ในการออกแบบ (ทรงพล จารุวิศิษฐ์ และสุทธิพล วิวัฒนะ-ทีปะ, 2551)

แสงบาดตา (glare)

แสงบาดตา บางครั้งอาจเรียกว่าแสงจ้าหรือแสงแยงตา คือ แสงที่เข้าตาแล้วทำให้มองเห็นวัตถุได้ยาก (พรรณชลัท สุริโยธิน, 2547) เป็นสาเหตุหนึ่งของภาวะความไม่สบายในการมองเห็น เกิดจากสาเหตุ 2 ปัจจัย คือ ปัจจัยแรก เกิดจากแหล่งกำเนิดแสงที่ความสว่างมากเกินไป เช่น การมองดวงอาทิตย์โดยตรง สามารถหลีกเลี่ยงได้โดยการหาวัตถุมาบังหรือลดความสว่าง เช่น การสวมหมวกปีกกว้างหรือการสวมแว่นกันแดด ส่วนปัจจัยหลังเกิดจากขนาดของภาพที่มองเห็นมีขนาดใหญ่และมีแสงค่อนข้างจ้า ทำให้ประสิทธิภาพในการมองเห็นลดน้อยถอยลง

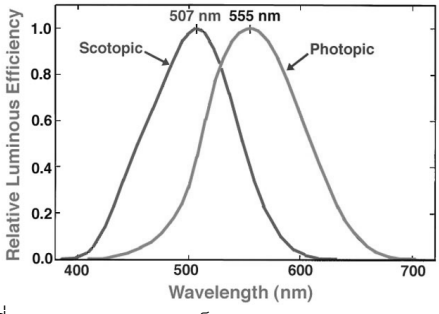
แสงบาดตาแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทคือ แสงบาดตาแบบไม่สามารถมองเห็นได้ (disability glare) ทำให้ไม่สามารถมองเห็นวัตถุได้ และ แสงบาดตาแบบไม่สบายตา (discomfort glare) ทำให้เกิดภาวะไม่สบายในการมองเห็น สามารถแก้ไขโดยการใช้ม่านบังแสง (veil) วัสดุกรองแสง หรือลดค่าความส่องสว่างโดยรวมลง

ในเวลากลางคืน ผู้ที่ขับขี่ยานพาหนะมีโอกาสเกิดภาวะไม่สบายทางการมองเห็นมากเกิดจากแสงไฟหน้ารถ (headlamps) ส่องเข้าตา ซึ่งเป็นแสงที่ไม่มีความสม่ำเสมอและมีค่าเปรียบต่างกับพื้นหลังสูง ทำให้ประสิทธิภาพในการขับขี่ลดลง เช่นเดียวกับการมองดวงอาทิตย์

โดยตรง หรือเกิดจากการติดตั้งดวงโคมที่ไม่เหมาะสม สามารถแก้ไขด้วยการใช้เลนส์ที่มีลักษณะขุ่น หรือเปลี่ยนตำแหน่งติดตั้งของดวงโคม (mounting height) และหลีกเลี่ยงการส่องสว่างไปบนพื้นผิวการจราจรที่ทำให้เกิดพื้นที่สว่างและมืดไม่สม่ำเสมอ (non-uniform luminance)

การทำงานของระบบการมองเห็น (the operative state of visual system)

กระบวนการทำงานในการประมวลภาพของดวงตามนุษย์สามารถจำแนกเป็น 3 ประเภทคือ photopic scotopic และ mesopic ซึ่งทำงานภายใต้เงื่อนไขของความสว่างที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับเซลล์ของ photoreceptor 2 ชนิดคือ เซลล์รูปกรวย (cone cell) และเซลล์รูปแท่ง (rod cell) เซลล์รูปกรวยทำงาน ในภาวะ photopic ที่มีระดับความส่องสว่างประมาณ 30 ลักซ์ขึ้นไปหรือเป็นเวลากลางวัน ซึ่งเซลล์รูปกรวยสามารถแยกแยะสีของภาพได้ดี ส่วนเซลล์รูปแท่งทำงานในภาวะ scotopic ที่มีระดับความส่องสว่าง 0.01 ลักซ์หรือในเวลากลางคืน ซึ่งเซลล์รูปแท่งมีความสามารถในการแยกแยะสีและมองเห็นรายละเอียดไม่ชัดเจน ส่วนในภาวะที่มีค่าระดับความส่องสว่างอยู่ระหว่าง 0.01-30 ลักซ์ เรียกว่า mesopic เป็นช่วงท้องฟ้าเวลาพลบค่ำ เซลล์รูปกรวยและเซลล์รูปแท่งจะทำงานพร้อมกันแต่ไม่เต็มประสิทธิภาพ จึงลดประสิทธิภาพการทำงานของดวงตามนุษย์ลงจากปกติ



ภาพที่ 2.9.1 ภาวะการมองเห็นแบบ photopic และ scotopic

ที่มา: http://webvision.med.utah.edu/book/part-viii-gabac-receptors/psychophysics-of-vision/

ระดับความส่องสว่าง (illuminance)

ระดับความส่องสว่างเป็นอัตราส่วนของปริมาณแสง (flux-lumen) กับระนาบที่ตกกระทบ (area-m^2) มีหน่วยเป็นลักซ์ (lux) ซึ่งใช้เป็นเกณฑ์ในการออกแบบการส่องสว่างพื้นที่ภายนอกอาคาร IESNA ได้ให้คำแนะนำเกี่ยวกับระดับความส่องสว่างสำหรับการสาดส่องอาคารและอนุสาวรีย์ (illuminances for floodlighting building and monuments) ดังแสดงในตารางที่ 2.9.1 และสามารถพิจารณาระดับความส่องสว่างโดยชนิดของวัสดุเปลือกอาคารเป็นเกณฑ์ในการจำแนก ดังแสดงในตารางที่ 2.9.2 สำหรับวัสดุชนิดอื่นสามารถเทียบเคียงด้วยวัสดุที่มีค่าสัมประสิทธิ์ การสะท้อนแสงที่เท่ากันหรือใกล้เคียงกัน ดังตารางที่ 2.9.3

ตารางที่ 2.9.1 ตารางแสดงระดับความส่องสว่างสำหรับการสาดส่องอาคารและอนุสาวรีย์

คำอธิบาย	ค่าระดับความส่องสว่างเฉลี่ยในแนวตั้งที่วัตถุ (ลักซ์)
พื้นหลังสว่าง และวัตถุมีสีสว่าง	50
พื้นหลังสว่าง และวัตถุมีสีค่อนข้างสว่าง	70
พื้นหลังสว่าง และวัตถุมีสีค่อนข้างมืด	100
พื้นหลังสว่าง และวัตถุมีสีมืด	150
พื้นหลังมืด และวัตถุมีสีสว่าง	20
พื้นหลังมืด และวัตถุมีสีค่อนข้างสว่าง	30
พื้นหลังมืด และวัตถุมีสีค่อนข้างมืด	40
พื้นหลังมืด และวัตถุมีสีมืด	50

ที่มา: Rea,M.S.. 2000: 21-7

ตารางที่ 2.9.2 ตารางแสดงระดับความส่องสว่างสำหรับสาดส่องอาคารโดยชนิดของวัสดุ

วัสดุ	ค่าระดับความส่องสว่าง (ลักซ์)	
	พื้นหลังมืด	พื้นหลังสว่าง
หินอ่อนสีขาว (white marble)	35	55
คอนกรีตสีเทาอ่อน (light concrete)	50	80
อิฐสีเหลือง (yellow brick)	70	105
คอนกรีตสีเทาเข้ม (dark concrete)	100	160
หินแกรนิต (granite)	200	310

ที่มา: Santen, Christa van. 2006: 56

ตารางที่ 2.9.3 ตารางแสดงค่าสัมประสิทธิ์ การสะท้อนแสงของวัสดุ

วัสดุ	ค่าสัมประสิทธิ์ การสะท้อนแสง	หมายเหตุ
อิฐสีเหลือง (yellow brick)	0.3-0.4	ใหม่
อิฐสีแดง (red brick)	0.15-0.25	ใหม่
อิฐ (brick)	0.05-0.1	สกปรก
หินอ่อนสีขาว (white marble)	0.6-0.65	สะอาด
หินแกรนิต (granite)	0.1-0.15	สะอาด
คอนกรีตสีเทาอ่อน (light concrete)	0.4-0.5	สีอ่อน
คอนกรีตสีเทาเข้ม (dark concrete)	0.2-0.3	สีเข้ม
คอนกรีต (concrete)	0.05-0.1	สกปรก
ปูนฉาบผนังสีเหลืองอ่อน (plasterwork)	0.35-0.55	ใหม่

ที่มา: Santen, Christa van. 2006: 56

ความสว่างและความจ้า (luminance and brightness)

ความสว่างคือปริมาณแสงที่สะท้อน หรือส่องผ่านมายังดวงตาและทำให้มองเห็นวัตถุ สามารถวัดค่าด้วยอุปกรณ์ มีหน่วยเป็นแคนเดลาต่อตารางเมตร (candela per square metre- cd/m^2) ส่วนความจ้าคือ ความรู้สึกของคนแต่ละคนที่มีต่อปริมาณความสว่างที่สะท้อนมายังดวงตาหรือความสว่าง ปัจจัยที่มีผลต่อความรู้สึกถึงความจ้าของแต่ละคน เช่น ขนาดของแหล่งกำเนิด ความสว่างของวัตถุเมื่อเปรียบเทียบกับความสว่างของพื้นหลัง เป็นต้น

ความสว่างของวัตถุและความสว่างของแหล่งกำเนิดแสง เป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการออกแบบการส่องสว่างพื้นที่ภายนอกอาคาร ความสว่างที่ผิววัตถุนอกจากทำให้มองเห็นวัตถุได้ ยังเพิ่มความน่าสนใจให้กับวัตถุและสร้างความปลอดภัยให้กับบริเวณโดยรอบที่มีการส่องสว่าง ส่วนความสว่างของแหล่งกำเนิดทำให้ระดับความส่องสว่างในแนวตั้งมีค่าสูงขึ้น ช่วยให้มองเห็นสภาพแวดล้อมโดยรอบ แต่ต้องมีการควบคุมเนื่องจากอาจเป็นสาเหตุของการเกิดแสงบาดตาได้โดยเฉพาะเมื่อสภาพแวดล้อมหรือพื้นหลังมีความสว่างลดลง (Rea, 2000)

สิ่งก่อสร้างประเภทอนุสาวรีย์ หรืออาคารที่ตั้งในที่โล่งแจ้งมีค่าระดับความสว่างที่แนะนำ 3.2-6.5 แคนเดลาต่อตารางเมตร (Santen, 2006)

ความสว่างของวัตถุและสิ่งแวดล้อมที่มีค่าแตกต่างกันมากเกินไป นอกจากทำให้ประสิทธิภาพในการมองเห็นลดลง และยังสร้างความรำคาญกับผู้ที่อยู่อาศัย อัตราส่วนความสว่าง (luminance ratio) ของวัตถุต่อความสว่างของสิ่งแวดล้อมที่เหมาะสมมีค่าไม่เกิน 20 เท่า ซึ่งอาจปรับเปลี่ยนได้เพื่อให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อม เช่น ในเมืองหรือย่านการค้า มีอัตราส่วนความสว่างมากกว่าปกติ ในทางกลับกันในเขตชนบทหรือสวนสาธารณะมีค่าอัตราส่วนความสว่างที่น้อยกว่าปกติ (Rea, 2000)

การออกแบบโดยการมีส่วนร่วมของชุมชน (community-responsive design)

การออกแบบการส่องสว่างพื้นที่ภายนอกอาคารโดยเฉพาะถนนหนทาง ซึ่งเป็นองค์ประกอบพื้นฐานสำคัญของเมืองหรือชุมชนสามารถสร้างผลกระทบในวงกว้างต่อผู้คนที่เกี่ยวข้อง การรับรู้ภาพของเมือง และยังก่อให้เกิดการสื่อความหมายและสร้างลำดับความสำคัญ (hierarchy) ให้กับองค์ประกอบต่างๆที่มีการส่องสว่าง ทั้งอาคาร อนุสาวรีย์ ถนน ทางเท้าหรือต้นไม้ รวมทั้งรูปแบบของดวงโคมและเสาไฟก็มีอิทธิพลต่อการสื่อความหมายทั้งสิ้น (Rea, 2000)

การออกแบบที่ดียังสามารถช่วยสร้างความปลอดภัยทางกายภาพ (safety) ความรู้สึกปลอดภัย (sense of security) การรับรู้ถึงทิศทาง (orientation) และลดแสงที่รบกวนในการมองเห็น (visual noise) IESNA จึงได้กำหนดแนวทางของการมีส่วนร่วมของชุมชนและกระบวนการออกแบบการส่องสว่างพื้นที่สาธารณะภายนอกในมาตรฐาน IESNA RP33

ประกอบด้วย เป้าหมายในการออกแบบ รูปแบบหรือแนวคิด การพัฒนารูปแบบดวงโคมที่เหมาะสม อัตราส่วนความสว่างที่เหมาะสมกับ การรับรู้สภาพแวดล้อมและการสร้างข้อเสนอแนะ (guideline) ในการออกแบบ

มลภาวะทางแสง (light pollution)

มลภาวะทางแสงในเวลากลางคืน ส่วนมากเกิดจากแสงที่ส่องสว่างออกไปในทิศทางที่ไม่ต้องการ จึงรบกวนสิ่งมีชีวิตหรือทำให้สภาพแวดล้อมผิดแปลกไปจากปกติ เช่น ท้องฟ้ามีความสว่างมากกว่าปกติ ที่เรียกว่า sky glow หรือมีแสงส่องเข้ามาในห้องนอนในเวลากลางคืน ทำให้รบกวนการนอนหลับ การลดผลกระทบที่เกิดจากมลภาวะทางแสงในเวลากลางคืน สามารถกระทำได้โดยกำหนดระดับความส่องสว่างสำหรับกิจกรรมประเภทต่างๆ และบังคับทิศทางของการส่องสว่างให้อยู่ในขอบเขตที่กำหนด CIE ได้กำหนดเกณฑ์เกี่ยวกับการออกแบบการส่องสว่างในเวลากลางคืน เรียกว่า Guide on the Limitation of the Effects of Obtrusive Light from Outdoor Lighting Installation ดังแสดงในตารางที่ 2.9.4

ตารางที่ 2.9.4 ตารางแสดงเกณฑ์ Limitation of the Effects of Obtrusive Light from Outdoor Lighting Installation

ประเภทสภาพแวดล้อม	ULR (%)	ระดับความส่องสว่างบนระนาบของช่องเปิด (lux)		ความเข้มของแสงที่แหล่งกำเนิด (kcd)		ความสว่างบนอาคารก่อนเวลา23.00 น.	
		ก่อน 23.00 น	หลัง 23.00 น.	ก่อน 23.00 น	หลัง 23.00 น.	เฉลี่ย (cd/m^2)	มากสุด (cd/m^2)
E1	0.0	2	1	0	0.0	0	0
E2	2.5	5	1	20	0.5	5	10
E3	5.0	10	2	30	1.0	10	60
E4	15.0	25	5	30	2.5	25	150

ที่มา: Commission Internationale de'l Eclairage. 2003.

ULR คือ ค่าร้อยละของปริมาณแสงมากสุดที่ยอมให้ส่องขึ้นไปยังท้องฟ้าโดยตรงจากการติดตั้งทั้งหมด (Upward Light Ratio for the installation)

ค่าความส่องสว่างเฉลี่ยนที่แนะนำของมาตรฐาน CIE จำแนกตามกลุ่มของสภาพแวดล้อม (environmental zone) ดังนี้

(1) E1 คือ สภาพแวดล้อมที่มืดสนิท เช่น อุทยานแห่งชาติ สภาพแวดล้อมทางธรรมชาติสวยงามที่ได้รับการอนุรักษ์

(2) E2 คือ สภาพแวดล้อมชุมชนขนาดเล็ก มีแสงสว่างรอบข้างน้อย เช่น หมู่บ้านในชนบท ชานเมืองที่ห่างไกล

(3) E3 คือ สภาพแวดล้อมชุมชนขนาดกลาง มีแสงสว่างรอบข้างปานกลาง เช่น ย่านชุมชนในเขตเมืองขนาดเล็ก

(4) E4 คือ สภาพแวดล้อมชุมชนขนาดใหญ่ มีแสงสว่างรอบข้างมาก เช่น เมืองหลวง ย่านที่มีกิจกรรมกลางคืน

ในกรณีที่อาคารตั้งอยู่ในพื้นที่ E2 กลุ่มสภาพแวดล้อม สวนสาธารณะ อาคารโบราณสถาน หรืออาคารสำคัญทางประวัติศาสตร์ ให้เลือกใช้เกณฑ์ที่มีค่าระดับความส่องสว่างต่ำกว่าที่แนะนำ

2.10 ชนิดของหลอดไฟฟ้าและดวงโคม

2.10.1 ชนิดของหลอดไฟฟ้า

หลอดไฟ (lamps) เป็นแหล่งกำเนิดแสงไฟฟ้า มีหลายประเภท ซึ่งแต่ละประเภทมีข้อดีข้อเสียที่แตกต่างกันออกไป โดยที่การใช้งานจะเป็นตัวกำหนดชนิดของหลอดไฟ เพื่อให้เหมาะสมกับวัตถุประสงค์การใช้ การเลือกใช้หลอดไฟสำหรับการส่องสว่างพื้นที่ภายนอกอาคารต้องคำนึงในการออกแบบเกี่ยวกับ ชนิดของหลอดไฟ และสีของแหล่งกำเนิดแสง ดังนี้

ชนิดของหลอดไฟฟ้า

การเลือกชนิดหลอดไฟฟ้าเป็นปัจจัยสำคัญในการกำหนดสี และลักษณะของแสง รวมทั้งค่าใช้จ่ายในการจัดซื้อ การใช้พลังงานและการบำรุงรักษา หลอดไฟฟ้าแต่ละประเภทมีข้อดีข้อเสียแตกต่างกันดังนี้

(1) หลอดอินแคนเดสเซนต์ (incandescent lamp) เป็นหลอดที่มีประสิทธิภาพต่ำแต่มีสีของแสงที่เหมาะกับการมองเห็นของมนุษย์มากที่สุด เหมาะกับการส่องเน้นองค์ประกอบทางสถาปัตยกรรมที่มีขนาดเล็กหรือส่องเน้นรายละเอียดต่างๆ หรือใช้เป็นแหล่งกำเนิดแสงสำหรับไฟราว โดยสามารถแบ่งเป็น 2 กลุ่มใหญ่ตามลักษณะโครงสร้างหลอด (พรรณชลัท สุริโยธิน, 2547) ได้แก่ หลอดไส้ (Tungsten lamps) และหลอดทังสเตนฮาโลเจน (Tungsten Halogen lamps)

(2) หลอดฟลูออเรสเซนต์ (fluorescent) เป็นหลอดไฟฟ้าที่ให้แสงที่นุ่มนวลกว่าหลอดไฟฟ้าชนิดอื่น สำหรับหลอดที่ใช้ภายนอกมีแสงสีคูลไวท์เพียงสีเดียวซึ่งให้สีของแสงใกล้เคียงกับหลอดเมทัลฮาไลด์ เป็นหลอดที่มีประสิทธิภาพสูงกว่าหลอดอินแคนเดสเซนต์

(3) หลอดปรอทความดันสูง (low pressure mercury lamps) หรือเรียกว่า หลอดแสงจันทร์ เป็นหลอดไฟฟ้าที่มีประสิทธิผลสูง ให้สีของแสงเป็นสีชมพูอมม่วง มีค่าความถูกต้องของแสงสีดีพอสมควร (พรรณชลัท สุริโยธิน, 2547) นิยมนำมาใช้งานแทนหลอดฟลูออเรสเซนต์ เมื่อต้องการปริมาณแสงที่สูงกว่า เช่น ถนน และทางเดินโดยรอบอาคาร เป็นต้น

(4) หลอดเมทัลฮาไลด์ (metal halide lamps) เป็นหลอดไฟฟ้าที่พัฒนามาจากหลอดปรอทความดันสูง โดยมีประสิทธิผลดีขึ้น และสีของแสงครบทุกสเปกตรัม จึงสามารถขับเน้นสีทุกสีให้โดดเด่นได้ นอกจากนี้ยังให้เงาที่คมชัดแต่แสงที่ได้เป็นแสงที่จ้าตา

(5) หลอดโซเดียม (pressure sodium lamps) แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ หลอดโซเดียมความดันสูง และหลอดโซเดียมความดันต่ำ เป็นหลอดไฟฟ้าที่มีประสิทธิผลสูงสุดถ้าไม่รวมหลอดแอลอีดี หลอดโซเดียมทั่วไปมีค่าความถูกต้องของสีต่ำ โดยเฉพาะหลอดโซเดียมความดันต่ำให้สีของแสงเป็นสีเหลืองเพียงสีเดียว จึงทำให้วัตถุที่อยู่ใต้หลอดประเภทนี้มีสีผิดเพี้ยนไปจากความเป็นจริง นิยมใช้เป็นไฟส่องสว่างถนน

(6) หลอดแอลอีดี (LED) เป็นแหล่งกำเนิดแสงขนาดเล็กกะทัดรัด ให้แสงสีที่จัดจ้าน มีอายุการใช้งานยาวถึง 100,000 ชั่วโมง ทนทานต่อการกระแทกและการสั่นสะเทือน ใช้กำลังไฟฟ้าต่ำ และ ไม่เกิดรังสีอัลตราไวโอเลตและอินฟาเรด

หากพิจารณาเฉพาะความถูกต้องของสีของแสง หลอดอินแคนเดสเซนต์เป็นหลอดที่มีคุณสมบัติดีที่สุด ลำดับถัดมาคือหลอดเมทัลฮาไลด์ แต่ในปัจจุบันหลอดแอลอีดี มีบทบาทในการให้แสงและใช้ทดแทนแหล่งกำเนิดแสงเดิม เนื่องจากมีพัฒนาการในด้านสีของแสงขาวที่ดีขึ้นมาก และที่สำคัญคือสามารถเปลี่ยนสีของแสงได้ตามที่ผู้ออกแบบต้องการ ไม่มีข้อจำกัดในการเลือกสีของแสงเหมือนแต่ก่อน เพียงแต่หลอดแอลอีดีมีคุณภาพดียังมีราคาสูง

ตารางที่ 2.10.1 ตารางแสดงคุณสมบัติของหลอดไฟฟ้าชนิดต่างๆ

ชนิดของหลอดไฟฟ้า	ประสิทธิผล (ลูเมน/ วัตต์)	อุณหภูมิสี (เคลวิน)	ดัชนีความถูกต้องของสี (CRI)	อายุการใช้งาน (ชั่วโมง)
หลอดไส้	5 - 12	2,500 - 2,700	100	1,000
	12 - 22 12 - 22	2,800 3,000	100	1,500 - 3,000 2,000 - 3,000
หลอดฟลูออเรสเซนต์ ชนิดตรง (T8	45 – 80	2,700 - 6,500	60 – 80	8,000 - 10,000
หลอดฟลูออเรสเซนต์ฟลักซ์การส่องสว่างสูง ชนิดตรง (T8) ชนิดตรง (T5)	73 - 93 90 - 93	2,700 - 6,500 2,700 - 6,500	80 - 90 80 - 90	8,000 - 10,000 10,000 - 12,000
หลอดคอมแพ็คฟลูออเรสเซนต์	40 - 80	2,700 - 6,500	80 - 90	7,500 - 10,000
หลอดโซเดียมความดันต่ำ	100 - 180	2,000	0 - 20	22,000 - 24,000
หลอดปรอทความดันสูง	30 - 60	3,000 - 4,200	40 - 60	20,000 - 24,000
หลอดโซเดียมความดันไอสูง	70 - 130	2,000 - 2,200	30 - 50	18,000 - 24,000
หลอดเมทัลฮาไลด์	60 - 120	2,900 - 6,000	60 - 90	8,000 - 15,000
หลอด LED	25 - 64	2,700 – 10,000	70-100	35,000 – 60,000

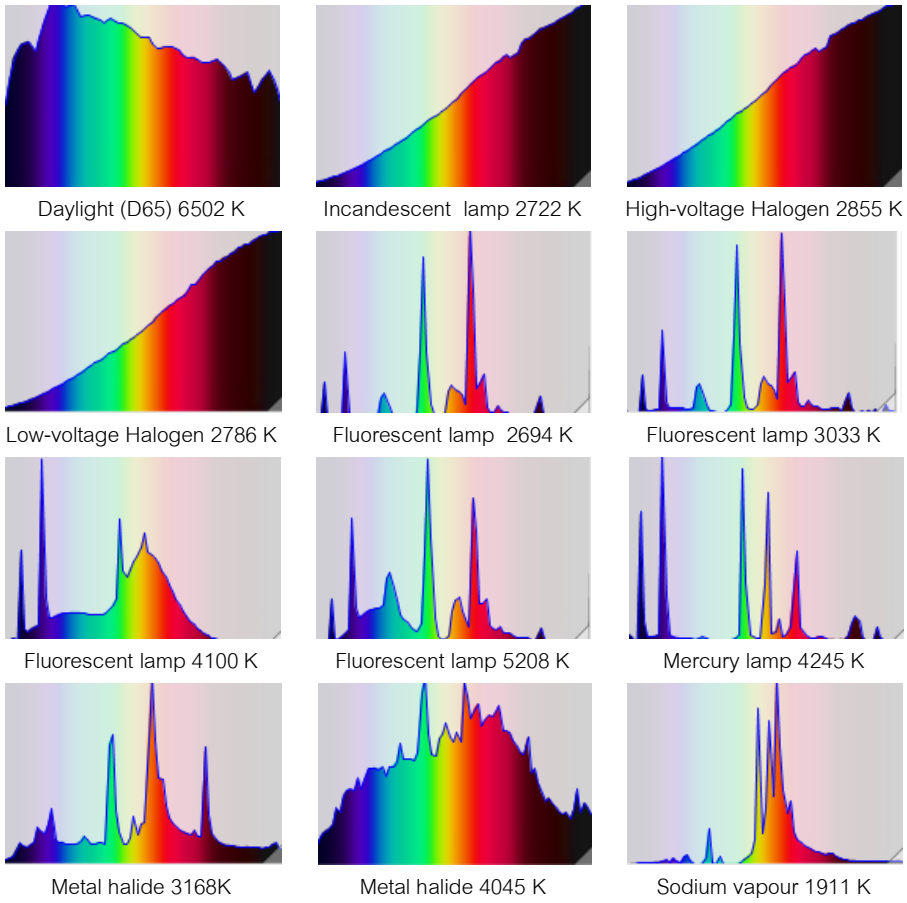
ที่มา: ดัดแปลงจาก บริษัท ไล้ติ้ง แอนด์ อีควิปเมนต์ จำกัด, “การบรรยายเรื่องเทคโนโลยีหลอด LED”.

สีของแหล่งกำเนิดแสง

แหล่งกำเนิดแสงทั้งแสงธรรมชาติและแสงไฟฟ้า มีคุณสมบัติ 2 ประการที่เกี่ยวข้องกับการกระจายแสงที่ออกมาจากแหล่งกำเนิด (spectral power distribution) ประการแรกเป็นผลที่ได้จากแสงที่ส่องลงบนผิววัตถุ ซึ่งก็คือ สีของแสงที่แหล่งกำเนิดเปล่งออกมาให้มองเห็นหรือสีที่ปรากฏ (color appearance) และอีกประการหนึ่งคือความถูกต้องของสี (colour rendering) (พรรณชลัท สุริโยธิน, 2547) โดยสีของแสงนั้นสามารถบอกได้ด้วยค่าของอุณหภูมิสีเทียบเคียง (Correlated Color Temperature-CCT) ในหน่วยเคลวิน (Kelvin-K)

ความถูกต้องของสีวัตถุภายใต้แสง เป็นค่าที่แสดงให้เห็นว่า สีของแสงจากแหล่งกำเนิดที่ส่องวัตถุนั้น ความถูกต้องของสีกับวัตถุที่เห็นต่างกันมากน้อยเพียงใดค่าความถูกต้องของสีของแหล่งกำเนิดแต่ละชนิดขึ้นอยู่กับองค์ประกอบทางสเปกตรัมของแสงนั้น โดยแสงธรรมชาติสามารถให้สีของค่อนข้างแสงสม่ำเสมอและครบทุก

สเปกตรัม มีค่าความถูกต้องของสีเท่ากับ 100 ส่วนหลอดไฟฟ้าชนิดอื่นๆ มีความสามารถในการให้สีได้ไม่เท่ากัน ดังแสดงในภาพที่ 2.9.2



ภาพที่ 2.10.1 สเปกตรัมของแสงธรรมชาติ และหลอดไฟฟ้าชนิดต่างๆ

ที่มา: DIALux

สีของแหล่งกำเนิดแสงไฟฟ้าที่ใช้ส่องสว่างภายนอกอาคาร เดิมนิยมใช้สีขาวโทนเดียวกับสีของดวงจันทร์ซึ่งให้แสงนุ่มนวล ซึ่งมีความเข้มของแสงน้อยกว่าแสงจากดวงอาทิตย์และมีความคล้ายแสงธรรมชาติมากที่สุด (Chou,2003) และสีเหลืองส้มที่เหมาะสมกับสิ่งปลูกสร้างบางประเภท เช่น อาคารก่ออิฐเปลือย เนื่องจากสามารถขับเน้นสีของวัสดุได้ดี ปัจจุบันเริ่มมีการเลือกใช้หลอดแอลอีดีที่สามารถเปลี่ยนสีและลวดลายได้หลายรูปแบบในการประดับตกแต่งอาคาร

ชนิดของดวงโคม

ดวงโคมหมายถึง อุปกรณ์มีหน้าที่บังคับแสงสว่างจากหลอดไฟฟ้า ส่องไปยังทิศทางต่างๆ ที่ต้องการ ลดแสงบาดตาที่เกิดจากหลอดไฟฟ้า และยังทำให้ภาพที่ปรากฏสู่สายตา (appearance) ของแสงจากดวงโคมเป็นที่ยอมรับได้ นอกจากนี้ยังช่วยเสริมสร้างบรรยากาศ หรือประดับพื้นที่นั้นๆ ด้วยในบางกรณี (พรรณชลัท สุรโยธิน, 2551) ดวงโคมที่ใช้สำหรับส่องสว่างภายนอกอาคาร เช่น เสาไฟฟ้า (pole- mounted luminaires) ดวงโคมฝังพื้นหรือผังผนัง (surfaced-mounted luminaires) ดวงโคมสนาม (bollard luminaires) ดวงโคมสาดส่อง (floodlight luminaires) เป็นต้น ดวงโคมแต่ละประเภทมีความเหมาะสมในการใช้งานที่แตกต่างกันไป สำหรับดวงโคมที่ใช้สำหรับสำหรับส่องสว่างอาคารเพื่อการประดับตกแต่งหรือความสวยงามนิยมใช้ดวงโคมสาดส่อง (Rea, 2000) ซึ่งมีทั้งชนิดมุมลำแสงกว้าง และมุมลำแสงแคบขึ้นอยู่กับลักษณะของวัตถุที่ต้องการส่องสว่าง

การเลือกใช้ดวงโคมสำหรับการส่องสว่างพื้นที่ภายนอกอาคาร มีข้อคำนึงถึงในการออกแบบเกี่ยวกับลักษณะการกระจายแสง และความปลอดภัยของดวงโคม ดังนี้

ลักษณะการกระจายแสงของดวงโคม

ลักษณะการกระจายแสงของแหล่งกำเนิดแสงแต่ละประเภทขึ้นอยู่กับส่วนประกอบของดวงโคม (light control components)ที่ใช้ซึ่งมีหน้าที่บังคับทิศทางแสงไปในทิศทางต่างๆกัน โดยทั่วไปสามารถแบ่งได้ดังนี้ (Rea, 2000)

(1) Reflectors เป็นอุปกรณ์ที่ทำจากวัสดุที่มีค่าการสะท้อนแสงสูง เช่น พลาสติกหรือโลหะ มีหน้าที่เปลี่ยนทิศทางของแสงจากหลอดไฟฟ้าหรือแหล่งกำเนิด ด้วยการสะท้อนแสง

(2) Refractors เป็นอุปกรณ์ที่มีลักษณะเป็นปริซึม (prism) ขนาดต่างๆกัน ทำหน้าที่เปลี่ยนทิศทางของแสง โดยอาศัยคุณสมบัติการหักเหของแสงเมื่อเดินทางผ่านตัวกลางต่างชนิดกัน

(3) Diffusers เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่กระจายแสง (scatter) บริเวณดวงโคม โดยสามารถช่วยลดความสว่างที่พื้นผิวของดวงโคม และยังช่วยทำให้มองไม่เห็นสิ่งที่อยู่ภายในดวงโคมอีกด้วย

(4) Shades, Shields, Louvers and Baffle เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่บังคับ ควบคุมทิศทางของแสง และกระจายแสงให้เป็นไปตามลักษณะที่ต้องการ ส่วนมากทำจากวัสดุโปร่งแสง หรือวัสดุทึบแสง

นอกจากส่วนประกอบของดวงโคมที่กล่าวมาข้างต้น แล้วยังมีอุปกรณ์ที่สามารถบังคับทิศทางของแสงให้ฉายเป็นรูปหรือลวดลายที่ต้องการ เรียกว่า GOBO

(GOes Before Optics) มีลักษณะเป็นหน้ากากที่มีการฉลุภาพหรือลวดลายลงบนวัสดุทึบแสง เพื่อนำไปติดตั้งกับดวงโคม ดวงโคมบางชนิดอาจมีช่อง (slot) สำหรับใส่ GOBO โดยเฉพาะ หรือบางชนิดต้องใช้อุปกรณ์เสริม

ความปลอดภัยของดวงโคม

ความปลอดภัยของโคม ถือเป็นอันดับแรกที่ควรพิจารณาเพราะเกี่ยวข้องกับความปลอดภัยของผู้ใช้ ไม่ว่าจะเป็นเรื่องขั้วต่อสายไฟ ซึ่งควรใช้ที่สามารถทนความร้อนได้ดี ขั้วรับ หลอดโดยเฉพาะขั้วรับหลอดอินแคนเดสเซนต์ หลอดฮาโลเจน ซึ่งต้องทนความร้อนสูงมาก ดังนั้นการเลือกวัสดุที่ใช้ก็เป็นส่วนประกอบของโคมเพื่อให้เกิดความปลอดภัยต่อผู้ใช้งาน

นอกจากนี้ยังต้องเลือกดวงโคมยังต้องคำนึงถึงสภาพแวดล้อม โดยพิจารณาจากระดับการป้องกันอันตรายจากโคม ระดับการป้องกันอันตรายจากโคม (Class of Protection) และระดับการป้องกันฝุ่นผงและความชื้น (Degree of Protection) ระดับการป้องกันอันตรายจากโคมแบ่งเป็น 3 ระดับดังนี้

(1) ระดับ 1 เป็นโคมที่มีการต่อตัวถังของโคมลงดิน จึงสามารถสัมผัสได้โดยไม่มีอันตราย

(2) ระดับ 2 เป็นโคมที่มีการห่อหุ้มส่วนที่มีไฟฟ้าด้วยฉนวน ทำให้ไม่สามารถเข้าถึงส่วนที่มีไฟได้

(3) ระดับ 3 เป็นโคมที่ใช้ศักย์ไฟฟ้าต่ำมาก คือ น้อยกว่า 42 โวลต์ ดังนั้นจึงไม่มีอันตรายต่อมนุษย์ได้

ระดับการป้องกันฝุ่นผงและความชื้น ระดับการป้องกันดังกล่าวกำหนดกันด้วยค่า IPxy (Ingress Protection) ค่าตัวเลข x บอกขนาดของวัสดุขนาดเล็กที่สามารถป้องกันไม่ให้เข้าไปในตัวโคมได้ ส่วนค่าตัวเลข y บอกการป้องกันเรื่อง ดังแสดงในตารางที่ 2.10.2

ตารางที่ 2.10.2 ตารางแสดงค่า IP

การป้องกันอนุภาคที่เป็นของแข็ง (x)	
ระดับ	คำอธิบาย
0	ไม่สามารถป้องกันได้
1	สามารถป้องกันของแข็งขนาดไม่เกิน 50 มิลลิเมตร
2	สามารถป้องกันของแข็งขนาดไม่เกิน 12.5 มิลลิเมตร
3	สามารถป้องกันของแข็งขนาดไม่เกิน 2.5 มิลลิเมตร
4	สามารถป้องกันของแข็งขนาดไม่เกิน 1 มิลลิเมตร
5	สามารถป้องกันฝุ่นได้ โดยฝุ่นสามารถผ่านได้บ้างเล็กน้อย
6	สามารถป้องกันฝุ่นได้อย่างสมบูรณ์

การป้องกันของเหลว (y)	
ระดับ	คำอธิบาย
0	ไม่สามารถป้องกันได้ (No protected)
1	สามารถป้องกันหยดน้ำที่ตกใส่ในแนวตั้งได(dripping water)
2	สามารถป้องกันน้ำที่ฉีดใส่ในระดับเอียง 15 องศาจากแนวตั้งได้ (dripping water when tilted up to 15 degree)
3	สามารถป้องกันน้ำที่ฉีดใส่ในระดับเอียง 60 องศาจากแนวตั้งได้ (spraying water)
4	สามารถป้องกันละอองน้ำได้ในทุกด้านของอุปกรณ์ (splashing water)
5	สามารถป้องกันการฉีดน้ำได้ในทุกด้านของอุปกรณ์ (water jets)
6	สามารถป้องกันการฉีดน้ำได้ (powerful water jets)
7	สามารถอยู่ในน้ำลึกไม่เกิน 1 เมตร (immersion to 1.00m)
8	สามารถอยู่ในน้ำลึกเกิน 1 เมตร (immersion beyond 1.00m)

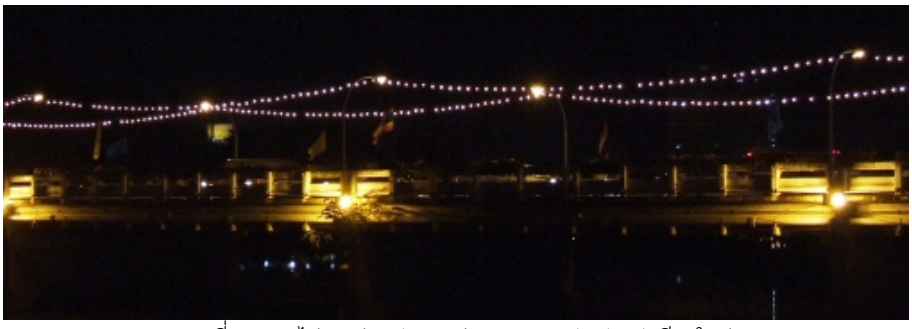
ที่มา: ดัดแปลงจาก http://www.ce-mag.com/archive/06/ARG/bisenius.htm

นอกจากดวงโคมที่ออกแบบเพื่อการส่องสว่างแล้ว ยังมีดวงโคมที่ออกแบบเพื่อประดับตกแต่งอาคารบ้านเรือน หรือต้นไม้ตามโอกาสหรืองานเทศกาลต่างๆ เช่น ไฟประดับอาคารในเทศกาลปีใหม่ ไฟประดับต้นคริสต์มาส เป็นต้น ส่วนมากมีลักษณะเป็นเส้นที่สามารถบิด หักงอ ให้เห็นโครงกรอบของ รูปร่างหรือรูปทรงต่างๆ หรือมีลักษณะเป็นผืนตารางหรือแหใช้สำหรับคลุมเพื่อเน้นพื้นผิวของวัตถุ

ไฟราว

ไฟราว หรือบางครั้งเรียกว่า ไฟราวประดับ (ภาษาอังกฤษอาจเรียกว่า string light) เป็นหลอดเปลือย (bare lamps) ที่นำมาเรียงร้อยต่อกันเป็นเส้นยาวโดยมีการเว้นช่วงจังหวะของหลอดไฟฟ้า เพื่อนำมาประดับตกแต่งอาคารสถานที่ ส่วนมากนิยมยึดโยงกับเสาไฟฟ้า หรือต้นไม้ให้ตกท้องช้าง หลอดไฟฟ้าที่ใช้ส่วนมากเป็นหลอดไส้ประเภทต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 2.9.3

นอกจากไฟราวประเภทที่กล่าวมาข้างต้นแล้ว ยังไฟราวที่มีหลอดไฟฟ้าขนาดเล็กสามารถกระพริบได้ นิยมใช้ประดับต้นไม้ในเทศกาลคริสต์มาสหรือขึ้นปีใหม่ เรียกว่า ไฟคริสต์มาส ตามชื่อเทศกาล



ภาพที่ 2.10.2 ไฟราวประดับตกแต่งสะพานนวรัฐ จังหวัดเชียงใหม่

ที่มา: ผู้วิจัย

Rope light

Rope light หรือในภาษาไทยมีชื่อเรียกทางการค้าว่า ไฟสายหรือไฟสายยาง เป็นไฟประดับตกแต่งที่ใช้แหล่งกำเนิดแสงเป็นหลอดแอลอีดี (LED) อยู่ในท่อที่เป็นเส้นยาว ทำจากพลาสติกชนิดต่างๆ คล้ายสายยาง มีคุณสมบัติยืดหยุ่น สามารถดัดงอเป็นรูปต่างๆ และมีความปลอดภัยมากกว่าไฟราว เนื่องจากแหล่งกำเนิดแสงอยู่ในท่อพลาสติกซึ่งเป็นฉนวนกันไฟ และกันน้ำ rope light นิยมนำมาใช้ให้แสงสว่างทั้งภายในอาคารและภายนอกอาคาร เช่น ไฟหลืบ หรือไฟประดับตกแต่งอาคาร ต้นไม้ เป็นต้น

ภาพที่ 2.10.3 rope light ประดับตกแต่งอาคาร

ที่มา: http://www.christmaslightsetc.com/pages/Rope-Light-at-a-Glance.htm

2.11 เทคนิคการออกแบบการส่องสว่าง

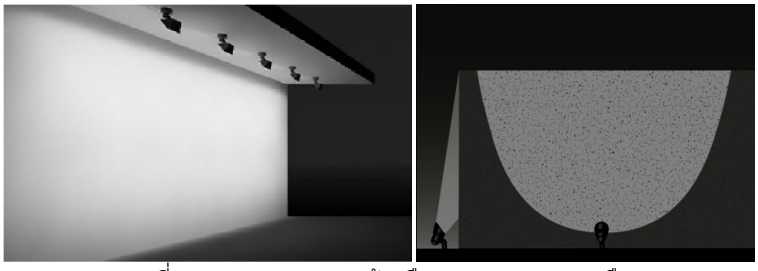
การเลือกเทคนิคที่ใช้ในการส่องสว่างโครงสร้างทางสถาปัตยกรรมขึ้นอยู่กับการใช้สอยของสถาปัตยกรรมและองค์ประกอบทางสถาปัตยกรรมเป็นหลัก โดยโครงสร้างทางสถาปัตยกรรมที่ไม่มีการใช้สอยสามารถใช้เทคนิคในการส่องสว่างเช่นเดียวกับประติมากรรมรูปปั้น หรืออนุสาวรีย์ ส่วนโครงสร้างที่มีการใช้สอยนั้น ต้องคำนึงถึงความต้องการของผู้ใช้ความปลอดภัยรวมทั้งความสวยงาม

องค์ประกอบที่ควรคำนึงถึงในการส่องสว่างโครงสร้างทางสถาปัตยกรรมมี 3 ประการ (Moyer, 2005) คือ ทิศทางของแสง ความเข้มของแสง และสีของแสง ทิศทางของแสงเป็นองค์ประกอบที่ช่วยเผยให้เห็นถึงรายละเอียดของแสงเงา ผิวสัมผัส และแสดงความเป็นสามมิติของสถาปัตยกรรมที่มีการส่องสว่าง ความเข้มของแสงเป็นองค์ประกอบที่ช่วยเน้นจุดเด่น หรือส่วนที่สำคัญของสถาปัตยกรรมให้มีความชัดเจน และสีของแสงช่วยเสริมให้องค์ประกอบของสถาปัตยกรรมเกิดความเปรียบต่างชัดเจนยิ่งขึ้น

การส่องสว่างสถาปัตยกรรมซึ่งเป็นการส่องสว่างภายนอกอาคาร (outdoor lighting) เป็นการให้แสงให้โดยตรง (direct light) ไปยังอาคารหรือวัตถุที่ต้องการซึ่งแสดงให้เห็น รูปทรงความเป็นสามมิติ (modelling) แสงเงา และผิวสัมผัสของวัตถุชัดเจน และมีความสว่างสดใส (brilliance) อีกทั้งประหยัดพลังงานกว่าการให้แสงโดยอ้อม (indirect light) โดยเทคนิคในการส่องสว่างที่ใช้จะให้ผลลัพธ์ที่แตกต่างกันออกไปดังนี้

(1) floodlighting

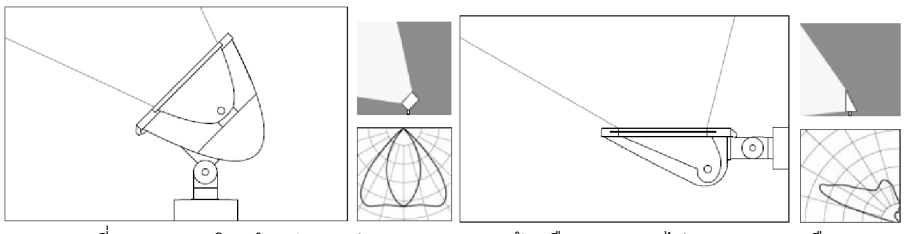
floodlighting เป็นเทคนิคในการส่องสว่างด้วยการสาดส่องไปยังพื้นผิว ระนาบหรือวัตถุที่ต้องการ โดยตำแหน่งติดตั้งดวงโคมมีผลต่อภาพที่เกิดขึ้น หากติดตั้งดวงโคมด้านหน้าและอยู่ห่างจากวัตถุ จะทำให้วัตถุสว่างแต่แบนเรียบ ไม่แสดงให้เห็นรายละเอียดของผิวสัมผัสและแสงเงาเหมือนกับเวลาฟ้าสลัว เหมาะกับอาคารที่มีรูปร่างหรือรูปทรงโดดเด่น (Moyer, 2005) หากมีการติดตั้งดวงโคมให้แสงที่ส่องเรี่ยไปกับวัตถุหรือพื้นผิว จะทำให้เกิดภาพที่แสดงให้เห็นถึงรายละเอียด ผิวสัมผัส และแสงเงาของวัตถุหรือพื้นผิวคมชัด เรียกว่า grazing ดังแสดงในภาพที่ 2.11.1



ภาพที่ 2.11.1 floodlighting (ซ้ายมือ) และ grazing (ขวามือ)

ที่มา: ERCO Guide และ http://www.aquamanirrigation.ca/lighting-techniques.php

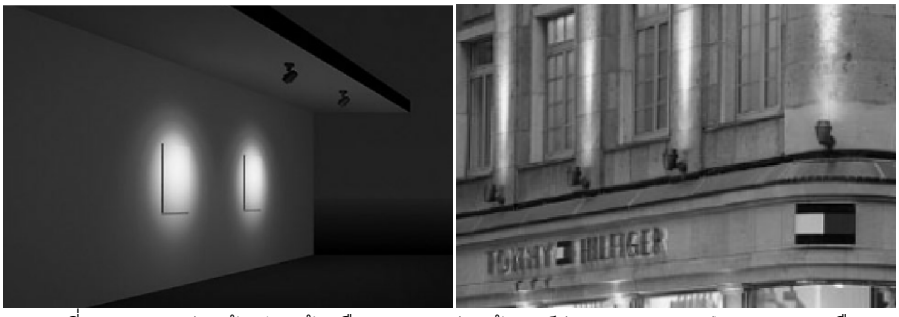
ดวงโคมที่ใช้สำหรับการส่องสว่างด้วยการสาดส่องเป็นดวงโคมที่มีมุมลำแสงกว้าง ส่วนลักษณะการกระจายแสงมีทั้งแบบสมมาตรและไม่สมาตรดังแสดงในภาพที่ 2.11.2



ภาพที่ 2.11.2 ดวงโคมสำหรับสาดส่องแบบสมมาตร (ซ้ายมือ) และแบบไม่สมมาตร (ขวามือ)
ที่มา: ERCO Guide

(2) spotlighting

spotlighting หรือ projectors เป็นเทคนิคในการส่องสว่างด้วยการส่องเน้น (accentuation) ไปยังองค์ประกอบของสถาปัตยกรรมหรือวัตถุที่ต้องการเน้น สามารถแสดงให้เห็นถึงระนาบ และรูปทรงของวัตถุได้ชัดเจน โดยบริเวณที่มีการส่องเน้นของวัตถุ จะมีความสว่างสดใส (brilliances) กว่าบริเวณอื่นที่มิได้มีการส่องเน้น ซึ่งทำให้เกิดความเปรียบต่างระหว่างวัตถุและพื้นหลังที่ชัดเจน และสามารถแสดงลำดับความสำคัญขององค์ประกอบด้วยการใช้แสงที่มีความเข้มของแสงที่ไม่เท่ากัน ดังแสดงในภาพที่ 2.11.3



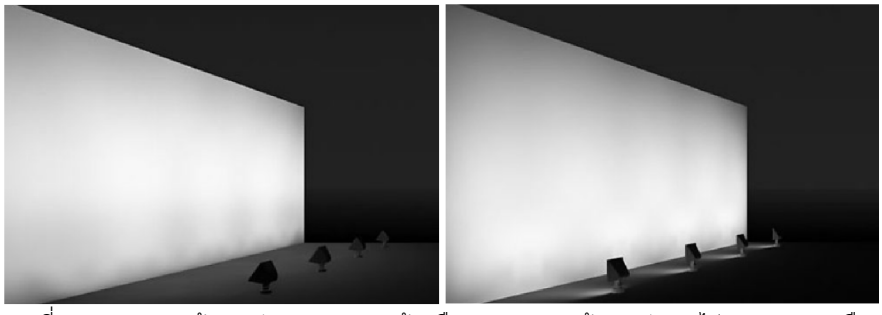
ภาพที่ 2.11.3 การส่องเน้นวัตถุ (ซ้ายมือ) และการส่องเน้นองค์ประกอบของสถาปัตยกรรม (ขวามือ)
ที่มา: ERCO Guide

(3) washlighting

washlighting หรือ wallwashing เป็นเทคนิคในการส่องสว่างด้วยการสาดย้อมผนัง ช่วยแสดงขอบเขตและขนาดของระนาบ หรือรูปทรงที่มีการส่องสว่าง สามารถแบ่งย่อยเป็น 2 ประเภทคือ แบบสมมาตร (symmetrical washlighting) และแบบไม่สมมาตร (asymmetrical washlighting)

การสาดย้อมผนังแบบสมมาตร ให้แสงที่มีความสว่างสม่ำเสมอ ราบเรียบเท่ากันทั้งระนาบ แสดงให้เห็นรูปทรงและระนาบของสถาปัตยกรรมหรือวัตถุได้ชัดเจน

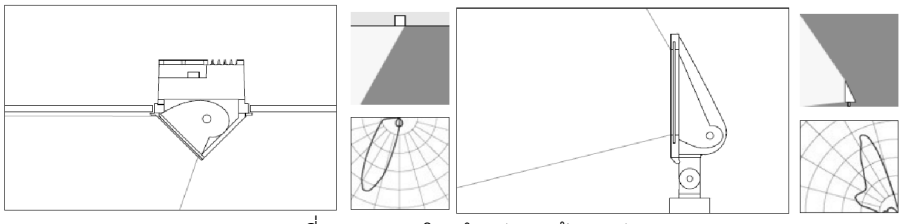
สามารถใช้ในการเน้นระนาบหรือพื้นหลัง (accent light) ส่วนการสาดย้อมผนังแบบไม่สมมาตรให้แสงที่มีการไล่ระดับจากความสว่างมากไปน้อย ให้แสงที่มีความสว่างสดใส สามารถสร้างความดึงดูดใจได้มากกว่า สามารถใช้ในการส่องเน้นระนาบหรือพื้นหลังหรือเป็นแสงบรรยากาศ (ambient light) ก็ได้ ดังแสดงในภาพที่ 2.11.4



ภาพที่ 2.11.4 การสาดย้อมผนังแบบสมมาตร (ซ้ายมือ) และการสาดย้อมผนังแบบไม่สมมาตร (ขวามือ)

ที่มา: ERCO Guide

ดวงโคมที่ใช้สำหรับการสาดย้อมผนังเป็นดวงโคมที่มีมุมลำแสงกว้างและมีลักษณะการกระจายแสงแบบไม่สมมาตร ลักษณะการติดตั้งของดวงโคมมีทั้งฝังกับฝ้าเพดานหรือผนัง และยึดติดกับพื้น ผนัง หรือฝ้าเพดาน ดังแสดงในภาพที่ 2.11.5

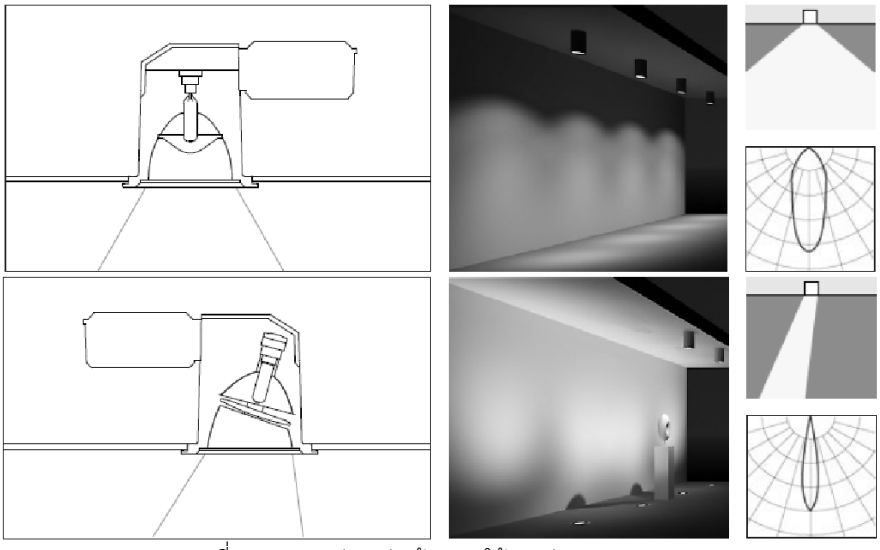


ภาพที่ 2.11.5 ดวงโคมสำหรับสาดย้อมผนัง

ที่มา: ERCO Guide

(4) downlighting

downlighting เป็นเทคนิคในการส่องสว่างด้วยการให้แสงส่องลงจากด้านบนของวัตถุ ซึ่งแสดงให้เห็นภาพที่มีลักษณะคล้ายภาพที่ต้องแสงธรรมชาติ โดยเกิดเงาด้านล่างของพื้นผิวนูนและด้านล่างของวัตถุ การส่องสว่างด้วยเทคนิคนี้มีข้อควรระวังเกี่ยวกับเงาสลัว และเงามืดที่เกิดขึ้นกับวัตถุบางประเภท เช่น ประติมากรรมรูปคนหรือสัตว์ที่เงาสลัวและเงามืด ทำให้เกิดภาพที่แปลกประหลาดไม่น่าดู ดวงโคมที่ใช้ในการส่องสว่างส่วนมากเป็นดวงโคมฝังฝ้าเพดาน (recessed ceiling luminaires) หรือติดกับฝ้าเพดาน (ceiling-mounted luminaires) ดังแสดงในภาพที่ 2.11.6



ภาพที่ 2.11.6 การส่องสว่างด้วยการให้แสงส่องลง (downlighting)

ที่มา: ERCO Guide

(5) uplighting

uplighting เป็นเทคนิคในการส่องสว่างด้วยการให้แสงสว่างส่องขึ้นจากด้านล่างของวัตถุ ซึ่งภาพที่ได้มีลักษณะเหมือนกับการส่องลง (downlighting) แต่มีทิศทางของแสงเงาตรงกันข้าม ข้อควรระวังข้อการใช้เทคนิคส่องขึ้นคือ ตำแหน่งที่ติดตั้งดวงโคมไม่ควรกีดขวางทางเดิน

(6) outlining

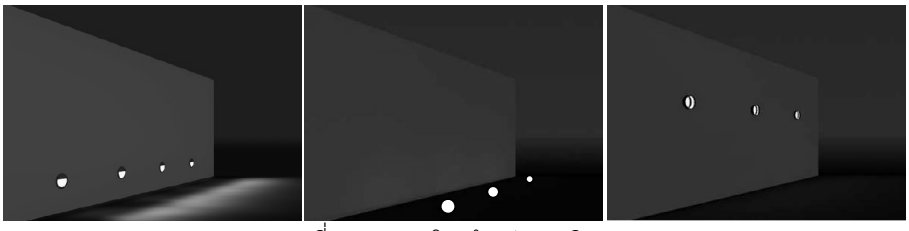
outlining (Rea, 2000) เป็นการติดตั้งดวงโคมตลอดแนวโครงกรอบของวัตถุหรืออาคารเพื่อแสดงและสื่อสารให้เห็นถึงลักษณะของวัตถุหรืออาคารดังแสดงในภาพที่ 2.11.7

ภาพที่ 2.11.7 การประดับไฟตามแนวโครงกรอบอาคาร

ที่มา: http://christmaslightinginstallers.weebly.com/

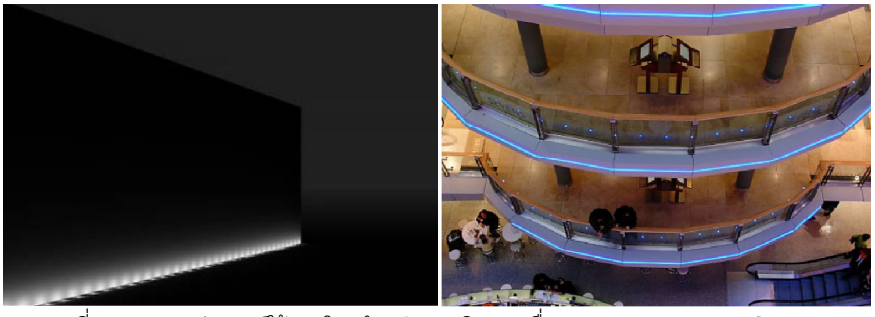
(7) orientation

orientation เป็นการให้แสงสว่างที่ใช้บอกทิศทางเพื่อสร้างความรู้สึกปลอดภัย โดยใช้ดวงโคมติดตั้งเป็นจุด หรือใช้ดวงโคมที่มีลักษณะเป็นเส้นยาว เช่น rope light เพื่อให้เกิดการรับรู้เส้นทางหรือขอบเขตในการเดิน โดยดวงโคมที่ใช้มักเป็นดวงโคมชนิดฝังพื้น (recessed floor luminaires) หรือยึดติดกับผนัง (wall-mounted luminaires) ดังแสดงในภาพที่ 2.11.8 นอกจากใช้บอกทิศทางแล้ว ยังสามารถนำประยุกต์ใช้โดยการติดตั้งตามราวหรือขอบเพื่อแสดงขอบเขตขององค์ประกอบสถาปัตยกรรมอีกด้วย ดังแสดงในภาพที่ 2.11.9



ภาพที่ 2.11.8 ดวงโคมสำหรับบอกทิศทาง

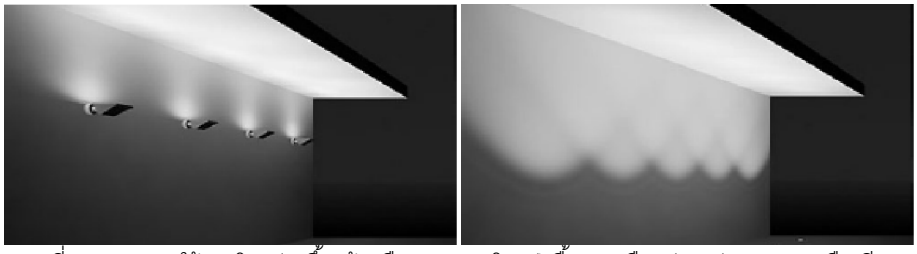
ที่มา: ERCO Guide



ภาพที่ 2.11.9 การประยุกต์ใช้ดวงโคมสำหรับบอกทิศทางเพื่อแสดงขอบเขตของสถาปัตยกรรม

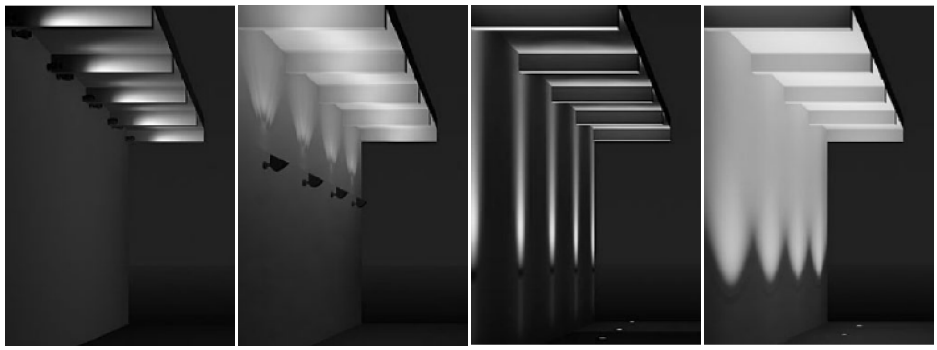
ที่มา: ERCO Guide

การส่องสว่างองค์ประกอบทางสถาปัตยกรรมแต่ละประเภท สามารถใช้เทคนิคในการส่องสว่างแตกต่างกันไป เช่น การส่องสว่างฝ้าเพดานหรือระนาบเหนือศีรษะ สามารถใช้ดวงโคมส่องขึ้น (uplighting luminaires) หรือใช้ดวงโคมฝังพื้น ดังแสดงในภาพที่ 2.11.10 และการส่องสว่างองค์ประกอบที่เป็นโครงสร้าง เช่น คานหรือเสา สามารถใช้ดวงโคมส่องเน้น ดวงโคมสาดส่องขึ้น หรือดวงโคมฝังพื้น ซึ่งดวงโคมแต่ละประเภทจะให้ภาพที่แตกต่างกันออกไป ดังแสดงในภาพที่ 2.11.11



ภาพที่ 2.11.10 การใช้ดวงโคมส่องขึ้น (ซ้ายมือ) และดวงโคมฝังพื้น (ขวามือ) ส่องสว่างระนาบเหนือศีรษะ

ที่มา: ERCO Guide



(1) (2) (3) (4)

ภาพที่ 2.11.11 การใช้ดวงโคมส่องสว่างองค์ประกอบทางสถาปัตยกรรมที่เป็นโครงสร้างด้วย

(1) ดวงโคมส่องเน้น (2) ดวงโคมส่องขึ้น (3) ดวงโคมฝังพื้นแบบมุมลำแสงแคบ

(4) ดวงโคมฝังพื้นแบบมุมลำแสงกว้าง

ที่มา: ERCO Guide

2.12 แนวทางในการออกแบบการส่องสว่าง

2.12.1 แนวทางการออกแบบการส่องสว่างโครงสร้างสถาปัตยกรรม

เวลากลางวัน แสงอาทิตย์ที่ส่องโดยตรงไปยังอาคาร ทำให้เกิดเงามืดที่คมชัดและแสดงรายละเอียดต่างๆ บนพื้นผิวของอาคารได้อย่างชัดเจน ทว่าในวันที่มีเมฆมากหรือท้องฟ้าครึ้ม เงาที่เกิดบนอาคารเป็นเงาจางที่เห็นรายละเอียดของอาคารไม่ชัดเจนมากนัก หรือในเวลาที่ดวงอาทิตย์ใกล้ลับขอบฟ้า เงาบนผนังอาคารก็มีรูปร่างเปลี่ยนไป

กลับกันในเวลากลางคืน มนุษย์ไม่สามารถหาแหล่งกำเนิดแสงอื่นที่มีความสว่างเทียบเท่าดวงอาทิตย์ได้ ทำให้มนุษย์ไม่สามารถจดจำรายละเอียดของอาคารในเวลากลางคืน การส่องสว่างอาคารสามารถสร้างสรรค์ด้วยวิธีการที่หลากหลาย โดยมากเป็นการส่องสว่างองค์ประกอบที่โดดเด่นของของอาคารเป็นบางส่วน หรือการสร้างลวดลาย จังหวะให้กับองค์ประกอบอาคารที่มีความซ้ำกัน เทคนิคที่ใช้กับสถาปัตยกรรม เช่น การสาดส่อง (floodlighting) การเน้นโครงกรอบ (outlining) การ

ส่องเน้น (spotlighting) หรือเป็นการนำเทคนิคหลายแบบผสมผสานกัน และในปัจจุบันยังมีการฉายภาพ (video mapping) ไปบนเปลือกหรือผนังของอาคารอีกด้วย

2.12.2 แนวทางการออกแบบการส่องสว่างสะพาน

สะพานเป็นองค์ประกอบเมืองที่มีความโดดเด่นและน่าสนใจ การส่องสว่างจึงช่วยเพิ่มระยะในการมองเห็นและสร้างแรงดึงดูดให้กับตัวสะพาน อูริเคอ บรานดี (Brandi, 2006) ได้เสนอแนะแนวทางในการออกแบบว่า องค์ประกอบที่โดดเด่นของสะพานคือเสา (pylon) ตอม่อ (pier) และตัวสะพาน (deck) แต่สะพานเป็นวัตถุที่ไม่มีผิว (surface) ที่ชัดเจน การส่องสว่างจึงเน้นไปที่โครงกรอบ (outline) เช่นเดียวกันกับ คริสตา ฟาน แซนเทิน (Santen, 2006) ได้กล่าวถึงแนวทางในการออกแบบการส่องสว่างสะพานในกรุงปารีสตามผังแม่บทดังนี้

(1) สะพานหิน ซึ่งมีความโดดเด่นของวัสดุและองค์ประกอบที่ใช้ประดับตกแต่งและลวลลายปูนปั้น ใช้การส่องสว่างโดยส่องเน้นผิวสัมผัสของวัสดุ (grazing) และส่องเน้น (spotlighting) ลวดลายประดับตกแต่ง

(2) สะพานเหล็ก ซึ่งเป็นสะพานโค้ง หรือสะพานโครงถัก ใช้การส่องสว่างที่เน้นตัวโครงสร้างสะพาน

(3) สะพานสำคัญซึ่งเชื่อมสถานที่สำคัญของเมือง จะมีระดับความส่องสว่างมากกว่าสะพานอื่นๆทั้งบริเวณพื้นผิวของสะพาน และลวดลายประดับตกแต่ง

ส่วนสะพานในกรุงอัมสเตอร์ดัม (Amsterdam) ใช้การเน้นโครงกรอบของสะพานเป็นเส้นสองมิติ

นอกจากการส่องสว่างโดยเน้นโครงกรอบของสะพานแล้ว สะพานยังประกอบด้วยองค์ประกอบอื่นๆ ซึ่งเป็นวัตถุรูปทรงสามมิติ การนำคุณสมบัติของรูปทรงสามมิติกับแสงที่เรียกว่า “the modelling effect of light” (Nameda, 1990) มาใช้เพื่อแสดงให้เห็นถึง solid form ของวัตถุ ทำให้เกิดพื้นผิวที่โดนแสง (light) พื้นที่ผิวที่โดนแสงน้อยหรือเงาสลัว (shade) และพื้นผิวที่ไม่โดนแสงหรือเงามืด (shadow) โดยการบังคับทิศทางของแสงและควบคุมระดับความส่องสว่างไปยังวัตถุที่ต้องการ

การให้แสงจากด้านบน (light from above) ทำให้ปรากฏภาพที่เร้าความรู้สึก (dramatic) เผยให้เห็นถึงผิวสัมผัสของวัตถุมากกว่าในทิศทางอื่น (Philips Lighting, 1993) และทำให้เกิดเงาที่คมชัด ส่วนการให้แสงโดยตรงจากด้านหน้าของวัตถุ (front light) แสดงให้เห็นความเป็นสามมิติมากที่สุด (ERCO, 2012)

2.13 เศรษฐศาสตร์สำหรับการออกแบบการส่องสว่าง (lighting economics)

การออกแบบการส่องสว่างที่ดี นอกจากสามารถสนองความต้องการของมนุษย์ได้ ยังต้องเป็นการออกแบบที่เจ้าของโครงการสามารถจัดหา (affordability) เงินทุน งบประมาณ เพื่อให้บรรลุความต้องการต่างๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ นักออกแบบการส่องสว่างร่วมกับวิชาชีพอื่นที่เกี่ยวข้องจึงได้รวบรวมปัจจัยและหลักเกณฑ์สำคัญที่มีผลต่อต้นทุนและค่าใช้จ่ายของโครงการ เพื่อสร้างกรอบในการพิจารณาวิเคราะห์โครงการการออกแบบการส่องสว่าง ประกอบด้วย (Rea, 2000)

(1) การเปรียบเทียบแนวทางเลือก (compare alternative system)
(2) การประเมินเทคนิคและขั้นตอนการบำรุงรักษา (evaluate maintenance techniques and procedures)
(3) การประเมินกลยุทธและเทคโนโลยีในการจัดการพลังงาน (evaluate energy management technologies and strategies)
(4) การวัดผลกระทบข้างเคียงที่เกิดจากการออกแบบการส่องสว่าง (determine the effect of lighting on other building systems)
(5) การวางแผนงบประมาณและกระแสเงินสด (plan budget and cash flow)
(6) การลดความซับซ้อนของระบบเพื่อวัดค่าใช้จ่าย (simplify lighting system characteristics to a cost measure)
(7) การวัดผลกำไรตอบแทนเมื่อเปรียบเทียบกับต้นทุน (determine the benefit of lighting relative to its cost (cost-benefit analysis-CBA))

2.13.1 การเปรียบเทียบต้นทุนในการออกแบบ (lighting cost comparisons)

การวิเคราะห์ต้นทุนในการออกแบบแบ่งเป็น 2 วิธี คือ ระเบียบวิธีวิเคราะห์ขั้นปฐมภูมิ (first-level analysis methods) และระเบียบวิธีวิเคราะห์ขั้นทุติยภูมิ (second-level analysis methods) โดยระเบียบวิธีวิเคราะห์แบบปฐมภูมิไม่คำนึงถึงค่าของเงินตามเวลา (time value of money) มีหน่วยเงินตราที่ใช้อ้างอิงเป็น ดอลลาร์ (US Dollar) ทำให้การคำนวณในบางวิธีต้องมีการเพิ่มตัวแปรปรับแก้ (correlation factor) เพื่อนำไปใช้กับประเทศที่มีหน่วยเงินตราเป็นแบบอื่น

2.13.2 ระเบียบวิธีวิเคราะห์ขั้นปฐมภูมิ

(1) The cost of light

เป็นวิธีวิเคราะห์อย่างง่ายโดยเปรียบเทียบอัตราส่วนระหว่างผลรวมของต้นทุนและค่าใช้จ่ายทั้งหมดกับปริมาณแสง (flux) และเวลา โดยไม่คำนึงถึงต้นทุนของดวงโคม (luminaire)

(2) Simple payback

เป็นวิธีวิเคราะห์ที่ได้รับความนิยมมากสุดสำหรับพิจารณาการลงทุน ซึ่งเป็นพิจารณาเวลาในการคืนทุน จากอัตราส่วนของต้นทุนกับผลกำไรที่ตอบแทนเป็นตัวเงินซึ่งส่วนมากเป็นค่าใช้จ่ายที่สามารถลดลงจากการเปลี่ยนระบบไฟฟ้าส่องสว่าง และไม่คำนึงถึงต้นทุนและค่าใช้จ่ายของระบบหลังจากระยะเวลาคืนทุน (payback period) จึงเหมาะกับโครงการที่มีการใช้งานไม่ยาวนานมาก

(3) Simple rate of return

เป็นวิธีวิเคราะห์ที่มีลักษณะคล้ายกับวิธี payback period แต่เป็นปฏิภาคผกผัน (inverse) ของกันและกัน จึงมีข้อดีและข้อเสียในลักษณะเดียวกัน

2.13.3 ระเบียบวิธีวิเคราะห์ขั้นทุติยภูมิ

(1) Life-cycle Cost-Benefit Analysis (LCCBA)

วิธีวิเคราะห์แบบ LCCBA เป็นวิธีที่แนะนำโดยIESNA มีความเหมาะสมกับโครงการขนาดใหญ่ที่มีความซับซ้อนของงานออกแบบ เพื่อลดความเสี่ยงหรือความผิดพลาดอันเนื่องจากการวิเคราะห์ด้วยวิธีวิเคราะห์แบบปฐมภูมิ และมีการนำค่าของเงินตามเวลามาวิเคราะห์ด้วย

2.14 DIALux

DIALux เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้เพื่อการสร้างแบบจำลองในการออกแบบการส่องสว่าง ผลิตขึ้นโดย DIAL GmbH ประเทศสหพันธรัฐเยอรมัน

DIALux เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาโดยนักออกแบบการส่องสว่างซึ่งมีความเชี่ยวชาญในการเขียนและพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ทำให้สามารถตอบสนองความต้องการและเข้าใจนักออกแบบมากที่สุด DIALux จึงเป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ได้รับความนิยมจากนักออกแบบจากหลายประเทศในปริมาณที่เพิ่มมากขึ้น (Adolf,2012) อีกทั้งยังเป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ไม่มีค่าใช้จ่ายในการติดตั้ง (free software)

DIALux สามารถทำการจำลองสภาพแวดล้อมที่ต้องการส่องสว่างด้วยแสงไฟฟ้า และแสงธรรมชาติโดยสามารถแสดงผลในทันที (real time) ทั้งภายในอาคารและภายนอกอาคาร

และสามารถสร้างวัตถุ (object) ต่างๆ ที่มีสีและพื้นผิวที่มีลักษณะและค่าต่างๆที่ใช้ในการออกแบบใกล้เคียงกับความเป็นจริงเก็บไว้ในฐานข้อมูล รวมถึงการทำงานร่วมกับโปรแกรมคอมพิวเตอร์อื่น เช่น CAD CADD หรือ โปรแกรม 3D อื่น โดยหลอดไฟฟ้าและดวงโคมและหลอดไฟฟ้าที่ใช้เป็นฐานข้อมูล (catalogue) ของผู้ผลิตหลอดไฟฟ้าและดวงโคมชั้นนำทั่วโลกซึ่งมีการปรับปรุงฐานข้อมูลให้ทันสมัยอยู่เสมอ

การประมวลผลและแสดงผลของโปรแกรมเป็นภาพสามมิติเสมือนจริง (interactive 3D visualization) ซึ่งสามารถเลือกมุมมองในการมองต่างๆได้ตามต้องการ สามารถวัดปริมาณแสงสว่างและปริมาณพลังงานที่ใช้ในสภาพแวดล้อมที่ทำการจำลอง และรายงานผลเป็นข้อมูลเชิงปริมาณ ตัวเลข หรือแผนภูมิแบบต่างๆ ได้ นอกจากนั้นยังสามารถนำข้อมูลส่งออกไปยังโปรแกรมคอมพิวเตอร์อื่นๆ เพื่อการคำนวณและประมวลผลได้

นอกจากนี้โปรแกรม DIALux ยังมีการปรับปรุงโปรแกรมให้ทันสมัย สามารถทำงานร่วมกับความคิดสร้างสรรค์ และนวัตกรรมในการออกแบบอยู่เสมอ เช่น การใช้หลอดแอลอีดี การใช้หลอดไฟฟ้าที่เปลี่ยนสีของแสงได้ การใช้ฟิลเตอร์กับดวงโคม เป็นต้น

2.15 การศึกษานำร่อง

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษานำร่องเรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างการส่องสว่างและส่วนประกอบหลักของงานสถาปัตยกรรมสะพาน เพื่อยืนยันแนวคิดเกี่ยวกับการใช้แสงสว่างในการขับเน้นสถาปัตยกรรมให้มีความชัดเจนและโดดเด่น (light revealing architecture) และแนวคิดของ Schepetkov ที่กล่าวไว้ว่า การส่องสว่างควรทำให้เหมือนภาพจริง (right image) ที่มองเห็นในเวลากลางวัน ซึ่งสอดคล้องกับการรับรู้รูปทรงของวัตถุต่างๆในเวลากลางคืนของมนุษย์ที่สามารถอาศัยความผิดแผกเมื่อเปรียบเทียบกัน หรือความเปรียบต่าง (contrast) ของภาพและพื้นภาพ โดยกำหนดให้สะพานเป็นวัตถุที่มีการให้แสงสว่างและพื้นเป็นฉากท้องฟ้ามืดในเวลากลางคืน และแนวคิดทางทัศนศิลป์ (visual art) นั้นใช้ความเข้ม และความสว่างที่ตัดกันของสีวัตถุจะช่วยเน้นให้เห็นคุณสมบัติของกันและกันได้ชัดเจน (ผุสดี ทิพทัส, 2540) ในทางจิตวิทยา (ตุ้ม ชุมสาย, 2508) อ้างว่าค่าความใส่ใจ (attention value) ของสิ่งเร้า (stimuli) หรือสิ่งที่จะทำให้เกิดความสนใจ สิ่งที่เป็นตัวเน้นหรือกระตุ้นให้เกิดความสนใจในทางกายภาพ คือ ความเข้มหรือความแรงของสิ่งเร้าเป็นสิ่งสำคัญที่สุด ซึ่งเป็นคุณลักษณะ5 ประการของสิ่งเร้า ประการหนึ่งคือ ชนิดหรือคุณภาพของสิ่งเร้า โดยสิ่งเร้าที่ยิ่งมีความเข้มมาก มีการตัดกันอย่างตรงกันข้าม ย่อมเรียกร้องความสนใจได้มากขึ้น

การศึกษานำร่องมีสมมติฐานว่าส่วนประกอบของสะพานที่มีลักษณะโดดเด่นเป็นที่ให้คนสังเกตหรือจดจำได้ คือโครงสร้างสะพานส่วนบนของสะพานแต่ละประเภท ซึ่งมีรูปร่าง

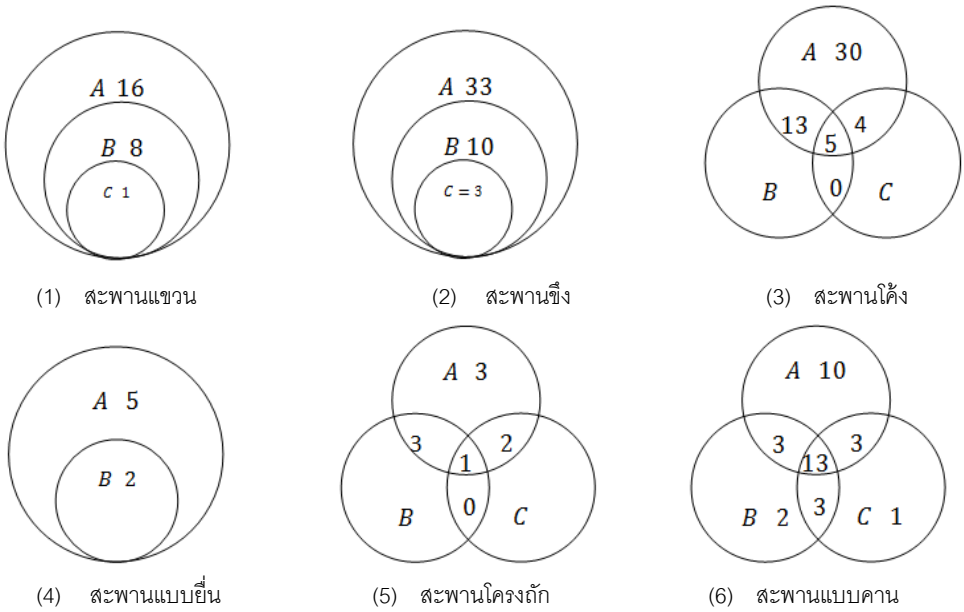
รูปทรงแตกต่างกันออกไป จะมีการส่องสว่างสำหรับประดับตกแต่งมากที่สุด โดยทำการศึกษาและเก็บรวบรวมข้อมูลของสะพานที่มีชื่อเสียงประเภทต่างๆ จากภาพถ่ายสะพานในเวลากลางคืน จำนวน 157 สะพาน แบ่งเป็นสะพานแขวน 25 สะพาน สะพานขึง 46 สะพาน สะพานโค้ง 52 สะพาน สะพานแบบยื่น 7 สะพาน สะพานโครงถัก 9 สะพาน และสะพานแบบคาน 18 สะพาน

จากการศึกษาพบว่า มีสะพานจำนวน 151 สะพาน ที่มีการส่องส่องสว่างที่โครงสร้างสะพานส่วนบน ซึ่งเป็นส่วนประกอบที่ทำให้สะพานแต่ละประเภทมีรูปร่างและรูปทรงที่แตกต่างกัน โดยคิดเป็นร้อยละ 96.18 จากกลุ่มตัวอย่าง เมื่อจำแนกผลการศึกษาตามประเภทของโครงสร้างสะพานส่วนบนพบว่า สะพานขึง สะพานแขวน สะพานโค้ง สะพานแบบยื่น และสะพานโครงถัก มีการส่องสว่างโครงสร้างสะพานส่วนบนร้อยละ 100 จากกลุ่มตัวอย่าง โดยมีรูปแบบการส่องสว่างที่แตกต่างกัน และสะพานแบบคานมีการส่องสว่างโครงสร้างสะพานส่วนบนจำนวน 12 สะพานจาก 18 สะพานคิดเป็น ร้อยละ 66.67 โดยสะพานประเภทสะพานประเภทต่างๆมีลักษณะความสัมพันธ์ที่แตกต่างกันไปดังนี้ (ดังแสดงในภาพที่ 2.14.1 และตารางที่ 2.14.1)

สะพานแขวน สะพานขึง และสะพานแบบยื่น มีการส่องสว่างโครงสร้างสะพานส่วนบนเป็นอันดับแรก จากนั้นจึงมีการส่องสว่างองค์ประกอบอื่นๆ ได้แก่ ตัวสะพาน และตอม่อสะพานตามลำดับ โดยจำนวนของสะพานที่มีการส่องสว่างเฉพาะโครงสร้างสะพานส่วนบน มีจำนวนมากกว่าการส่องสว่างโครงสร้างสะพานส่วนบนและองค์ประกอบอื่นๆ

สะพานโค้ง และสะพานโครงถัก มีการส่องสว่างโครงสร้างสะพานส่วนบนเป็นอันดับแรก จากนั้นจึงมีการส่องสว่างองค์ประกอบอื่นๆ เช่นกัน ทว่าองค์ประกอบลำดับถัดลงมาที่มีการส่องสว่างอาจเป็นตัวสะพาน หรือตอม่อสะพานก็ได้ โดยจำนวนของสะพานที่มีการส่องสว่างเฉพาะโครงสร้างสะพานส่วนบน มีจำนวนมากกว่าการส่องสว่างโครงสร้างสะพานส่วนและองค์ประกอบอื่น

สะพานแบบคาน ไม่สามารถระบุได้ว่ามีการส่องสว่างองค์ประกอบใดเป็นอันดับแรก โดยการส่องสว่างสะพานแบบคานครบทั้งสามองค์ประกอบมีจำนวนมากที่สุดคือ 13 สะพาน แต่มีจำนวนใกล้เคียงกับการส่องสว่างเฉพาะโครงสร้างสะพานส่วนบน คือ 10 สะพาน โดยมีข้อสังเกตว่าสะพานที่มีการส่องสว่างตัวสะพานมักมีตอม่อสะพานรูปทรงเป็นสี่เหลี่ยม และมีความสูงจากระดับผิวน้ำน้อยจึงมีการส่องสว่างเฉพาะส่วนของตัวสะพาน ส่วนสะพานที่มีการส่องสว่างเฉพาะส่วนของม่อสะพาน มีรูปร่างและรูปทรงของตอม่อผิดแปลกแตกต่างไปจากสะพานทั่วไปซึ่งเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยม



(1) สะพานแขวน (2) สะพานขึง (3) สะพานโค้ง

(4) สะพานแบบยื่น (5) สะพานโครงถัก (6) สะพานแบบคาน

ภาพที่ 2.15.1 ผังไดอะแกรมแบบเวนน์แสดงความสัมพันธ์ของส่วนประกอบหลักของงานสถาปัตยกรรมของสะพานที่มีการส่องสว่าง กำหนดให้ Aคือ จำนวนโครงสร้างรับตัวสะพาน B คือ จำนวนตัวสะพาน และ C คือ จำนวนตอม่อ

ที่มา: ผู้วิจัย

ตารางที่ 2.15.1 ตารางแสดงความสัมพันธ์ของส่วนประกอบหลักของงานสถาปัตยกรรมสะพานที่มีการส่องสว่าง กำหนดให้ A คือ โครงสร้างรับตัวสะพาน B คือตัวสะพาน และ C คือตอม่อ

ลำดับ	เหตุการณ์	จำนวนสะพาน						
		สะพาน	สะพานแขวน	สะพานขึง	สะพานโค้ง	สะพานแบบยื่น	สะพานโครงถัก	สะพานแบบคาน
0	$n(S)$	157	25	46	52	7	9	18
1	$n(A)$	151	25	46	52	7	9	12
2	$n(B)$	51	9	13	19	0	3	7
3	$n(C)$	29	1	3	9	2	4	10
4	$n(A-(B\cup C))$	93	16	33	30	5	3	6
5	$n(B-(A\cup C))$	2	0	0	0	0	0	2
6	$n(C-(A\cup B))$	3	0	0	0	0	2	1
7	$n((A\cap B)-C)$	34	8	10	13	0	3	0
8	$n((A\cap C)-B)$	5	0	0	0	2	0	3
9	$n((B\cap C)-A)$	7	0	0	4	0	0	3
10	$n(A\cap B\cap C)$	13	1	3	5	0	1	3

ที่มา: ผู้วิจัย

เมื่อทำการศึกษาการส่องสว่างเฉพาะโครงสร้างสะพานส่วนบนพบว่า สะพานแต่ละประเภทมีการส่องสว่างส่วนต่างๆของโครงสร้างสะพานส่วนบนที่แตกต่างกันออกไปดังนี้ (ดังแสดงในภาคผนวก ก)

สะพานแขวน

การส่องสว่างโครงสร้างสะพานส่วนบนของสะพานแขวน ใช้การส่องสว่างที่เสาแขวน (tower) และเคเบิลหลัก (main cable) แสดงให้เห็นถึงโครงกรอบของสะพานแขวนซึ่งเป็นเอกลักษณ์เฉพาะของสะพานประเภทนี้ที่ไม่พบในสะพานประเภทอื่น ส่วนการส่องสว่างเสาแขวนยังช่วยแสดงให้เห็นรูปทรงของเสาแขวน (revealing form) ซึ่งแต่สะพานมีรูปร่าง และรูปทรงแตกต่างกัน

สะพานขึง

การส่องสว่างโครงสร้างสะพานส่วนบนของสะพานขึง ใช้การส่องสว่างที่เสาขึง (pylon) และเคเบิลให้เกิดเป็นระนาบในความนึกคิด (conceptual plane) รูปสามเหลี่ยมซึ่งเกิดจากเส้นของเคเบิลเรียงตัวกันอย่างเป็นระเบียบ แต่สะพานขึงในกลุ่มนี้ส่วนใหญ่ไม่ได้ทำการส่องสว่างให้เห็นระนาบทั้งหมด มีการส่องสว่างระนาบเพียงบางส่วนให้รับรู้ถึงความเป็นระนาบรูปสามเหลี่ยมเท่านั้น และมีสะพานขึงบางแห่งที่มีการส่องสว่างเฉพาะเสาขึง ซึ่งสะพานในกลุ่มนี้ตั้งอยู่ในสถานที่ที่มีความสว่างในสิ่งแวดล้อมซึ่งเป็นฉากหลังค่อนข้างน้อย

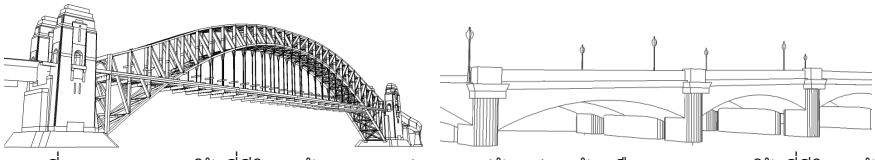
สะพานโค้ง

สะพานโค้งในกลุ่มตัวอย่างที่ทำการศึกษามีหลายรูปแบบจึงมีลักษณะการส่องสว่างที่แตกต่างกันออกไปดังนี้

(1) สะพานโค้งที่มีโครงสร้างสะพานส่วนบนอยู่ด้านล่างตัวสะพาน สร้างจากหิน หรือวัสดุก่อซึ่งมีลักษณะทึบตัน มีการส่องสว่างไปยังด้านข้างของสะพานโค้ง หรือส่วนท้องของสะพานโค้งซึ่งสามารถแสดงให้เห็นถึงรูปทรงของสะพานโค้งได้ชัดเจน แต่ใช้ส่องสว่างเพียงด้านในด้านหนึ่ง หรือมีการส่องสว่างทั้งด้านข้างและส่วนท้องของสะพานโค้ง แต่กำหนดให้สีของแสงมีความเปรียบต่างกัน

(2) สะพานโค้งที่มีโครงสร้างสะพานส่วนบนอยู่ด้านบนตัวสะพาน ซึ่งใช้สลิง หรือโครงตั้งในการถ่ายน้ำหนักจากตัวสะพานไปยังส่วนโค้ง มีการส่องสว่างให้เห็นถึงส่วนโค้งด้วยรูปแบบที่แตกต่างกันได้แก่ โค้งที่เป็นโครงถักมักเป็นสะพานโค้งที่มีขนาดใหญ่ ใช้การสาดส่องไปยังส่วนโค้ง หรือใช้การส่องเน้นองค์ประกอบของโครงถัก (revealing structure) ซึ่งบริเวณที่มีการส่องสว่างไม่รบกวนการมองเห็นของผู้ใช้ถนน และโค้งที่มีลักษณะทึบตัน ใช้การสาดส่องไปยังด้านข้างของโค้ง หรือส่วนท้องโค้งอย่างใดอย่างหนึ่ง หรือใช้การประดับดวงโคมตามแนวโค้งซึ่งแสดงให้เห็นโครงกรอบ ส่วนสะพาน

โค้งที่มีขนาดใหญ่ ที่การส่องสว่างส่วนโค้งไม่รบกวนการมองเห็นของผู้ใช้ถนนจะใช้ไฟสาดส่องโค้งทั้งหมด



ภาพที่ 2.15.2 สะพานโค้งที่มีโครงสร้างสะพานส่วนบนอยู่ด้านล่าง (ซ้ายมือ) และสะพานโค้งที่มีโครงสร้างสะพานส่วนบนอยู่ด้านบนตัวสะพาน (ขวามือ)

ที่มา: ผู้จัย

สะพานแบบยื่น

การส่องสว่างสะพานแบบยื่นมีหลายรูปแบบ ขึ้นอยู่กับผู้ออกแบบต้องการเน้นลักษณะใดของสะพาน ซึ่งสามารถจำแนกเป็น 2 แนวทางคือการเน้นให้เห็นถึงรูปร่างหรือรูปทรงของสะพาน ใช้การประดับไฟราวตามแนวโครงกรอบสะพานให้เห็นถึงรูปร่าง และใช้การสาดส่องจากตัวสะพานไปยังโครงสร้างสะพานส่วนบนตำแหน่งต่างๆ เพื่อให้เห็นรูปทรงของสะพาน ส่วนการเน้นให้เห็นถึงโครงสร้างของสะพาน ใช้การส่องเน้นองค์ประกอบต่างๆของโครงถัก บางสะพานอาจมีการเน้นทั้งรูปร่าง รูปทรง และโครงสร้าง จึงใช้การส่องสว่างที่กล่าวมาข้างต้นผสมผสานกัน

สะพานโครงถัก

การส่องสว่างสะพานโครงถัก ส่วนมากใช้การส่องเน้นตามองค์ประกอบต่างเพื่อแสดงให้เห็นถึงลักษณะของโครงสร้าง (revealing structure) ซึ่งเกิดขึ้นจากโครงรูปสามเหลี่ยมหลายชิ้นประกอบกันเป็นโครงถัก มีสะพานโครงถักบางส่วนที่ใช้การสาดส่องโครงถักซึ่งกระทำได้เมื่อการสาดส่องไม่รบกวนการมองเห็นของผู้ใช้ถนน

สะพานแบบคาน

การส่องสว่างสะพานแบบคาน มีการส่องสว่างบริเวณด้านข้างของสะพานมากที่สุดซึ่งเป็นส่วนที่แสดงให้เห็นถึงเส้นที่ยาวต่อเนื่องเชื่อมต่อพื้นที่สองฝั่งเข้าด้วยกัน นอกจากนี้สะพานแบบคานบางสะพานยังมีการส่องสว่างบริเวณท้องสะพานเพื่อสร้างความสนใจเมื่อมีการท่องเที่ยวทางน้ำ

2.16 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องและกรณีศึกษาตัวอย่าง

องค์ประกอบทางการออกแบบแสงประดิษฐ์บนยอดอาคารอาคารสูงในกรุงเทพมหานคร. (Architectural Lighting Design Element of Skyscraper in Bangkok) **โดย วิศวกร ทางทอง** (2553)

องค์ประกอบทางการออกแบบแสงประดิษฐ์บนยอดอาคาร เพื่อเก็บเป็นข้อมูลในการออกแบบสำหรับการนำไปใช้ในการออกแบบแสงให้กับอาคารในอนาคต โดยทำการศึกษาและวิเคราะห์ถึงองค์ประกอบทางการออกแบบที่เกี่ยวข้อง โดยเฉพาะทางด้านรูปแบบของงานสถาปัตยกรรมและรูปแบบของการให้แสงที่มีในปัจจุบัน โดยเลือกกรณีศึกษาที่เป็นอาคารสูงในกรุงเทพมหานครมาเป็นจำนวน 30 อาคาร และมีวิธีการเก็บรวมรวมข้อมูลจากการสัมภาษณ์ผู้ออกแบบอาคารและจากการสำรวจอาคารจริง

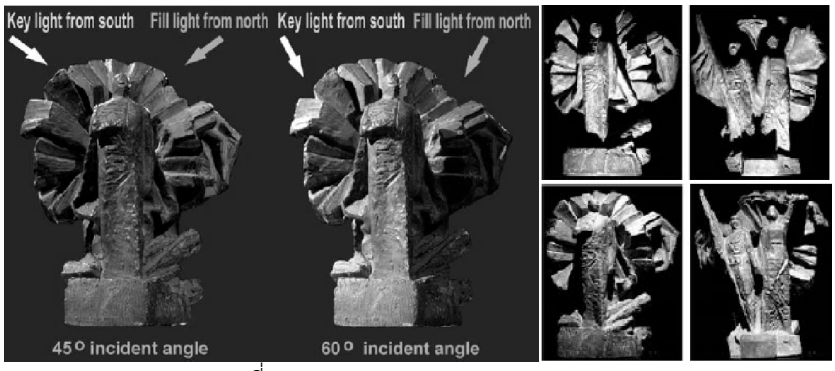
ในการรวบรวมข้อมูลและการวิเคราะห์รูปแบบทางการให้แสงในอาคารพบว่า รูปแบบขั้นต้นของการให้แสงบนยอดอาคารมีทั้งหมด 12 รูปแบบ รูปทรงของอาคารจากกรณีศึกษาแบ่งได้เป็น 5 แบบหลัก เช่น รูปทรงของอาคารที่เกิดจากการลดทอนรูปทรงอย่างเดียว หรือการเพิ่มรูปทรงของอาคาร โดยการออกแบบแสงกับรูปทรงของอาคารในบางประเภทที่พบจะสามารถให้แสงได้กับอาคารบางกลุ่มเท่านั้น

การวิเคราะห์รูปทรงของอาคารและรูปแบบการให้แสง ผู้วิจัยได้ยกตัวอย่างอาคารในแต่ละแบบจากทั้ง 5 กลุ่มที่พบ และทำการเสนอทางเลือกในการออกแบบแสงไฟแต่ละอาคาร โดยพิจารณาจากรูปทรงของอาคาร และทำการจำลองการให้แสงโดยใช้โปรแกรม Photoshop ในการนำเสนอแสงที่รวบรวมได้จากอาคารกรณีศึกษาเพื่อแสดงให้เห็นถึงความหลากหลายในงานออกแบบ และนำไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบแสงให้กับอาคาร

Lighting Monuments: Reflections on Outdoor Lighting and Environmental Appraisal โดย Mehmedalp Tural **และ** Cengiz Yener (2005)

การออกแบบการส่องสว่างสำหรับอนุสาวรีย์กลางแจ้ง ซึ่งเป็นองค์ประกอบเมืองที่สร้างความสัมพันธ์ระหว่างเมืองและคนเมือง มีจุดมุ่งหมายเพื่อหาแนวทางและเทคนิคในการออกแบบการส่องสว่าง การวิจัยนี้เลือกอนุสาวรีย์อตาเติร์ก (Ataturk) ในประเทศตุรกีเป็นตัวอย่างในการศึกษา และออกแบบการทดลองให้ผู้ตอบแบบสอบถามดูภาพถ่ายภายใต้แสงในสภาวะที่แตกต่างกัน การทดลองแบ่งออกเป็น 3 การทดลอง คือ การทดลองที่ 1 เป็นการเปรียบเทียบภาพที่ใช้แสงธรรมชาติและแสงไฟฟ้า การทดลองที่ 2 เป็นการเปรียบเทียบภาพที่มีการใช้เทคนิคส่องลง (downlighting) และส่องขึ้น (uplighting) และการทดลองที่ 3 เป็นการเปรียบเทียบภาพที่ใช้มุมของโคมที่ต่างกันระหว่าง 45 องศา และ 60 องศา

ผลการทดลองพบว่า การทดลองที่ 2 คนส่วนมากพอใจกับการใช้เทคนิคส่องลงมากกว่าส่องขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนการทดลองที่ 1 และ 3 ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ



ภาพที่ 2.15.1 การทดลองของ Tural และ Yener

ที่มา: Tural and Yener. 2006: 6

สะพานซานดิเอโก โคโรนาโด (San Diego-Coronado bridge) **โดย บริษัท สเปียร์ เมเจอร์ แอนด์ แอสโซซิเอท จำกัด** (Speir+Major) (2011)

สะพานซานดิเอโก โคโรนาโดเป็นสะพานแบบคานที่มีความยาวต่อเนื่องรวมกว่า 4 กิโลเมตร มีเสาตอม่อกว่า 30 ต้นที่สูงราว 60 เมตร เป็นสัญลักษณ์อย่างหนึ่งของซานดิเอโก เช่นเดียวกับสะพานโกลเด้นเกท ที่เป็นสัญลักษณ์ของซาน ฟรานซิสโก นักออกแบบเลือกเน้นตอม่อซึ่งเป็นจุดเด่นของสะพานด้วยการสาดส่องไฟสีน้ำเงิน ซึ่งเป็นโทนสีเย็นตรงข้ามแสงไฟจากรถยนต์บนสะพานที่เป็นสีเหลือง เว้นแต่ช่วงกลางสะพานที่ตั้งอยู่กลางอ่าว สาดส่องด้วยไฟสีเหลืองส้มเช่นเดียวกับไฟถนน ชนิดของหลอดไฟฟ้าที่ใช้เป็นหลอดแอลอีดี ทำให้มีการประหยัดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานและการบำรุงรักษา

ภาพที่ 2.15.2 สะพานซานดิเอโก โคโรนาโด

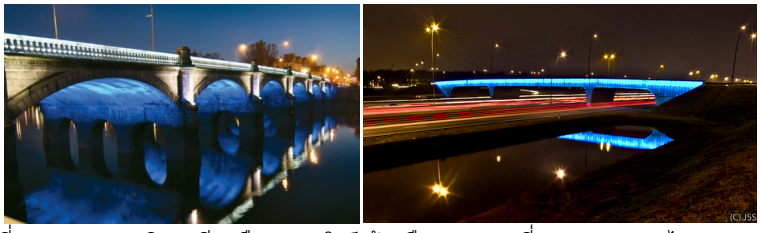
ที่มา: http://www.designtopnews.com/green-design/bright-future-for-san-diego-coronado-bridge-in-united-states/

สะพานวิกตอเรีย (Victoria bridge) **เมืองกลาสโกว์ สหราชอาณาจักร**
โดย จอห์น แฟกก์ (John Fagg)

สะพานวิกตอเรียเป็นหนึ่งในสามสะพานโค้งสำคัญที่ข้ามแม่น้ำไคลด์ (clyde) ในเมืองกลาสโกว์ การออกแบบการส่องสว่างที่เลือกใช้เป็นการสาดส่องส่วนโค้งใต้สะพานด้วยดวงโคมหลอดแอลอีดี ซึ่งมีอายุการใช้งานยาวนานและมีค่าบำรุงรักษาต่ำ ส่วนสีของแสงที่ใช้เป็นสีน้ำเงินและสีขาวสื่อความหมายถึงสีของกางเขนนักบุญแอนดรูว์แห่งสกอตแลนด์

สะพานไฮเทค แคมปัส (High tech campus viaduct) **ประเทศเนเธอร์แลนด์**
โดย ฮาร์ ฮอนลันดส์ (Har Hollands)

สะพานไอเทค แคมปัสเป็นสะพานข้ามทางหลวงแผ่นดินสายหลักที่มีรถยนต์ส่วนมากใช้ความเร็วสูงและตั้งอยู่ในตำแหน่งที่เป็นประตูเมือง การออกแบบเป็นการฉายภาพ (projecting) ไปบนตัวสะพานเป็นลวดลายต่างๆที่เปลี่ยนสีได้อย่างช้าๆ เพื่อไม่รบกวนทัศนวิสัยในการขับขี่ของผู้สัญจร



ภาพที่ 2.15.3 สะพานวิกตอเรีย เมืองกลาสโกว์ (ซ้ายมือ) และภาพที่ 2.15.3 สะพานไฮเทค แคมปัส
ที่มา: http://test.lighting.philips.com/main/projects/victoriabrug_glasgow.wpd
ที่มา: http://www.flickr.com/photos/jsholland1/6680004617/sizes/m/in/photostream/

สะพานออกตาวิโอ ฟราย เดอ โอลิเวอิรา (Octavio Frias de Oliveira bridge)
เมืองซาน เปาโล ประเทศบราซิล โดย ปินิโอ โกเดย์ (Plinio Goday)

สะพานออกตาวิโอ เป็นสะพานขึงขนาดใหญ่กลางนครเซา เปาโล นักออกแบบการส่องสว่างใช้เทคนิคความเปรียบต่างในการส่องสว่างในการส่องเสาขึง เพื่อเน้นและลดทอนขนาดของเสาขึงที่มองเห็นในเวลากลางคืน ให้กลมกลืนกับภูมิทัศน์ของเมือง และใช้ไฟสาดส่องตามแนวสายเคเบิลเพื่อเน้นโครงกรอบของสะพาน

ภาพที่ 2.15.4 สะพานออกตาวิโอ ฟราย เดอ โอลิเวอิรา
ที่มา: http://www.flickr.com/search/?w=all&q=octavio+bridge+night

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยเรื่องการออกแบบการส่องสว่างสำหรับประดับตกแต่งสะพานข้ามแม่น้ำในเขตเมืองของประเทศไทย ใช้วิธีวิจัยเชิงประจักษ์ การสำรวจภาคสนาม การจัดทำรหัสและการสร้างกลุ่มหัวข้อเพื่อจำแนกแยกแยะข้อมูล ร่วมกับการทบทวนเอกสารและบันทึก เพื่อจัดทำข้อเสนอแนะในการออกแบบการส่องสว่างสำหรับประดับตกแต่งสะพานประเภทต่างๆ

3.1 วิธีดำเนินการวิจัย

ผู้วิจัยได้นำเนินการวิจัยตามขั้นตอนดังนี้

3.1.1 ทำการทบทวนวรรณกรรมและเกณฑ์ที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบการส่องสว่างสำหรับประดับตกแต่งสะพานจากหนังสือ วารสาร บทความ สิ่งพิมพ์ งานวิจัยทางวิชาการ และสื่ออิเล็กทรอนิกส์ที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย แบ่งเป็น 3 กลุ่มดังนี้

(1) วรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบโครงสร้างทางสถาปัตยกรรมและวิศวกรรมสะพาน สุนทรียภาพในการออกแบบสะพาน

(2) วรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับมูลฐาน หลักการในการออกแบบ องค์ประกอบพื้นฐานและการจัดองค์ประกอบทางสถาปัตยกรรม และรูปทรงเรขาคณิต

(3) วรรณกรรมที่เกี่ยวข้องหลักเกณฑ์และข้อควรพิจารณาในการออกแบบแสงเพื่อส่องสว่างพื้นที่ภายนอกอาคาร และพัฒนาการ แนวคิด และรูปแบบการออกแบบการส่องสว่างสำหรับประดับตกแต่ง

3.1.2 ทำการศึกษากรณีศึกษาและแนวทางในการออกแบบการส่องสว่างสะพาน จากบทความ และภาพถ่ายที่เผยแพร่แนวคิดของนักออกแบบที่มีผลงานเป็นที่ยอมรับ หรือมีชื่อเสียง โดยได้รับรางวัลหรือตีพิมพ์ลงในนิตยสารเฉพาะทางหรือวารสารวิชาการ

3.1.3 ทำการศึกษานำร่อง (pilot study) แนวคิดของนักออกแบบเรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างการส่องสว่างและส่วนประกอบหลักของงานสถาปัตยกรรมของสะพาน จากภาพถ่ายสะพานที่มีการเผยแพร่และตีพิมพ์จากเอกสารและบันทึก

3.1.4 ทำการเลือกกลุ่มตัวอย่างในการวิจัย โดยใช้วิธีการเลือกอย่างเจาะจง ตามขอบเขตของการวิจัย

3.1.5 ทำการเก็บข้อมูลในการวิจัย จากการสังเกตุการณ์และการทบทวนเอกสารและบันทึก

3.1.6 ทำการวิเคราะห์และอธิบายผลการวิจัยเชิงบรรยาย ตาราง การจัดกลุ่มและภาพประกอบ

3.1.7 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

3.2 กลุ่มตัวอย่างในการวิจัย

3.2.1 ผู้วิจัยใช้แนวทางเลือกกลุ่มตัวอย่างในการวิจัยการ ด้วยวิธีไม่ใช้ความน่าจะเป็น (nonprobability sampling) แบบเจาะจง (purposive) กรณีตรงตามประเด็นวิจัยมากกว่าปกติ (intensity sampling) เพื่อให้ได้กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยตรงตามจุดประสงค์ในการวิจัยมากที่สุด

3.2.2 การเลือกกลุ่มตัวอย่างสะพานข้ามแม่น้ำในประเทศไทย ผู้วิจัยใช้แนวทาง Characteristics of Icon Bridges ของ Transportation Research Board (TRB) ซึ่งเป็นเกณฑ์ในการคัดเลือกสะพานที่มีความสำคัญดังนี้

(1) ขนาด (size)

(2) นวัตกรรมและเทคโนโลยี (Innovation)

(3) ความสวยงาม (Beauty)

(4) ตำแหน่งและที่ตั้งโดยรอบ (Location and surroundings)

(5) ความเรียบง่าย (Simplicity)

(6) หลักหมายตา (Landmark)

(7) ความสำคัญทางประวัติศาสตร์ (Historical significance)

(8) อายุ (Longevity)

โดยกลุ่มตัวอย่างสะพานข้ามแม่น้ำในเขตเมืองของประเทศไทย มีจำนวน 30 กรณี (Brog and Gall, 1989) ดังแสดงในตารางที่ 3.1 และตารางที่ 3.2

การจัดเรียงข้อมูล (sorting)ของสะพานกลุ่มตัวอย่างเรียงลำดับโดยใช้ประเภทโครงสร้างสะพานส่วนบน ได้แก่ สะพานแบบคาน สะพานโค้ง สะพานโครงถักและสะพานขึงตามลำดับ จากนั้นจึงเรียงลำดับจากปี พ.ศ. ที่สะพานเปิดใช้งานจากน้อยไปหามาก ส่วนสะพานที่ไม่ทราบปีที่เปิดใช้งานจัดไว้ในลำดับหลังสุด โดยเรียงลำดับตามตัวอักษร

3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัย

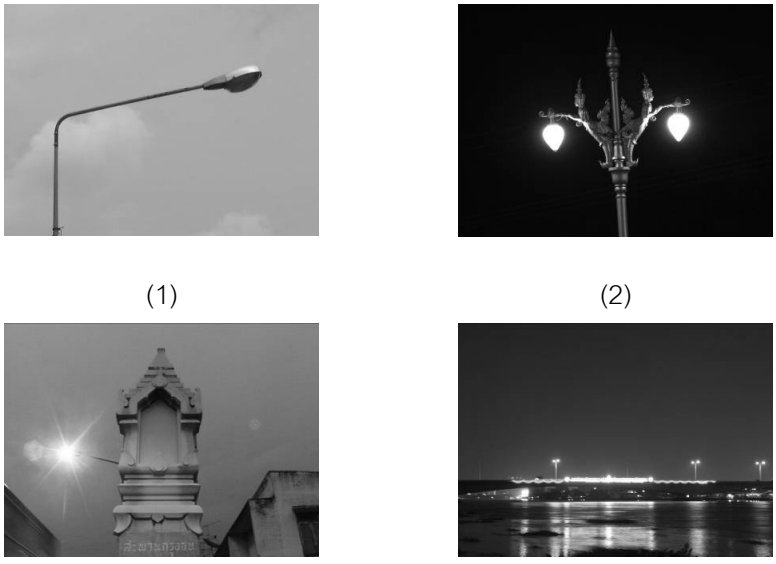
ผู้วิจัยแบ่งการเก็บรวบรวมข้อมูลเป็น 2 ส่วนคือ การเก็บรวบรวมข้อมูลใช้วิธีวิจัยเชิงประจักษ์ (empirical research) ด้วยการสำรวจภาคสนาม และการทบทวนเอกสารและบันทึก (document and record review) แบ่งเป็นข้อมูล 5 กลุ่มดังนี้

3.3.1 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับสะพาน ได้แก่ ชื่อสะพาน ประวัติความเป็นมา ปีที่สร้าง ปีที่เปิดใช้งาน ความสูงจากระดับน้ำทะเล ความยาวสะพาน ความยาวช่วงกลางสะพาน ความยาวรวมทางลาด ความกว้างสะพาน จำนวนช่องจราจร ความกว้างทางเท้า

3.3.2 รูปแบบและองค์ประกอบของสะพานได้แก่ ขนาด รูปร่าง รูปทรงและลักษณะของโครงสร้างสะพานส่วนบน ตัวสะพาน และตอม่อสะพาน

3.3.3 วัตถุประสงค์ในการออกแบบการส่องสว่าง ได้แก่ การจราจรทางบก ทางเดินเท้า (pedestrian walk) การจราจรทางน้ำ การประดับตกแต่งและการสร้างบรรยากาศตามเทศกาล (festive lighting)

3.3.4 องค์ประกอบทางสถาปัตยกรรมในการออกแบบการส่องสว่าง ได้แก่ เสาไฟถนน (street lighting) แบ่งเป็น 2 ลักษณะ คือ เสาไฟฟ้าแบบมาตรฐานและเสาไฟที่มีการประดับตกแต่งดวงโคมเป็นรูปต่างๆ เช่น รูปสัตว์หรือเทวดา เป็นต้น เสาไฟสำหรับทางเดินเท้า เสาเชิงสะพาน ป้ายไฟแสดงที่ข้อความหรือภาพต่างๆ ดังแสดงในภาพที่ 3.3.1



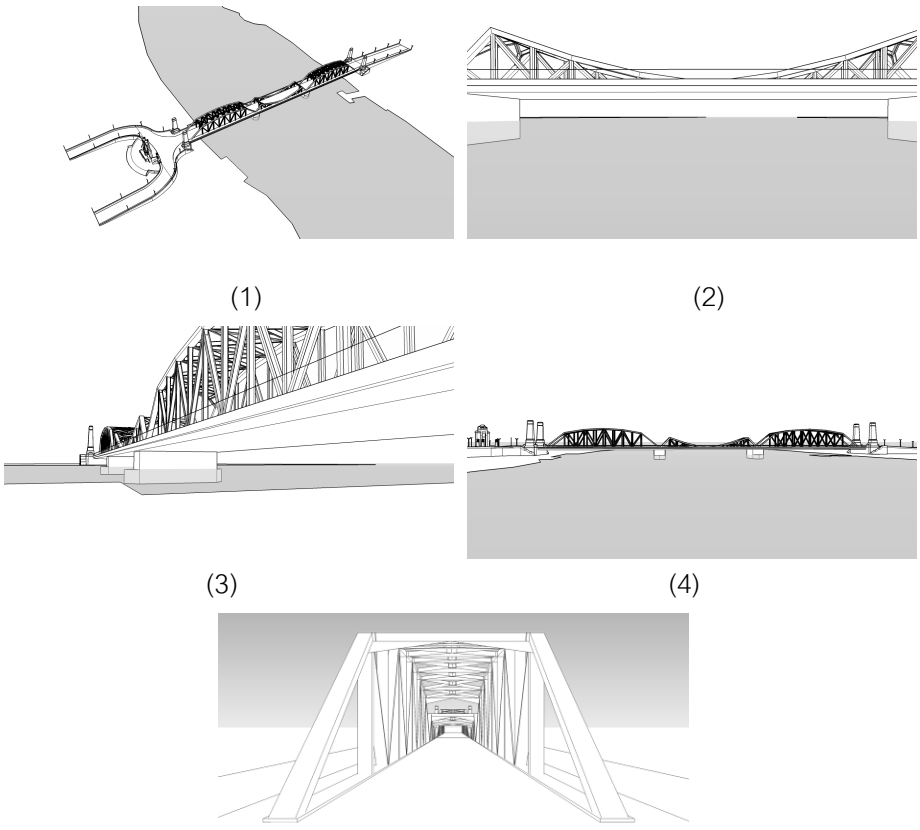
(1) (2)

(3) (4)

ภาพที่ 3.3.1องค์ประกอบทางสถาปัตยกรรมในการออกแบบการส่องสว่าง
(1) เสาไฟฟ้าแบบมาตรฐาน (2) เสาไฟประดับตกแต่ง (3) เสาเชิงสะพาน และ(4) ป้ายไฟ
ที่มา: ผู้วิจัย

3.3.5 จากการสังเกตพบว่า สะพานข้ามแม่น้ำประเทศไทยสามารถมองเห็นได้จากมุมมองต่างๆ ได้แก่ มุมมองด้านบน (top view) จากบนอาคารสูง ทำให้เห็นภาพมุมกว้าง (ariel view)มุมมองด้านข้าง (side view) จากสะพานอีกสะพานหนึ่งหรือจากเรือที่แล่นอยู่ในแม่น้ำ มุมมองด้านล่าง (bottom view) ซึ่งยังแยกได้ออกเป็น 2 ลักษณะ คือ

ลักษณะที่ 1เป็น มุมมองด้านล่างเมื่อมองจากริมตลิ่ง เช่น ร้านอาหาร สวนสาธารณะ และท่าเทียบเรือ เป็นต้น ส่วนลักษณะที่ 2 เป็นมุมมองด้านล่างที่มองเห็นขณะเรือแล่นลอดผ่านใต้สะพาน และมุมมองจากถนน ขณะรถแล่นผ่านสะพาน ซึ่งสะพานที่สามารถมองเห็นได้จากมุมมองนี้ จะมีโครงสร้างสะพานส่วนบนอยู่เหนือตัวสะพาน ผู้วิจัยจึงเลือกมุมมองที่กล่าวมาข้างต้นเป็นเกณฑ์ในการพิจารณาแนวทางในการส่งสว่าง ได้แก่ มุมมองด้านบน มุมมองด้านล่างจากเรือ มุมมองด้านล่างจากฝั่ง มุมมองด้านข้าง และมุมมองจากถนน ดังแสดงในภาพที่ 3.3.2



(1) (2)

(3) (4)

(5)

ภาพที่ 3.3.2 มุมมองสะพาน (1) มุมมองจากด้านบน (2) มุมมองจากด้านล่างเมื่อเรือแล่นผ่าน (3) มุมมองด้านล่างจากฝั่ง และ (4) มุมมองจากด้านข้าง (5) มุมมองจากถนน
ที่มา: ผู้วิจัย

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัย

ผู้วิจัยสร้างนำแบบก่อสร้างสะพานจากหน่วยงานที่รับผิดชอบ คือ กรมทางหลวง และกรมทางหลวงชนบท ส่วนสะพานที่ไม่สามารถแบบได้ ผู้วิจัยใช้หลักฐานจากการทบทวนเอกสาร ภาพถ่าย และการทำรังวัดในส่วนที่จำเป็นจากสถานที่จริง (ตารางที่ 3.3) มาทำการ

วิเคราะห์โดยสร้างแบบจำลองเสมือนจริงด้วยโปรแกรม SketchUp 8.0 และใช้โปรแกรม DIALux 4.10 ในการสร้างแบบจำลองเพื่อเป็นตัวอย่างประกอบการทำข้อเสนอแนะและแนวทางในการออกแบบ

การวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยแบ่งเป็น 2 ส่วน ดังนี้

3.4.1 การวิเคราะห์รูปแบบและลักษณะขององค์ประกอบของสะพานกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ โครงสร้างสะพานส่วนบน ตัวสะพาน และตอม่อสะพาน ด้วยแนวคิดเกี่ยวกับองค์ประกอบพื้นฐานทางสถาปัตยกรรม การจัดองค์ประกอบทางสถาปัตยกรรม และรูปทรงเรขาคณิตพื้นฐาน ด้วยรูปไอโซเมตริก (isometric projection) รูปด้านบน รูปด้านข้าง ซึ่งได้จากแบบจำลองเสมือนจริง แล้วทำการจัดกลุ่มหัวข้อ

3.4.2 การวิเคราะห์แนวทางในการออกแบบการส่องสว่างสะพาน โดยพิจารณาจากการการทบทวนเอกสาร การเก็บรวบรวมข้อมูล และการวิเคราะห์รูปแบบและลักษณะขององค์ประกอบของสะพานกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งได้จากการจัดการจัดกลุ่มหัวข้อในขั้นตอนที่ 3.4.2

ตารางที่ 3.1 ตารางแสดงชื่อและข้อมูลของสะพานที่ใช้เป็นกรณีศึกษา

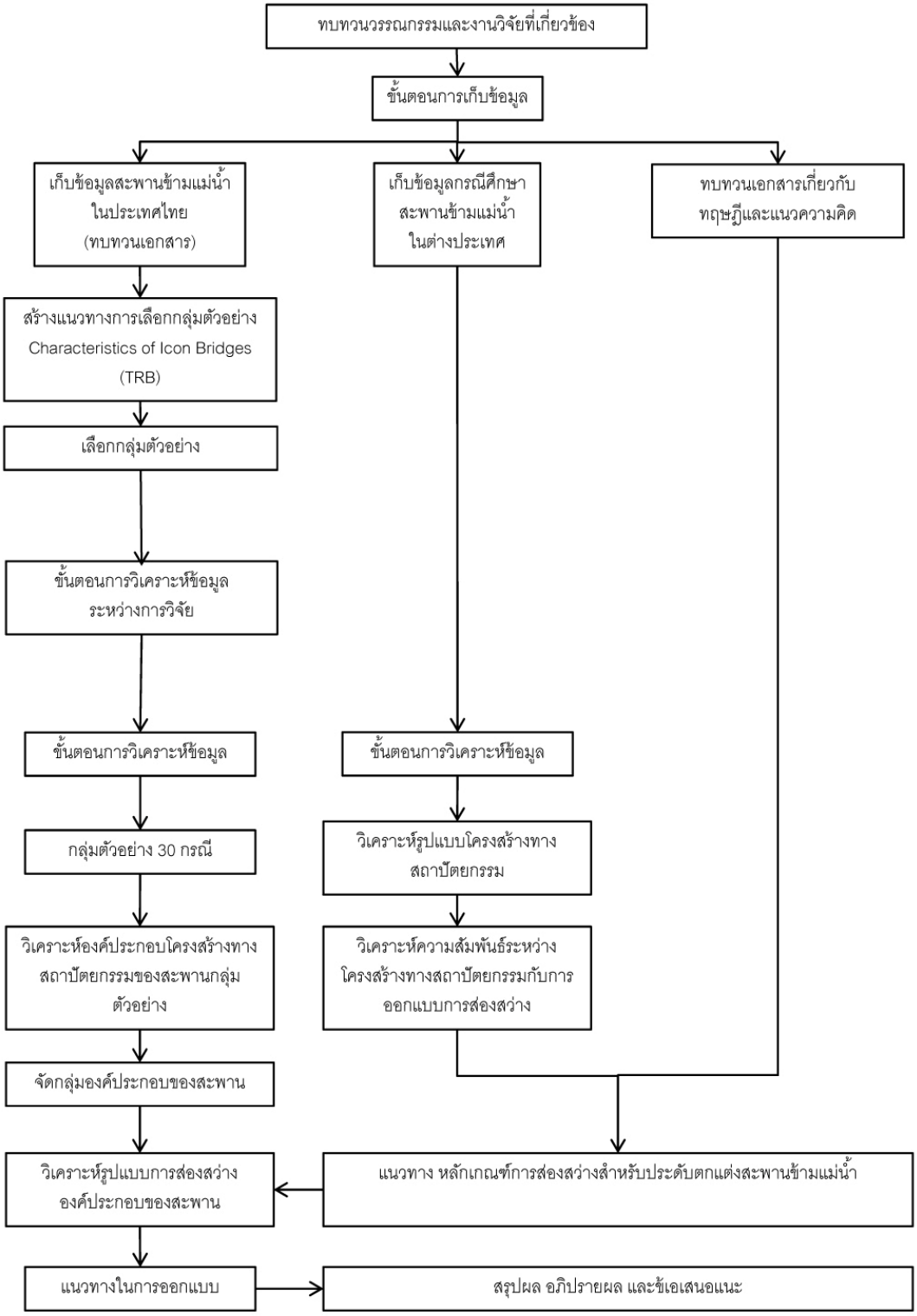
	ลำดับ	ชื่อสะพาน	จังหวัด	แม่น้ำ
สะพานรถไฟ	1	นวรัฐ	เชียงใหม่	ปิง
	2	สมเด็จพระปิ่นเกล้า	กรุงเทพฯ	เจ้าพระยา
	3	สมเด็จพระเจ้าตากสิน	กรุงเทพฯ	เจ้าพระยา
	4	ปทุมธานี	ปทมุธานี	เจ้าพระยา
	5	พระปกเกล้า	กรุงเทพฯ	เจ้าพระยา
	6	พระนั่งเกล้า	นนทบุรี	เจ้าพระยา
	7	พระราม 7	กรุงเทพฯ	เจ้าพระยา
	8	พระราม 3	กรุงเทพฯ	เจ้าพระยา
	9	พระราม 5	นนทบุรี	เจ้าพระยา
	10	พระราม 4	นนทบุรี	เจ้าพระยา
	11	คู่ขนานพระนั่งเกล้า	นนทบุรี	เจ้าพระยา
	12	มิตรภาพ 3	นครพนม	โขง
	13	กษัตราธิราช	พระนครศรีอยุธยา	เจ้าพระยา
	14	ตาปี	สุราษฎร์ธานี	ตาปี
	15	นเรศวร	พิษณุโลก	น่าน
สะพานโค้งคอนกรีต	16	รัษฎาภิเศก	ลำปาง	วัง
	17	ปรีดี-ธำรง	พระนครศรีอยุธยา	ป่าสัก
	18	เดชาติวงศ์	นครสวรรค์	เจ้าพระยา
สะพานโค้งเหล็ก	19	พระราม 6	กรุงเทพฯ-นนทบุรี	เจ้าพระยา
	20	ปฐมบรมราชานุสรณ์	กรุงเทพฯ	เจ้าพระยา
	21	ข้ามแม่น้ำแคว	กาญจนบุรี	แคว
	22	กรุงธน	กรุงเทพฯ	เจ้าพระยา
	23	กรุงเทพ	กรุงเทพฯ	เจ้าพระยา
	24	นนทบุรี	นนทบุรี	เจ้าพระยา
	25	สะพานดำ	เชียงใหม่	ปิง
สะพานขึงเคเบิล	26	พระราม 9	กรุงเทพฯ	เจ้าพระยา
	27	พระราม 8	กรุงเทพฯ	เจ้าพระยา
	28	ภูมิพล 1	สมุทรปราการ	เจ้าพระยา
	29	ภูมิพล 2	สมุทรปราการ	เจ้าพระยา
	30	กาญจนาภิเษก	สมุทรปราการ	เจ้าพระยา

ตารางที่ 3.2 ตารางแสดงศัยภาพของสะพานตามแนวทาง Characteristics of Icon Bridges

	ลำดับ	ชื่อสะพาน	แนวทาง Characteristics of Icon Bridges								คำอธิบาย
			ขนาด	นวัตกรรมและเทคโนโลยี	ความสวยงาม	ตำแหน่งและที่ตั้งโดยรอบ	ความเรียบง่าย	หลักหมายตา	ความสำคัญทาง ปวศ.	อายุ	
สะพานข้ามแม่น้ำ	1	นวรัฐ				●			●		ข้ามแม่น้ำปิงแห่งแรก ตั้งอยู่บนปลายแนวแกนประตูเมืองเชียงใหม่
	2	สมเด็จพระปิ่นเกล้า				●					ตั้งอยู่ใจกลางเกาะรัตนโกสินทร์ เชื่อมพระนครและธนบุรี
	3	สมเด็จพระเจ้าตากสิน		●			●				มีรูปแบบเสาตอม่อสะพานแตกต่างจากสะพานข้ามแม่น้ำอื่นๆ
	4	ปทุมธานี							●		ข้ามแม่น้ำในจังหวัดปทุมธานีสะพานแรกและตั้งอยู่ใกล้วัดสำคัญ
	5	พระปกเกล้า	●			●		●			ข้ามแม่น้ำเจ้าพระยา อยู่ในเส้นทางล่องเรือเพื่อการท่องเที่ยว
	6	พระนั่งเกล้า	●						●		ข้ามแม่น้ำเจ้าพระยา เชื่อมจังหวัดนนทบุรีและปทุมธานี อยู่บถนนสายสำคัญ
	7	พระราม 7	●								อยู่ในย่านกลางเมือง
	8	พระราม 3	●								ตัวสะพานอยู่สูงจากระดับน้ำทะเลปกติมากที่สุด
	9	พระราม 5	●			●					อยู่ในย่านกลางเมือง
	10	พระราม 4				●					ตั้งอยู่ในเขตเทศบาลนครปากเกร็ด เป็นย่านการค้า
	11	คู่ขนานพระนั่งเกล้า	●								สะพานแบบคานที่มีช่วงความยาวกลางสะพานมากที่สุด
	12	มิตรภาพ 3				●			●		เชื่อมราชอาณาจักรไทยและ สปป.ลาว จังหวัดนครพนม
	13	กษัตราธิราช				●			●		ข้ามแม่น้ำเจ้าพระยา เชื่อมเกาะเมืองอยุธยา อยู่ใกล้วัดสำคัญ
	14	ตาปี		●							สร้างตามแบบมาตรฐานกรมทางหลวง จะเกิดสะพานแบบนี้อีกมาก
	15	นเรศวร				●			●	●	ข้ามแม่น้ำน่านกลางเมืองพิษณุโลก
สะพานโค้ง	16	รัษฎาภิเศก		●					●	●	สะพานข้ามแม่น้ำวัง กลางเมืองลำปาง อยู่ในตลาดกองต้าเป็นย่านการค้าสำคัญ
	17	ปรีดี-ธำรง		●					●	●	สะพานข้าแม่น้ำป่าสัก เชื่อมเกาะเมืองอยุธยา บริเวณถนนโรจนะ
	18	เดชาติวงศ์		●					●	●	สะพานข้ามแม่น้ำเจ้าพระยาแห่งแรกในจังหวัดนครสวรรค์ เชื่อมภาคกลาง-ภาคเหนือ
สะพานโครงถัก	19	พระราม 6							●		สะพานข้ามแม่น้ำเจ้าพระยาแห่งแรก (บูรณะใหม่)
	20	ปฐมบรมราชานุสรณ์		●		●		●	●		สร้างขึ้นในโอกาสฉลอง 150 ปี กรุงรัตนโกสินทร์
	21	ข้ามแม่น้ำแคว		●					●		ส่วนหนึ่งของทางรถไฟสายมรณะ สร้างขึ้นในสมัยสงครามดลกครั้งที่สอง
	22	กรุงธน		●				●			สะพานโครงถัก อยู่ในเส้นทางล่องเรือเพื่อการท่องเที่ยว
	23	กรุงเทพ		●				●			สะพานโครงถัก ชนิดเปิดปิดได้ (Bascule bridge) อยู่ในเส้นทางล่องเรือ
	24	นนทบุรี		●							สะพานโครงถัก
	25	สะพานดำ							●		สะพานโครงถัก สร้างตามแบบสะพานนวรัฐเหล็กเดิม
สะพานซึง	26	พระราม 9	●	●				●			สะพานซึงแห่งแรกของประเทศไทย
	27	พระราม 8		●				●			สะพานซึงแบบอสมมาตร ตั้งอยู่ในพื้นที่ใจกลางเมือง
	28	ภูมิพล	●	●				●			สะพานซึงขนาดใหญ่
	30	กาญจนาภิเษก		●				●			สะพานซึงขนาดใหญ่ และเห็นเป็นสะพานแรกเมื่องแล่นเรือเข้าจากปากแม่น้ำ

ตารางที่ 3.3 ตารางแสดงที่มาและแหล่งข้อมูล

	ลำดับ	ชื่อสะพาน	ข้อมูลปฐมภูมิ			ข้อมูลทุติยภูมิ				
			การสำรวจภาคสนาม	การรังวัด	การถ่ายภาพ	ภาพถ่าย	ผังเมือง	การใช้ประโยชน์ที่ดิน	การขนส่งทางน้ำ	รูปตัดตามยาว
สะพานนนทบุรี	1	นวรัฐ		●	●	●	●		●	
	2	สมเด็จพระปิ่นเกล้า		●		●	●		●	
	3	สมเด็จพระเจ้าตากสิน				●	●		●	
	4	ปทุมธานี	●		●	●	●		●	
	5	พระปกเกล้า	●		●	●	●		●	
	6	พระนั่งเกล้า			●	●	●	●	●	
	7	พระราม 7				●	●		●	
	8	พระราม 3				●	●		●	
	9	พระราม 5				●	●	●	●	
	10	พระราม 4				●	●		●	
	11	คู่ขนานพระนั่งเกล้า	●		●	●	●		●	
	14	มิตรภาพ 3	●		●	●	●		●	
	13	กษัตราธิราช	●		●	●	●		●	
	15	ตาปี	●		●	●	●		●	
	12	นเรศวร	●		●	●	●		●	
	16	รัษฎาภิเศก		●		●	●		●	
สะพานปี่แก้ง	17	ปรีดี-ธำรง		●	●	●	●		●	
	18	เดชาติวงศ์			●	●	●	●	●	
	19	พระราม 6		●		●	●		●	
สะพานในเขตกรุงเทพมหานคร	20	ปฐมบรมราชานุสรณ์				●	●	●	●	●
	21	ข้ามแม่น้ำแคว				●	●		●	●
	22	กรุงธน				●	●		●	●
	23	กรุงเทพ				●	●		●	
	24	นนทบุรี				●	●		●	
	25	สะพานดำ		●		●	●		●	
	26	พระราม 9				●	●		●	●
สะพานปี่แก้ง	27	พระราม 8				●	●		●	●
	28	ภูมิพล				●	●		●	●
	30	กาญจนาภิเษก				●	●		●	●



ภาพที่ 3.4.1 แผนภูมิแสดงระเบียบวิธีวิจัย

ที่มา: ผู้วิจัย

บทที่ 4
การเก็บรวบรวมข้อมูลและผลสำรวจกลุ่มตัวอย่าง

บทนี้กล่าวถึงข้อมูลที่ได้จากการสังเกตการณ์ การสำรวจภาคสนามและการทบทวนเอกสารของกลุ่มตัวอย่างที่ทำการวิจัย ประกอบด้วยสะพานข้ามแม่น้ำในเขตเมืองจำนวน 30 สะพานดังรายละเอียดตามตารางที่ 4.1

สะพานแบบคาน (beam bridge)

4.1 สะพานนวรัฐ

4.1.1 ข้อมูลทั่วไป

สะพานนวรัฐเป็นสะพานข้ามแม่น้ำปิงในเขตตัวเมืองเชียงใหม่ ตั้งอยู่ใกล้กับจวนผู้ว่าราชการจังหวัดและโรงเรียนเชียงใหม่คริสเตียน เชื่อมถนนท่าแพและถนนเจริญเมือง เดิมสะพานนวรัฐเป็นสะพานไม้สัก สร้างขึ้นราวปี พ.ศ. 2433 และชำรุดตามกาลเวลา จึงมีการรื้อสร้างใหม่เป็นสะพานเหล็กในปี พ.ศ. 2464 และสร้างใหม่เป็นสะพานคอนกรีตในปี พ.ศ. 2510 ชื่อ “นวรัฐ” ตั้งขึ้นเพื่อเป็นเกียรติกับเจ้าแก้วนวรัฐ เจ้าหลวงผู้ครองนครเชียงใหม่

ลักษณะสะพานเป็นสะพานคอนกรีตเสริมเหล็กช่วงต่อเนื่อง 6 ช่วง มีตอม่ออยู่กลางแม่น้ำ เชิงสะพานทั้งสองฝั่งมีซุ้มศาลาทั้งสองข้าง ด้านบนซุ้มเป็นหลังคาด้านบนมีตราครุฑ และจารึกชื่อสะพานอยู่ด้านล่าง

4.1.2 ข้อมูลการออกแบบการส่องสว่าง

การส่องสว่างผิวการจราจรใช้เสาไฟถนนติดตั้งดวงโคมหลอดโซเดียมความ-ดันสูง ตลอดความยาวสะพาน มีการติดตั้งไฟสาดส่อง (floodlighting) ตอม่อสะพานโดยส่องลงจากราวสะพานเป็นดวงโคมหลอดเมทัลฮาไลด์ (metal halide) ในฤดูหนาวมีการประดับตกแต่งสะพานด้วยไฟราวตามถนนเป็นแนวยาวรวมถึงซุ้มศาลาที่เชิงสะพานด้วย

4.2 สะพานสมเด็จพระปิ่นเกล้า

4.2.1 ข้อมูลทั่วไป

สะพานสมเด็จพระปิ่นเกล้าเป็นสะพานข้ามแม่น้ำเจ้าพระยา ตั้งอยู่ในเขตใจกลางเกาะรัตนโกสินทร์ เชื่อมถนนราชดำเนิน ถนนเจ้าฟ้า ข้ามแม่น้ำไปสู่ถนนสมเด็จพระปิ่นเกล้า เขตบางกอกน้อย เชื่อมต่อไปยังถนนอรุณอัมรินทร์ และถนนบรมราชชนนี ฝั่งธนบุรี สะพานเริ่มก่อสร้างเมื่อปีพ.ศ. 2514 โดยบริษัท โอบายาชิกูมิ จำกัดและบริษัท ซูมิโตโมคอนสตรัคชั่น จำกัด และเปิดใช้งานเมื่อปี พ.ศ. 2516

ชื่อสะพาน“สมเด็จพระปิ่นเกล้า” เป็นชื่อพระราชทานจากพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว โดยตั้งชื่อตามพระนามของกรมพระราชวังบวรสถานมงคลในรัชกาลที่ 4 เนื่องจากสะพานฝั่งพระนครตัดผ่านพื้นที่ในเขตพระราชวังบวรสถานมงคล หรือวังหน้าเดิม ซึ่งปัจจุบันเป็นพื้นที่ของหอศิลป์เจ้าฟ้าและวิทยาลัยนาฏศิลป์

ลักษณะสะพานเป็นสะพานชนิดคานต่อเนื่อง โครงสร้างสะพานส่วนบนเป็นคานคอนกรีตอัดแรง (pre-cast concrete)

4.2.2 ข้อมูลการออกแบบการส่องสว่าง

การส่องสว่างผิวการจราจรใช้เสาไฟถนนติดตั้งดวงโคมหลอดโซเดียมความ-ดันสูง (high pressure sodium) ตลอดความยาวสะพาน บริเวณตอม่อสะพานที่อยู่ในแม่น้ำมีการติดตั้งไฟสาดส่อง ด้วยดวงโคมหลอดเมทัลฮาไลด์ เพื่อป้องกันอุบัติเหตุจากการจราจรทางน้ำ ส่วนการออกแบบการส่องสว่างสำหรับประดับตกแต่งสะพาน ใช้ดวงโคมส่องเน้นและย้อมสีบริเวณใต้ท้องสะพานและด้านข้างของแนวคานด้วยหลอดแอลอีดี (LED) ชนิดเปลี่ยนสีได้ โดยดวงโคมติดตั้งบริเวณตอม่อสะพานที่อยู่กลาง

4.3 สะพานสมเด็จพระเจ้าตากสิน

4.3.1 ข้อมูลทั่วไป

สะพานสมเด็จพระเจ้าตากสินหรือเรียกกันทั่วไปว่า สะพานสาทร เป็นสะพานข้ามแม่น้ำเจ้าพระยาที่มีการจราจรคับคั่งแห่งหนึ่งเพราะตั้งอยู่บนย่านธุรกิจ ทั้งถนนสาทรและถนนสีลม ซึ่งเชื่อมระหว่างถนนสาทร เขตสาทรกับถนนกรุงธนบุรี เขตคลองสาน เริ่มก่อสร้างเมื่อปี พ.ศ. 2522 โดยบริษัทอิตาเลียนไทย ดีเวลลอปเมนท์ คอร์ปอเรชั่น จำกัด Dragoges of Travaux Public Co.,Ltd. ประเทศฝรั่งเศสและ Impresa Generaledi Construzion ประเทศอิตาลี และเปิดใช้งานเมื่อปี พ.ศ. 2525

ลักษณะสะพานเป็นสะพานชนิดคานต่อเนื่อง โครงสร้างสะพานส่วนบนเป็นคานคอนกรีตอัดแรง ตอม่อสะพานเป็นรูปตัวอักษรวี (V) และเป็นสะพานแบบคู่ห่างกัน 15 เมตรเพื่อก่อสร้างสะพานสำหรับรถไฟฟ้าในอนาคต (ปัจจุบันสร้างเสร็จแล้ว)

4.3.2 ข้อมูลการออกแบบการส่องสว่าง

การส่องสว่างผิวการจราจรใช้เสาไฟถนนติดตั้งดวงโคมหลอดโซเดียมความ-ดันสูง ตลอดความยาวสะพาน บริเวณตอม่อสะพานที่อยู่ในแม่น้ำมีการติดตั้งไฟสาดส่อง ด้วยดวงโคมหลอดเมทัลฮาไลด์ เพื่อป้องกันอุบัติเหตุจากการจราจรทางน้ำ ไม่มีการออกแบบการส่องสว่างสำหรับประดับตกแต่งสะพาน

4.4 สะพานปทุมธานี

4.4.1 ข้อมูลทั่วไป

สะพานปทุมธานีเป็นข้ามแม่น้ำเจ้าพระยาบริเวณอำเภอเมือง จังหวัดปทุมธานี บนทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 346 เริ่มก่อสร้างเมื่อปี พ.ศ. 2526 โดยบริษัทสุมิโตโม คอนสตรัคชั่นจำกัด เปิดใช้งานเมื่อปี พ.ศ. 2527 ช่วยรองรับการจราจรที่เพิ่มมากขึ้นระหว่างสองฝั่งแม่น้ำเจ้าพระยาในจังหวัดนนทบุรี จากเดิมที่มีสะพานนนทบุรีเพียงสะพานเดียว หลังจากมีการก่อสร้างถนนวงแหวนรอบนอกฝั่งตะวันตกและตะวันออกแล้วเสร็จ ทำให้ปริมาณการจราจรบนเส้นทางนี้เพิ่มขึ้น กรมทางหลวงจึงพิจารณาออกแบบและก่อสร้างเพื่อขยายเส้นทาง

ลักษณะสะพานเป็นสะพานคานต่อเนื่องชนิดปิดตาย โครงสร้างสะพานส่วนบนเป็นคานคอนกรีตชนิดอัดแรง (pre-cast concrete) ต่อมามีการขยายช่องจราจรจาก 2 ช่องเป็น 6 ช่องแล้วเสร็จในปี พ.ศ. 2548

4.4.2 ข้อมูลการออกแบบการส่องสว่าง

การส่องสว่างผิวการจราจรใช้เสาไฟถนน ติดตั้งดวงโคมหลอดโซเดียมความดันสูง ตลอดความยาวสะพาน ไม่มีการออกแบบการส่องสว่างสำหรับประดับตกแต่ง

4.5 สะพานพระปกเกล้า

4.5.1 ข้อมูลทั่วไป

สะพานพระปกเกล้าเป็นสะพานข้ามแม่น้ำเจ้าพระยาตั้งอยู่ด้านท้ายน้ำของสะพานปฐมบรมราชานุสรณ์ สร้างขึ้นเพื่อบรรเทาการจราจรที่ติดขัดบริเวณสะพานปฐมบรมราชานุสรณ์ เชื่อมพื้นที่ถนนประชาธิปก ถนนจักเพชรและพาหุรัด ฝั่งพระนครกับแยกบ้านแขกและวงเวียนใหญ่ ฝั่งธนบุรี เริ่มก่อสร้างเมื่อปี พ.ศ. 2524 โดยบริษัทสุมิโตโม คอนสตรัคชั่น จำกัด ประเทศญี่ปุ่น และเปิดใช้งานเมื่อปี พ.ศ. 2527

ลักษณะสะพานเป็นสะพานชนิดคานต่อเนื่อง โครงสร้างสะพานส่วนบนเป็นคานคอนกรีตอัดแรง เป็นสะพานแบบคู่แยกการจราจรฝั่งขาเข้าและขาออก

4.5.2 ข้อมูลการออกแบบการส่องสว่าง

การส่องสว่างผิวการจราจรใช้เสาไฟถนนติดตั้งดวงโคมหลอดโซเดียมความดันสูง ตลอดความยาวสะพาน บริเวณตอม่อสะพานที่อยู่ในแม่น้ำมีการติดตั้งไฟสาดส่องด้วยดวงโคมหลอดเมทัลฮาไลด์ เพื่อป้องกันอุบัติเหตุจากการจราจรทางน้ำ ส่วนการออกแบบการส่องสว่างสำหรับประดับตกแต่งสะพาน ใช้ดวงโคมส่องเน้นและย้อมสีใต้ท้องสะพานและด้านข้างของแนวคานเป็นหลอดแอลอีดีชนิดเปลี่ยนสีได้ โดยดวงโคมติดตั้งบริเวณตอม่อสะพานที่อยู่กลางแม่น้ำ

4.6 สะพานนั่งเกล้า

4.6.1 ข้อมูลทั่วไป

สะพานพระนั่งเกล้าเป็นสะพานข้ามแม่น้ำเจ้าพระยา ตั้งอยู่ในเขตอำเภอเมืองจังหวัดนนทบุรี เชื่อมตำบลบางกระสอกับตำบลไทรม้า ตามแนวถนนรัตนาธิเบศร์ เริ่มก่อสร้างเมื่อปี พ.ศ. 2526 โดยบริษัทสุมิโตโม คอนสตรักชั่น จำกัด เปิดใช้งานเมื่อปี พ.ศ. 2528

ลักษณะสะพานเป็นสะพานชนิดปิดตายช่วงต่อเนื่อง โครงสร้างสะพานส่วนบนเป็นคานคอนกรีตอัดแรง (pre- stressed concrete) มีตอม่ออยู่ในแม่น้ำเจ้าพระยาจำนวน 2 ตอม่อ และริมฝั่ง ฝั่งละ 1 ตอม่อ

4.6.2 ข้อมูลการออกแบบการส่องสว่าง

การส่องสว่างผิวการจราจรใช้เสาไฟถนนติดตั้งดวงโคมหลอดโซเดียมความดันสูง ตลอดความยาวสะพาน บริเวณตอม่อสะพานที่อยู่ในแม่น้ำมีการติดตั้งไฟสาดส่อง เพื่อป้องกันอุบัติเหตุจากการจราจรทางน้ำ ไม่มีการออกแบบการส่องสว่างสำหรับประดับตกแต่งสะพาน

4.7 สะพานพระราม 7

4.7.1 ข้อมูลทั่วไป

สะพานพระราม 7 เป็นสะพานข้ามแม่น้ำเจ้าพระยา เชื่อมถนนวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กับถนนจรัญสนิทวงศ์ เขตบางพลัด และอำเภอบางกรวย จังหวัดนนทบุรี เพื่อช่วยระบายการจราจรในแนววงแหวนรัชดาภิเษกจากใจกลางเมืองย่านอโศก เริ่มก่อสร้างเมื่อปี พ.ศ. 2533 โดยบริษัท สุมิโตโม คอนสตรัคชั่น จำกัด บริษัท โอบายาชิ คอร์ปอเรชั่น จำกัดและ บริษัท นันทวัน จำกัด เปิดใช้งานเมื่อปีพ.ศ. 2535

ลักษณะสะพานเป็นสะพานคานชนิดต่อเนื่อง โครงสร้างสะพานส่วนบนเป็นคานคอนกรีตอัดแรงรูปกล่อง (pre-cast concrete box girder)

4.7.2 ข้อมูลการออกแบบการส่องสว่าง

การส่องสว่างผิวการจราจรใช้เสาไฟถนนติดตั้งดวงโคมหลอดโซเดียมความ-ดันสูงตลอดความยาวสะพาน บริเวณตอม่อสะพานที่อยู่ในแม่น้ำมีการติดตั้งไฟสาดส่องขึ้นจากฐานของตอม่อ ด้วยดวงโคมหลอดเมทัลฮาไลด์เพื่อป้องกันอุบัติเหตุจากการจราจรทางน้ำ ไม่มีการออกแบบการส่องสว่างสำหรับประดับตกแต่งสะพาน

4.8 **สะพานพระราม 3**

4.8.1 ข้อมูลทั่วไป

สะพานพระราม 3 สร้างขึ้นเพื่อบรรเทาปัญหาของสะพานข้ามแม่น้ำเจ้าพระยาบริเวณสะพานกรุงเทพซึ่งมีการใช้งานมานานร่วม 30 ปี สะพานเริ่มก่อสร้างเมื่อปี พ.ศ. 2539 โดยกิจการร่วมค้า ED Zulaein Wayss &Freytag และ STECON จำกัด เปิดใช้งานเมื่อปี พ.ศ. 2543 เชื่อมถนนพระราม 3 และถนนรัชดาภิเษก เขตบางคอแหลมกับถนนตกและถนนสมเด็จพระเจ้าตากสิน ฝั่งธนบุรี สะพานพระราม 3 ตั้งอยู่ทางด้านเหนือน้ำของสะพานกรุงเทพ

ลักษณะสะพานเป็นสะพานแบบคานต่อเนื่อง โครงสร้างสะพานส่วนบนเป็นคานรูปกล่อง สร้างด้วยคอนกรีตอัดแรงรูปกล่อง โดยมีความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางถึง 34 เมตร เพื่อให้เรือบรรทุกสินค้าขนาดใหญ่สามารถแล่นผ่านเข้ามาได้

4.8.2 ข้อมูลการออกแบบการส่องสว่าง

การส่องสว่างผิวการจราจรใช้เสาไฟถนนติดตั้งดวงโคมหลอดโซเดียมความ-ดันสูง ตลอดความยาวสะพาน บริเวณตอม่อสะพานที่อยู่ในแม่น้ำมีการติดตั้งไฟสาดส่องด้วยดวงโคมหลอดเมทัลฮาไลด์ เพื่อป้องกันอุบัติเหตุจากการจราจรทางน้ำ ลักษณะเป็นการส่องลงจากตัวสะพาน และการส่องขึ้นจากฐานของตอม่อที่อยู่ในแม่น้ำ ไม่มีการออกแบบการส่องสว่างสำหรับประดับตกแต่งสะพาน

4.9 **สะพานพระราม 5**

4.9.1 ข้อมูลทั่วไป

สะพานพะราม 5 เป็นสะพานข้ามแม่น้ำเจ้าพระยาในเขตอำเภอเมือง จังหวัดนนทบุรี เพื่อช่วยบรรเทาปัญหาการจราจรบนถนนจรัญสนิทวงศ์ ถนนรัตนาธิเบศร์ สะพานพระนั่งเกล้า และสะพานพระราม 7 โดยเชื่อมถนนติวานนท์กับถนนนครอินทร์ และสามารถเชื่อมต่อไปยังถนนราชพฤกษ์และถนนกาญจนาภิเษกได้ เริ่มก่อสร้างในปี พ.ศ. 2542 โดยกิจการร่วมค้าสุมิโตโม คอนสตรัคชั่นและอิตาเลียนไทย ดีเวลลอปเมนท์ คอร์ปอเรชั่น จำกัด เปิดใช้งานในปี พ.ศ.2548 คนทั่วไปเรียกว่า สะพานวัดนครอินทร์ ตามชื่อของวัดที่ตั้งอยู่ใกล้สะพาน

ลักษณะสะพานเป็นสะพานคานชนิดต่อเนื่อง โครงสร้างสะพานส่วนบนเป็นคานคอนกรีตอัดแรงรูปกล่องรูปโค้ง ก่อสร้างด้วยวิธีคานยื่นอิสระ (balance cantilever) โดยสร้างเป็นสะพานแยกกันสองสะพาน

4.9.2 ข้อมูลการออกแบบการส่องสว่าง

การส่องสว่างผิวการจราจรใช้เสาไฟถนนติดตั้งดวงโคมหลอดโซเดียมความ-ดันสูง ตลอดความยาวสะพาน ช่วงกลางสะพานมีป้ายไฟและไฟประดับตกแต่งสะพานเป็นริ้วในช่วงเทศกาลต่างๆ เช่น วันเฉลิมพระชนมพรรษา เป็นต้น

4.10 สะพานพระราม 4

4.10.1 ข้อมูลทั่วไป

สะพานพระราม 4 เป็นสะพานข้ามแม่น้ำเจ้าพระยาบริเวณอำเภอปากเกร็ด จังหวัดนนทบุรี เชื่อมเทศบาลนครปากเกร็ดกับตำบลบางปะไนย จากถนนแจ้งวัฒนะไปยังถนนราชพฤกษ์ เพื่อช่วยบรรเทาปัญหาการจราจรบนถนนแจ้งวัฒนะและสะพานพระนั่งเกล้า เริ่มก่อสร้างในปี พ.ศ. 2546 โดยกิจการร่วมค้า ไทเซ-ซิโนไทย จำกัดและเปิดใช้งานในปี พ.ศ. 2549

ลักษณะสะพานเป็นสะพานคาน โครงสร้างสะพานส่วนบนเป็นคานรูปกล่องสร้างด้วยคอนกรีตอัดแรง ตอม่อสะพานเป็นคอนกรีตเสริมเหล็ก จำนวน 6 ต้น อยู่ในแม่น้ำเจ้าพระยา 2 ต้น บนฝั่งอีก 4 ต้น บริเวณเชิงสะพานทั้งสองด้านมีเสาจารึกชื่อสะพานและปีที่สร้าง หัวเสาเป็นบุษบกทรงเจดีย์ สูง 4 เมตรหมายถึง รัชกาลที่ 4 ฐานบุษบกสูง 1.166 เมตร ตามปีจุลศักราชที่พระราชสมภพ บริเวณกลางสะพานมีป้ายชื่อสะพานและตราพระราชลัญจกรในรัชกาลที่ 4 อยู่ด้านบน ขนาบด้วยหงส์สองด้านซึ่งเป็นสัญลักษณ์ของชาวมอญซึ่งตั้งถิ่นฐานบริเวณเกาะเกร็ด

4.10.2 ข้อมูลการออกแบบการส่องสว่าง

การส่องสว่างผิวการจราจรใช้เสาไฟถนนติดตั้งดวงโคมหลอดโซเดียมความดัน ตลอดความยาวสะพาน ลักษณะของเสาเป็นเสาไฟประดับตกแต่ง บริเวณใต้ท้องสะพานติดตั้งไฟสาดส่องจากฐานของตอม่อเพื่อป้องกันอันตรายจากอุบัติเหตุจากการจราจรทางน้ำ การออกแบบการส่องสว่างสำหรับประดับตกแต่งสะพานเป็นการใช้หลอดแอลอีดีชนิดเปลี่ยนสีได้ ติดตั้งบริเวณขอบราวสะพานด้านล่าง ส่องไปยังด้านข้างของตัวสะพาน ตลอดความยาวของสะพาน

4.11 สะพานคู่ขนานพระนั่งเกล้า(สะพานพระนั่งเกล้าใหม่)

4.11.1 ข้อมูลทั่วไป

สะพานพระนั่งเกล้าใหม่หรือเรียกกันว่าสะพานคู่ขนานพระนั่งเกล้าและสะพานนั่งเกล้า 2 เป็นสะพานข้ามแม่น้ำเจ้าพระยาในเขตอำเภอเมือง จังหวัดนนทบุรี เพื่อบรรเทาปัญหาการจราจรบนสะพานพระนั่งเกล้าเดิมที่มีลักษณะเป็นคอขวดบริเวณ

เชิงสะพาน เริ่มก่อสร้างเมื่อปี พ.ศ. 2549 โดยบริษัทยูนิค เอ็นจิเนียริ่ง แอนด์คอนสตรัคชั่น จำกัด (มหาชน) เปิดใช้งานเมื่อปี พ.ศ. 2551

ลักษณะสะพานเป็นสะพานคานชนิดต่อเนื่อง โครงสร้างสะพานส่วนบนเป็นคานรูปกล่อง (box girder) ก่อสร้างด้วยวิธีคานยื่นอิสระแบบหล่อในที่ (in situ-balance cantilever)

4.11.2 ข้อมูลการออกแบบการส่องสว่าง

การส่องสว่างผิวการจราจรใช้เสาไฟถนนติดตั้งดวงโคมหลอดโซเดียมความดันสูง ตลอดความยาวสะพาน บริเวณตอม่อสะพานที่อยู่ในแม่น้ำมีการติดตั้งไฟสาดส่อง เพื่อป้องกันอุบัติเหตุ ไม่มีการออกแบบการส่องสว่างสำหรับประดับตกแต่งสะพาน

4.12 สะพานมิตรภาพ 3 (นครพนม-คำม่วน)

4.12.1 ข้อมูลทั่วไป

สะพานมิตรภาพ 3 (นครพนม-คำม่วน) เป็นส่วนหนึ่งของการพัฒนาโครงข่ายทางหลวงสาย AH15 เชื่อมโยงจังหวัดอุดรธานี สกลนครและ นครพนมของไทย ผ่านทางหลวงหมายเลข 8 หรือทางหลวงหมายเลข 12 ของลาวจนไปถึงเมืองวิงห์ของเวียตนาม ตามกรอบยุทธศาสตร์ความร่วมมือทางเศรษฐกิจอิรวดี- เจ้าพระยา –แม่โขง สะพานมิตรภาพแห่งนี้มีความยาว 1.4 กิโลเมตร ซึ่งเกิดจากการประสานความร่วมมือระหว่างสองประเทศ (กรมทางหลวง, 2553) เปิดใช้งานเมื่อ พ.ศ. 2554

ลักษณะสะพานเป็นสะพานคอนกรีตอัดแรงรูปกล่อง ความยาว 780 เมตร มีช่องจราจร 2 ช่อง กว้างช่องละ 3.5 เมตร ไหล่ทางกว้าง 1 เมตร และทางเท้ากว้าง 1.05 เมตร เชิงสะพานมีบุษบกสูง 30 เมตร ทั้งสองข้างของสะพาน

4.12.2 ข้อมูลการออกแบบการส่องสว่าง

การส่องสว่างผิวการจราจรใช้เสาไฟถนนติดตั้งดวงโคมหลอดโซเดียมความดันสูง ตลอดความยาวสะพาน ลักษณะของเสาไฟฟ้ามีดวงโคมโน้มเอียงลงมาสู่ถนน ตัวดวงโคมเป็นรูปใบไม้ที่ให้ร่มเงาแก่ผู้มาเยือน มีสีทองแสดงถึงคุณค่าและให้ความสำคัญกับการต้อนรับ (กรมทางหลวง, 2553) ไม่มีการออกแบบการส่องสว่างสำหรับประดับตกแต่งสะพาน

4.13 สะพานกษัตราธิราช

4.13.1 ข้อมูลทั่วไป

สะพานกษัตราธิราชเป็นสะพานข้ามแม่น้ำเจ้าพระยา เชื่อมพื้นที่ฝั่งเกาะเมืองพระนครศรีอยุธยากับฝั่งวัดไชยวัฒนารามและวัดกษัตราธิราช จึงเป็นที่มาของชื่อ

สะพาน ลักษณะสะพานเป็นสะพานคอนกรีตเสริมเหล็ก มีตอม่ออยู่กลางแม่น้ำ 4 ตอม่อ

บริเวณเชิงสะพานทั้งสองด้าน มีเสาอยู่ฝั่งละ 2 ต้น หัวเสามีฐานเป็นบัวตูมเหนือขึ้นไปเป็นวิมานทรงจตุรมุข ด้านในมีสังข์อยู่บนพานแว่นฟ้าอีกชั้นหนึ่ง ส่วนราวสะพานเป็นราวคอนกรีตเสริมเหล็ก มีเสาหัวเม็ดเป็นระยะ

4.13.2 ข้อมูลการออกแบบการส่องสว่าง

การส่องสว่างผิวการจราจร ใช้เสาไฟถนนติดตั้งดวงโคมหลอดโซเดียมความดันสูงบริเวณสองข้างของสะพาน มีการติดตั้งดวงโคมสาดส่องเสาตอม่อสะพาน เพื่อป้องกันอุบัติเหตุ โดยส่องลงจากสะพาน บริเวณราวสะพาน มีการประดับตกแต่งสะพานด้วยไฟราวตามแนวด้านล่างของมือจับ

4.14 สะพานข้ามแม่น้ำตาปี

4.14.1 ข้อมูลทั่วไป

สะพานข้ามแม่น้ำตาปี เป็นส่วนหนึ่งของทางหลวงหมายเลข 417 อยู่ในจังหวัด สุราษฎร์ธานี เพื่อรองรับการจราจรที่เพิ่มขึ้นของภาคใต้ฝั่งตะวันออกตอนบน และช่วยบรรเทาการจราจรบนสะพานข้ามแม่น้ำตาปีเดิมที่มีขนาดเล็ก

ลักษณะสะพานเป็นสะพานคอนกรีตอัดแรง สร้างตามแบบมาตรฐานสะพานของกรมทางหลวง มีช่วงสะพาน 3 ช่วง ยาวช่วงละ 80 เมตร มีช่องการจราจร 4 ช่อง กว้างช่องละ 3.5 เมตร ไหล่ทางด้านในกว้าง 1.5 เมตร ด้านนอกกว้าง 2.5 เมตร

4.14.2 ข้อมูลการออกแบบการส่องสว่าง

การส่องสว่างผิวการจราจรใช้เสาไฟถนนติดตั้งดวงโคมหลอดโซเดียมความดันสูง ตลอดความยาวสะพาน บริเวณตอม่อสะพานที่อยู่ในแม่น้ำมีการติดตั้งไฟส่องเน้นเพื่อป้องกันอุบัติเหตุจากการจราจรทางน้ำ ไม่มีการออกแบบการส่องสว่างสำหรับประดับตกแต่งสะพาน

4.15 สะพานนเรศวร

4.15.1 ข้อมูลทั่วไป

สะพานนเรศวรเป็นสะพานข้ามแม่น้ำน่านในเขตอำเภอเมืองพิษณุโลกและเป็นส่วนหนึ่งของถนนสิงหวัฒน์ เชื่อมระหว่างฝั่งศาลากลางจังหวัดกับฝั่งวัดพระศรีมหาธาตุวรมหาวิหาร เดิมสะพานนเรศวรเป็นสะพานเหล็กสร้างขึ้นเมื่อปี พ.ศ. 2474 ต่อมามีการสร้างขึ้นใหม่เป็นสะพานคอนกรีตเสริมเหล็กแต่ไม่สามารถระบุปีที่สร้างได้ ส่วนสะพานนเรศวรที่สร้างขึ้นเพิ่มเติมภายหลังอีกสะพานข้างกัน สร้างขึ้นราวปี พ.ศ. 2543

ชื่อ “นเรศวร”ตั้งชื่อตามพระนามของสมเด็จพระนเรศวรกษัตริย์สมัยอยุธยา ใกล้กันมีสะพานข้ามแม่น้ำน่านอีกแห่งชื่อสะพานเอกาทศรถ ตั้งชื่อตามพระนามของกษัตริย์สมัยอยุธยาซึ่งเป็นพระอนุชาของสมเด็จพระนเรศวร ลักษณะสะพานเป็นสะพานคอนกรีตเสริมเหล็กชนิดปิดตายช่วงต่อเนื่อง มีตอม่อในแม่น้ำ บริเวณเชิงสะพานทั้งสองฝั่ง มีเสาหัวสะพาน หัวเสาเป็นรูปปั้นช้างศึก ราวสะพานเป็นราวลูกแก้วทาสีขาวสลับทอง สองฝั่งแม่น้ำจากสะพานนเรศวรจนถึงสะพานเอกาทศรถเป็นสวนสาธารณะของเมือง ชื่อสวนชมน่าน

4.15.2 ข้อมูลการออกแบบการส่องสว่าง

การส่องสว่างผิวการจราจรแบ่งเป็นสองรูปแบบคือ เสาไฟส่องสว่างบริเวณเกาะกลางถนนเป็นเสาไฟถนนติดตั้งดวงโคมหลอดโซเดียมความดันสูง และเสาไฟประดับตกแต่งบริเวณทางเท้าของสะพานมีหัวเสาเป็นรูปเทวดาถือตะเกียง ใช้หลอดคอมแพกต์ฟลูออเรสเซนต์ ไม่มีการออกแบบการส่องสว่างสำหรับประดับตกแต่งหรือส่องเน้นองค์ประกอบอื่นของสะพาน

สะพานที่มีโครงสร้างสะพานส่วนบนแบบโค้ง (arch bridge)

4.16 สะพานรัษฎาภิเศก

4.16.1 ข้อมูลทั่วไป

สะพานรัษฎาภิเศกเป็นสะพานข้ามแม่น้ำวัง เชื่อมแขวงหัวเวียงกับแขวงเหนือเวียง บริเวณตลาดกองต้า ตำบลหัวเวียง อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง ย่านการค้าสำคัญของนครลำปางในสมัยที่การป่าไม้ในภาคเหนือเจริญรุ่งเรือง เดิมสะพานรัษฎาภิเศกเป็นสะพานไม้ ยาว 120 เมตร สร้างขึ้นในสมัยเจ้าบุญวาทย์วงษ์มานิต เจ้าหลวงผู้ครองนครลำปางองค์สุดท้าย เพื่อเฉลิมฉลองโอกาสที่พระบาทสมเด็จพระจุลจอมเกล้าเจ้าอยู่หัวทรงครองสิริราชสมบัติครบ 25 ปี ต่อมาสะพานไม้ดังกล่าวพังลง จึงมีการสร้างสะพานใหม่ทดแทนเป็นสะพานโครงสร้างไม้เสริมเหล็กและผุพังลงตามกาลเวลา จนกระทั่งปี พ.ศ. 2460 มีการสร้างสะพานรัษฎาภิเศกขึ้นใหม่เป็นสะพานคอนกรีต โดยมีวิศวกรชาวเยอรมันเป็นผู้ออกแบบและเป็นที่ปรึกษา พระเจ้าบรมวงศ์เธอ กรมพระ-กำแพงเพชรอัครโยธินเป็นแม่กองควบคุมการก่อสร้าง

โครงสร้างของสะพานใหม่เป็นโครงสร้างแบบโค้งคันศรต่อเนื่อง 4 ช่วง สร้างด้วยคอนกรีตเสริมเหล็ก บริเวณเชิงสะพานมีเสาด้านละ 2 ต้น มีลวดลายปูนปั้นเป็นตราครุฑ ตราไก่ขาวและมาลัย แสดงความมีสัมพันธไมตรีระหว่างกรุงเทพและนครลำปาง

4.16.2 ข้อมูลการออกแบบการส่องสว่าง

สะพานรัษฎาภิเศกเป็นสะพานขนาดเล็ก รูปแบบของการส่องสว่างผิว-การจราจรเป็นเสาสูง ติดตั้งโคมทรงกลมใช้หลอดคอมแพกต์ฟลูออเรสเซนต์ และใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ส่องลงจากคานค้ำยันในแกนนอน (bracing cross girder) และมีการออกแบบการส่องสว่างเพื่อประดับตกแต่งสะพาน โดยใช้ดวงโคมส่องเน้นเฉพาะที่ตามแนวโครง (rib or tie) ของสะพาน ด้วยโคมทรงกระบอกใช้หลอด PAR38 ปากกระบอกโคมมีฟิลเตอร์สีครอบสำหรับย้อมแสงเป็นแสงสีเขียว

4.17 สะพานปรีดี-ธำรง

4.17.1 ข้อมูลทั่วไป

สะพานปรีดี-ธำรงเป็นสะพานข้ามแม่น้ำป่าสักเข้าสู่เกาะเมืองอยุธยาสะพานแรก โดยเป็นส่วนหนึ่งของถนนโรจนะซึ่งเป็นถนนสายหลักของพระนครศรีอยุธยา สร้างแล้วเสร็จในปี พ.ศ. 2486 สะพานแห่งนี้ตั้งตามชื่อนายปรีดี พนมยงค์และ พลตรีหลวงธำรงนาวาสวัสดิ์ ซึ่งเป็นชาวอยุธยา ลักษณะสะพานเป็นสะพานคอนกรีตเสริมเหล็กช่วงกลางสะพานเป็นโครงสร้างอาร์ชแบบโค้งคันศรช่วงเดี่ยว บริเวณเชิงสะพานทั้งสองด้านมีเสาอยู่ฝั่งละสองเสา ปัจจุบันมีการสร้างสะพานสมเด็จพระนเรศวรและสะพานสมเด็จพระเอกาทศรถขนาบข้างเพื่อบรรเทาการจราจรที่เพิ่มมากขึ้น

4.17.2 ข้อมูลการออกแบบการส่องสว่าง

การส่องสว่างผิวทางจราจรเป็นเสาไฟติดตั้งดวงโคมใช้หลอดโซเดียมความ-ดันสูง บริเวณโครงสร้างสะพานส่วนบนมีการใช้ไฟราวประดับตกแต่งสะพานและเสาไฟ มีป้ายไฟประดับตกแต่งในงานเทศกาลสำคัญ

4.18 สะพานเดชาติวงศ์

4.18.1 ข้อมูลทั่วไป

สะพานเดชาติวงศ์เป็นสะพานข้ามแม่น้ำเจ้าพระยาแห่งแรกที่เชื่อมภาคกลางกับภาคเหนือและเป็นส่วนหนึ่งของถนนพหลโยธิน เริ่มก่อสร้างเมื่อปี พ.ศ. 2485 และเปิดใช้งานเมื่อปี พ.ศ. 2493 ตั้งอยู่ในเขตอำเภอเมือง จังหวัดนครสวรรค์ ชื่อ"เดชาติวงศ์" ตั้งขึ้นเพื่อเป็นเกียรติกับหม่อมหลวงกรี เดชาติวงศ์ อธิบดีกรมทางหลวงในขณะนั้น ปัจจุบันสะพานเดชาติวงศ์ได้รับการอนุรักษ์เป็นมรดกทางวัฒนธรรมและใช้เป็นสถานที่จัดงานเทศกาลท้องถิ่น ไม่อนุญาตให้รถยนต์สัญจรผ่าน โดยมีการสร้างสะพานเดชาติวงศ์ 2 และ 3 ขนาบข้างเพื่อใช้ในการสัญจรแทน

ลักษณะโครงสร้างสะพานส่วนบนเป็นโค้งคันศรแบบต่อเนื่อง 4 ช่วงสะพาน มีสลิงยึดในแนวทแยงเพื่อรับน้ำหนักตัวสะพาน

4.18.2 **ข้อมูลการออกแบบการส่องสว่าง**

ปัจจุบันไม่มีการส่องสว่างสะพานเดชาติวงศ์เนื่องจากไม่ได้ใช้เป็นเส้นทางสัญจร แต่มีการออกแบบการส่องสว่างสำหรับประดับตกแต่งสะพานตามโอกาสหรืองานเทศกาล ส่วนมากเป็นไฟราวตกแต่งตามเสาไฟถนนและมีการใช้ดวงโคมส่องเน้นที่โครงสร้างสะพานส่วนบน

สะพานโครงถัก (truss bridge)

4.19 **สะพานพระราม** 6

4.19.1 ข้อมูลทั่วไป

สะพานพระราม 6 เป็นสะพานข้ามแม่น้ำเจ้าพระยาแห่งแรกของประเทศไทย สร้างขึ้นในสมัยรัชกาลพระบาทสมเด็จพระมงกุฎเกล้าเจ้าอยู่หัวเมื่อปี พ.ศ. 2465 ออกแบบโดย บริษัท เล เอตาบริดจ์มองต์ ไตเต ประเทศฝรั่งเศส และเปิดใช้งานเมื่อปี พ.ศ. 2469 ในระยะแรกใช้เป็นเส้นทางรถยนต์และรถไฟระหว่างบริเวณเขตบางซื่อ ฝั่งพระนครและฝั่งอำเภอบางกรวย จังหวัดนนทบุรี ปัจจุบันใช้เป็นเส้นทางรถไฟเพียงอย่างเดียว

โครงสร้างสะพานส่วนบนเป็นโครงถักเหล็ก จำนวน 5 ช่วง ระหว่างสงครามโลกสะพานได้รับความเสียหายบริเวณกลางสะพานจากการทิ้งระเบิด ต่อมามีการซ่อมแซมและเปิดใช้งานอีกครั้งในปี พ.ศ. 2496

4.19.2 ข้อมูลการออกแบบการส่องสว่าง

ปัจจุบันไม่มีการส่องสว่างบริเวณสะพาน

4.20 **สะพานปฐมบรมราชานุสรณ์**

4.20.1 ข้อมูลทั่วไป

สะพานปฐมบรมราชานุสรณ์ หรือสะพานพุทธยอดฟ้าสร้างขึ้นในปี พ.ศ. 2475 ในโอกาสฉลองพระนครครบ 150 ปี เป็นสะพานข้ามแม่น้ำเจ้าพระยาลำดับที่ 2 ถัดจากสะพานพระราม 6 โดยเชื่อมกรุงเทพทั้งสองฝั่งเข้าด้วยกัน บริเวณถนนตรีเพชรฝั่งพระนครกับถนนประชาธิปปกฝั่งธนบุรี

โครงสร้างสะพานส่วนบนเป็นโครงถักเหล็กทั้งหมด 3 ช่วง ช่วงกลางสะพานสามารถเปิดปิดให้เรือลอดผ่านได้ ผู้ออกแบบสะพานคือ บริษัทดอรแมนลอง ประเทศอังกฤษ โดยมีพระเจ้าบรมวงศ์เธอกรมพระกำแพงเพชรอัครโยธิน ทรงอำนวยการก่อสร้าง

บริเวณหัวสะพานทั้งสองด้านมีเสาสูงจารึกประวัติการสร้างสะพาน เป็นศิลปะแบบนีโอคลาสสิกประยุกต์และบริเวณเชิงลาดสะพานฝั่งพระนคร เป็นที่ประดิษฐานพระบรมราชานุสาวรีย์พระบาทสมเด็จพระพุทธยอดฟ้าจุฬาโลกมหาราช ทรงเครื่องขัตติยาภรณ์ประทับเหนือพระราชบัลลังก์หล่อสำริด ซึ่งออกแบบโดยสมเด็จพระเจ้าบรมวงศ์เธอกรมพระยานริศรานุวัติวงศ์ บริเวณโดยรอบพระบรมราชานุสาวรีย์เป็นลานสาธารณะให้ประชาชาชนทำกิจกรรม

4.20.2 ข้อมูลการออกแบบการส่องสว่าง

รูปแบบของดวงโคมที่ใช้ในการส่องสว่างผิวการจราจรเป็นเสาไฟถนนสูงใช้ดวงโคมหลอดโซเดียมความดันสูง บริเวณฐานตอม่อสะพานมีการใช้ดวงโคมส่องสว่างเพื่อป้องกันเรืออุบัติเหตุจากการจราจรทางน้ำ

สะพานมีการออกแบบการส่องสว่างสำหรับประดับตกแต่งบริเวณโครงสร้างส่วนบนโดยใช้ดวงโคมส่องเน้น ติดตั้งบริเวณมุมบนของโครงถักด้านนอก และดวงโคมส่องเน้นบริเวณเสาหัวสะพานด้วยเทคนิคส่องขึ้น

ในช่วงที่มีเทศกาลหรืองานสำคัญมีการประดับตกแต่งสะพานด้วยดวงโคมหลอดแอลอีดีเปลี่ยนสีได้ที่โครงถักสะพานให้เกิดภาพต่างๆ ใช้ดวงโคมส่องเน้นด้วยหลอดแอลอีดีเปลี่ยนสีได้ที่เสาหัวสะพานด้วยเทคนิคการส่องขึ้น และมีการส่องสว่างจากภายในยอดเสาหัวสะพานซึ่งเป็นช่องกระจกฝ้าอีกด้วย

4.21 สะพานข้ามแม่น้ำแคว

4.21.1 ข้อมูลทั่วไป

สะพานข้ามแม่น้ำแควหรือสะพานท่ามะขามตั้งอยู่ในจังหวัดกาญจนบุรี เป็นส่วนหนึ่งของทางรถไฟสายมรณะ ซึ่งสร้างขึ้นในสมัยสงครามโลกครั้งที่ 2 โดยกองทัพญี่ปุ่น เพื่อลำเลียงเสบียงและอาวุธไปยังฝั่งทะเลอันดามันในประเทศพม่า ระหว่างสงครามโลกโดนทิ้งระเบิดจนได้รับความเสียหายบางส่วน รัฐบาลไทยได้ทำการซ่อมแซมสะพานจนใช้การได้เหมือนเดิมในปี พ.ศ. 2489 ปัจจุบันเป็นส่วนหนึ่งของเส้นทางรถไฟสายธนบุรี-น้ำตกไทรโยค

โครงสร้างสะพานส่วนบนเป็นโครงถักเหล็กเป็นรูปโค้ง เว้นแต่ส่วนที่ได้รับความเสียหายเป็นโครงถักเหล็กรูปสี่เหลี่ยมคางหมู

4.21.2 ข้อมูลการออกแบบการส่องสว่าง

ช่วงปลายเดือนพฤศจิกายนถึงต้นเดือนธันวาคม มีเทศกาลงานสัปดาห์สะพานข้ามแม่น้ำแคว มีการจัดแสดงแสงสี และมีการออกแบบการส่องสว่างสำหรับ

ประดับตกแต่งสะพาน โดยแต่ละปีจะมีรูปแบบแตกต่างกันออกไป ปัจจุบันเป็นการใช้ดวงโคมแอลอีดีย้อมสีสะพานบริเวณโครงสร้างสะพานส่วนบนและตอม่อเป็นสีต่างๆ

4.22 สะพานกรุงธน

4.22.1 ข้อมูลทั่วไป

สะพานกรุงธน หรือสะพานซางฮี้เป็นสะพานข้ามแม่น้ำเจ้าพระยาบริเวณถนนราชวิถี เขตดุสิต ฝั่งพระนครกับถนนสิรินธร เขตบางพลัด ฝั่งธนบุรี เริ่มก่อสร้างเมื่อปี พ.ศ. 2501 โดยบริษัท ฟูจิคาร์ แมนูแฟกเจอริง จำกัด ประเทศญี่ปุ่น เปิดใช้งานเมื่อปี พ.ศ. 2501 โครงสร้างสะพานส่วนบนเป็นสะพานโครงถักเหล็กชนิดปิดตาย 6 ช่วงสะพาน มีช่องจราจรสำหรับรถยนต์และทางเท้าสองฝั่ง บริเวณเชิงสะพานทั้งสองฝั่ง มีเสาหัวสะพานติดแผ่นป้ายจารึกชื่อสะพานและปีที่ก่อสร้างทั้งสองฝั่ง ลักษณะเสาเป็นเสาย่อมุม ส่วนยอดเป็นซุ้มจตุรทิศ ตรงกลางเป็นช่องกระจกฝ้าสำหรับติดตั้งดวงโคมภายในซุ้ม

4.22.2 ข้อมูลการออกแบบการส่องสว่าง

การส่องสว่างผิวจราจรใช้หลอดโซเดียมความดันสูง ติดตั้งกับโครงเหล็กด้านข้างในลักษณะของไฟกิ่ง และมีการส่องสว่างบริเวณตอม่อสะพานเพื่อป้องกันอุบัติเหตุในเวลากลางคืน สะพานมีการออกแบบการส่องสว่างสำหรับประดับตกแต่งสะพานบริเวณโครงถัก และมีดวงโคมส่องเน้นเฉพาะที่ ติดตั้งบริเวณมุมบนของโครงถักด้านนอก

4.23 สะพานกรุงเทพ

4.23.1 ข้อมูลทั่วไป

สะพานกรุงเทพเป็นสะพานข้ามแม่น้ำเจ้าพระยาลำดับที่ 3 เพื่อเชื่อมแม่น้ำเจ้าพระยาบริเวณถนนพระราม 3 เขตบางคอแหลมฝั่งพระนครกับถนนมไหสวรรย์ ฝั่งธนบุรี ก่อสร้างเมื่อปี พ.ศ. 2497 โดย บริษัทฟูจิคาร์แมกนูแฟกเจอริง จำกัด ประเทศญี่ปุ่น และเปิดใช้งานเมื่อปี พ.ศ. 2497

โครงสร้างสะพานส่วนบนเป็นโครงถักเหล็กชนิดเปิดปิดได้เช่นเดียวกับสะพานปฐมบรมราชานุสรณ์ เพื่อให้เรือสินค้าขนาดใหญ่สามารถแล่นเข้าออก เชิงสะพานสองฝั่งมีเสาหัวสะพานติดแผ่นป้ายจารึกชื่อสะพานและปีที่ก่อสร้างทั้งสองฝั่ง ลักษณะเสาเป็นเสาย่อมุม ส่วนยอดเป็นซุ้มจตุรทิศตรงกลางเป็นช่องกระจกฝ้าสำหรับติดตั้งดวงโคมภายในซุ้มรูปแบบเดียวกับสะพานกรุงธน

4.23.2 ข้อมูลการออกแบบการส่องสว่าง

การส่องสว่างผิวจราจรใช้หลอดโซเดียมความดันสูง ติดตั้งกับโครงเหล็กด้านข้างในลักษณะของไฟกิ่ง และมีการส่องสว่างบริเวณตอม่อสะพานเพื่อป้องกันอุบัติเหตุในเวลากลางคืน สะพานมีการออกแบบสำหรับประดับตกแต่งสะพานบริเวณโครงถักเป็นดวงโคมส่องเน้นเฉพาะที่ ติดตั้งบริเวณมุมบนของโครงถักด้านนอก

4.24 สะพานนนทบุรี

4.24.1 ข้อมูลทั่วไป

สะพานนนทบุรีเป็นสะพานข้ามแม่น้ำเจ้าพระยาแห่งแรกในเขตจังหวัดนนทบุรี เชื่อมอำเภอปากเกร็ด จังหวัดนนทบุรีกับอำเภอเมือง จังหวัดปทุมธานี เริ่มก่อสร้างเมื่อปี พ.ศ. 2497 โดยบริษัทฟูจิคาร์ แมนูแฟกเจอริง จำกัด ประเทศญี่ปุ่น และเปิดใช้งาน

เมื่อปี พ.ศ. 2502 โครงสร้างสะพานส่วนบนเป็นโครงเหล็กถักชนิดปิดตายช่วงต่อเนื่องจำนวน 4 ช่วง

ชาวบ้านนิยมเรียกสะพานนนทบุรีว่า สะพานนวลฉวี เนื่องจากเป็นสถานที่พบศพพยาบาลชื่อ นวลฉวี เพชรรุ่ง ในคดีฆาตกรรมเมื่อปี พ.ศ. 2502

4.24.2 ข้อมูลการออกแบบการส่องสว่าง

การส่องสว่างผิวจราจรใช้หลอดโซเดียมความดันสูง ติดตั้งกับโครงเหล็กด้านข้างในลักษณะของไฟกิ่ง ไม่มีมีการให้แสงสว่างบริเวณตอม่อสะพานเพื่อความปลอดภัยสำหรับการจราจรทางน้ำ และไม่มีการออกแบบการส่องสว่างสำหรับประดับตกแต่งสะพาน

4.25 สะพานดำ เมืองเชียงใหม่

4.25.1 ข้อมูลทั่วไป

สะพานดำเป็นสะพานเหล็กข้ามแม่น้ำปิงในเขตเมืองเชียงใหม่ สร้างเลียนแบบสะพานนวรัฐเดิมที่เป็นเหล็กซึ่งถูกรื้อลงและสร้างทดแทนด้วยสะพานคอนกรีต จึงมีการสร้างสะพานเหล็กใหม่ทางด้านทิศเหนือของสะพานเดิม ตั้งอยู่ปลายถนนลอยเคราะห์ ตรงข้ามสำนักงานการท่องเที่ยวแห่งประเทศไทย จังหวัดเชียงใหม่ สันนิษฐานว่าสร้างหลังปี พ.ศ. 2512

ลักษณะโครงสร้างสะพานส่วนบนเป็นสะพานโครงถักเหล็กปิดตายแบบต่อเนื่องจำนวน 5 ช่วงสะพาน ชาวเมืองเชียงใหม่เรียกสะพานนี้ว่าสะพานดำ เริ่มเป็นที่รู้จักจากแพร่หลายการถ่ายภาพยนตร์เรื่องเพื่อนสนิท

4.25.2 ข้อมูลการออกแบบการส่องสว่าง

การส่องสว่างผิวจราจรใช้ดวงโคมหลอดเมทัลฮาไลด์ ส่องลงจากคานยึดด้านบนของโครงถัก และมีการใช้ดวงโคมสาดส่องตอม่อสะพานจากราวสะพานเป็นดวงโคมหลอดเมทัลฮาไลด์ เช่นเดียวกัน

สะพานขึง (cable stayed bridge)

4.26 **สะพานพระราม** 9

4.26.1 ข้อมูลทั่วไป

สะพานพระราม 9 เป็นสะพานขึงแห่งแรกของประเทศไทย ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของทางด่วนเฉลิมมหานคร สายท่าเรือ-ดาวคะนอง ก่อสร้างเมื่อปี พ.ศ. 2527 โดยกิจการร่วมค้าฮิตาชิ โซน โซน คอร์ปอเรชั่น โตเกียว คอนสตรัคชั่นและ โกบี สตีล จำกัด เปิดใช้งานเมื่อปี พ.ศ. 2530 ตรงกับวโรกาสเฉลิมพระชนมพรรษาครบ 60 ปีของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวภูมิพลอดุลยเดช ตัวสะพานเชื่อมถนนรัชดาภิเษกและทางด่วนบริเวณเขตยานนาวา ฝั่งพระนครกับดาวคะนอง เขตราษฎร์บูรณะ ฝั่งธนบุรี

โครงสะพานเป็นสะพานขึงระนาบเดี่ยว (single plane fan type) ยึดเคเบิลกับเสาหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้าสูง 87 เมตร ตัวสะพานเป็นคานเหล็กรูปกล่อง (box girder)

4.26.2 ข้อมูลการออกแบบการส่องสว่าง

การส่องสว่างผิวทางสะพานพระราม 9 เป็นเสาไฟถนนติดตั้งดวงโคมหลอดโซเดียมความดันสูง และการส่องสว่างตอม่อสะพานเพื่อป้องกันอุบัติเหตุในเวลากลางคืนด้วยดวงโคมหลอดเมทัลฮาไลด์

การออกแบบการส่องสว่างสำหรับประดับตกแต่งสะพานเปลี่ยนแปลงไปตามช่วงเวลาต่างๆ ในระยะแรกเป็นการประดับไฟราวตามแนวเคเบิลบางส่วน โดยส่วนเน้นโครงกรอบ เพื่อให้เกิดการรับรู้ระนาบของรูปร่าง ในปัจจุบันใช้เทคนิคการส่องเน้นเฉพาะจุดบริเวณเสาขึง และมีการใช้ดวงโคมส่องเน้นบริเวณระนาบของเคเบิล ทำให้มองเห็นระนาบของเคเบิลและรูปทรงของเสาขึงชัดเจน

4.27 **สะพานพะราม** 8

4.27.1 ข้อมูลทั่วไป

สะพานพระราม 8 เป็นสะพานขึงขนาดใหญ่ในเขตกรุงเทพชั้นใน สร้างขึ้นเพื่อบรรเทาปัญหาการจราจรติดขัดบริเวณสะพานสมเด็จพระปิ่นเกล้าและบริเวณใกล้เคียง

ตามแนวพระราชดำริ โดยทำการเชื่อมปลายถนนวิสุทธิกษัตริย์ ใกล้ธนาคารแห่งประเทศไทย บางขุนพรมกับบริเวณโรงงานสุราบางยี่ขันเดิม เขตบางพลัด บริเวณเชิงสะพานฝั่งธนบุรีมีการสร้างพระบรมราชานุสาวรีย์รัชกาลที่ 8 และสวนธารณะ สะพานพระราม 8 เปิดใช้งานเมื่อปี พ.ศ. 2545

ลักษณะของสะพานพระราม 8 เป็นสะพานขึงแบบอสมมาตร มีเสาขึง (pylon) เสาเดียวบนฝั่งธนบุรี และเสารับน้ำหนักอีกต้นฝั่งพระนคร ไม่มีตอม่ออยู่กลางแม่น้ำเจ้าพระยา เสาสูงเป็นสามเหลี่ยมหรือรูปเพชรประยุกต์ (delta or modified diamond) สูง 157.45 เมตร ด้านบนมีจุดชมเมืองเป็นรูปทรงคล้ายดอกบัวตูมสีเหลืองทอง ตัวสะพานเป็นพื้นคอนกรีตสำเร็จวางบนโครงเหล็ก เชิงสะพานทั้งสองฝั่งมีเสาอยู่ยอดเสาเป็นพานพุ่มสีเหลืองทอง

4.27.2 ข้อมูลการออกแบบการส่องสว่าง

การส่องสว่างผิวการจราจรใช้เสาไฟถนนติดตั้งดวงโคมหลอดโซเดียมความดันสูง มีการออกแบบการส่องสว่างสำหรับประดับตกแต่งสะพาน ด้วยการใช้ไฟส่องเน้นระนาบของเคเบิล และส่องเน้นเสาขึง (pylon) การให้แสงเสาขึงรูปตัวเอเป็นการเน้นช่องว่างระหว่างเสาขึงรูปสามเหลี่ยมหรือรูปเพชรประยุกต์ ด้วยการส่องไฟขึ้นไปตามความสูงของเสา เป็นการจำลองมโนภาพของพระพุทธรูปที่ประดิษฐานบนกลีบบัว และยังให้ความรู้สึกถึงการเป็นประตูทางผ่านสู่อีกฝั่งด้วย ดวงโคมที่ใช้เป็นดวงโคมส่องเน้นเสาด้านใน

การส่องสว่างแนวเคเบิล เป็นการส่องสว่างตามแนวเคเบิล ให้แผ่เป็นรัศมีสะท้อนออกมา เพื่อให้เกิดมโนภาพของรัศมีรอบเศียรของพระพุทธรูปและยังเป็นการแสดงโครงร่างของสะพานให้ชัดเจนขึ้นในเวลากลางคืน ส่วนโครงโลหะที่ยอดเสาซึ่งอุปมาอุปไมยว่าเป็นทรงดอกบัวตูม ใช้การสาดไฟสีเหลืองทองส่องขึ้นเพื่อเน้นรูปทรงดอกบัวให้เกิดความมระยิบระยับ บริเวณพานพุ่มที่หัวสะพานใช้ดวงโคมส่องเน้นส่องขึ้น (พรรณชลัท สุริโยธิน, 2555)

4.28 สะพานภูมิพล

4.28.1 ข้อมูลทั่วไป

สะพานภูมิพลหรือสะพานวงแหวนอุตสาหกรรมเป็นสะพานข้ามแม่น้ำเจ้าพระยา สร้างขึ้นเพื่อรองรับการขนถ่ายสินค้าจากท่าเรือคลองเตยกับโรงงานในจังหวัดสมุทรปราการและเป็นเส้นทางคมนาคมขนส่งสินค้าจากภาคตะวันออกไปยังภาคใต้ โดยไม่ต้องวิ่งผ่านกลางเมือง บริเวณตำบลบางกระเจ้า สามารถช่วยลดระยะเวลาการเดินทางได้ สะพานภูมิพลเริ่มก่อสร้างเมื่อปี พ.ศ. 2539 เปิดใช้งานเมื่อปี

พ.ศ. 2549 เป็นสะพานขึงแบบสมมาตร มีเสาขึงรับเคเบิลจำนวน 4 เสา เป็นรูปสามเหลี่ยมหรือรูปเพชรประยุกต์ (delta or modified diamond)

ตัวสะพานแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนแรกเชื่อมระหว่างเขตยานนาวา กรุงเทพกับตำบลทรงคะนอง อำเภอพระประแดง จังหวัดสมุทรปราการ เรียกว่า สะพานภูมิพล 1 ส่วนที่ 2 เชื่อมตำบลทรงคะนองกับตำบลหญ้าแพรก อำเภอพระประแดง จังหวัดสมุทรปราการ เรียกว่าสะพานภูมิพล 2

4.28.2 ข้อมูลการออกแบบการส่องสว่าง

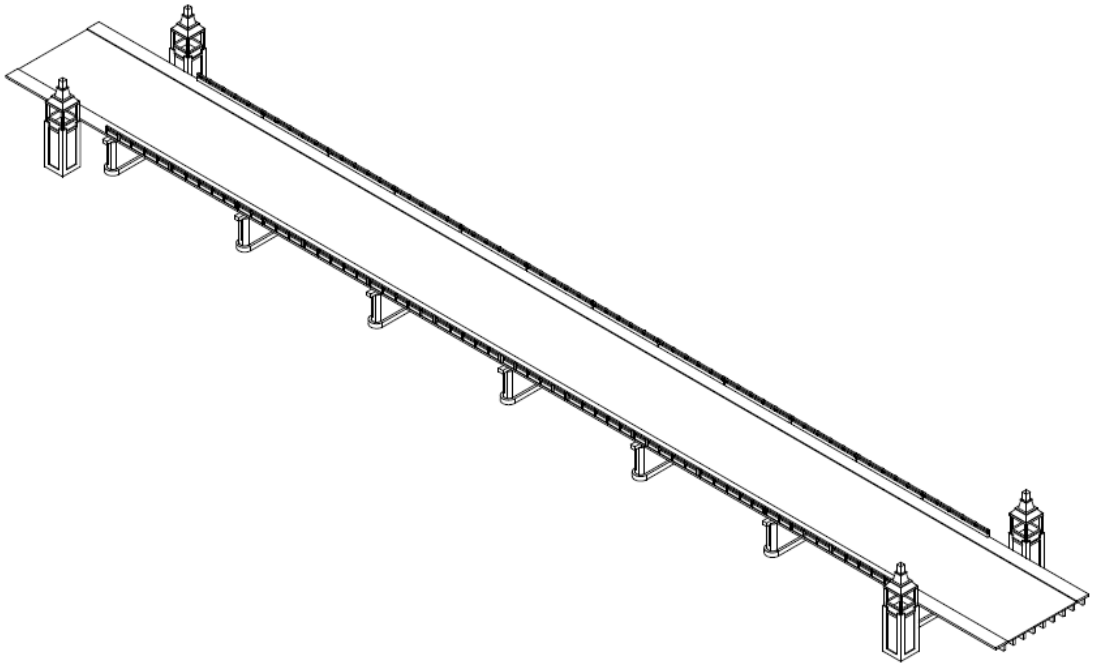
การส่องสว่างผิวการจราจรใช้เสาไฟถนนติดตั้งดวงโคมหลอดโซเดียมความดันสูง มีการออกแบบการส่องสว่างสำหรับประดับตกแต่งสะพานด้วยการส่องเน้นเสาขึงของสะพานด้วยดวงโคมหลอดแอลอีดีชนิดเปลี่ยนสีได้บริเวณผิวด้านนอก ส่วนดวงโคมด้านในเป็นดวงโคมส่องเน้นใช้หลอดเมทัลฮาไลด์ บนยอดของเสาขึงมีการติดตั้งไฟส่องเน้นเหมือนประภาคาร ส่วนท้องสะพานใช้ไฟส่องเน้นเป็นหลอดแอลอีดีเปลี่ยนสีได้

4.29 สะพานกาญจนาภิเษก

4.29.1 ข้อมูลทั่วไป

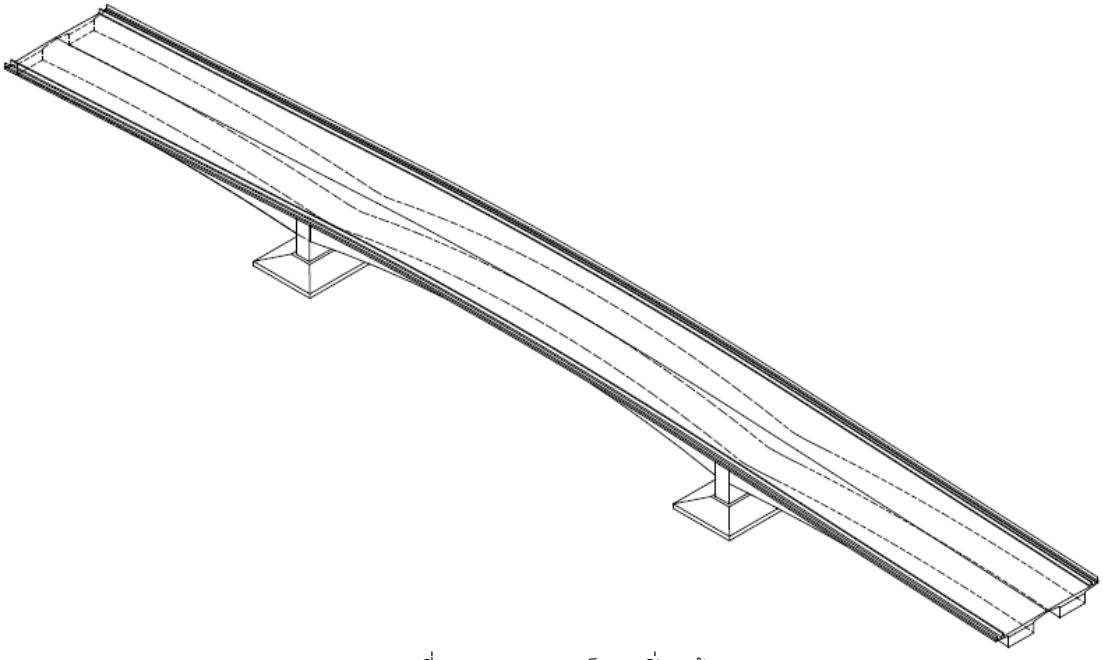
สะพานกาญจนาภิเษกเป็นส่วนหนึ่งของทางพิเศษสายบางพลี-สุขสวัสดิ์ ซึ่งเป็นถนนวงแหวนด้านทิศใต้ ตั้งอยู่ในเขต อำเภอพระประแดง จังหวัดสมุทรปราการ ซึ่งเป็นสะพานที่อยู่ท้ายน้ำใกล้กับปากอ่าวไทยมากที่สุด เชื่อมเส้นทางจากภาคใต้กับภาคตะวันออก ช่วยอำนวยความสะดวกและบรรเทาการจราจรบริเวณถนนสุขุมวิท ถนนศรีนครินทร์ ถนนสุขสวัสดิ์ ถนนเทพารักษ์และถนนพระราม2 ก่อสร้างในปี พ.ศ. 2547 โดยบริษัท ช.การช่าง จำกัด (มหาชน) เปิดใช้งานเมื่อปี พ.ศ. 2550 ชื่อสะพานกาญจนาภิเษกเป็นชื่อพระราชทานจากพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวภูมิพลอดุลยเดช

โครงสร้างสะพานเป็นโครงขึง มีเสาขึงรูปตัวอักษรเอ (A) สองเสาตั้งอยู่บนฝั่งแม่น้ำทั้งสองด้านเพื่อช่วยอำนวยความสะดวกในเรื่องการจราจรทางน้ำที่คับคั่ง ตัวสะพานเป็นคานเหล็กเชิงประกอบ (composite section steel)



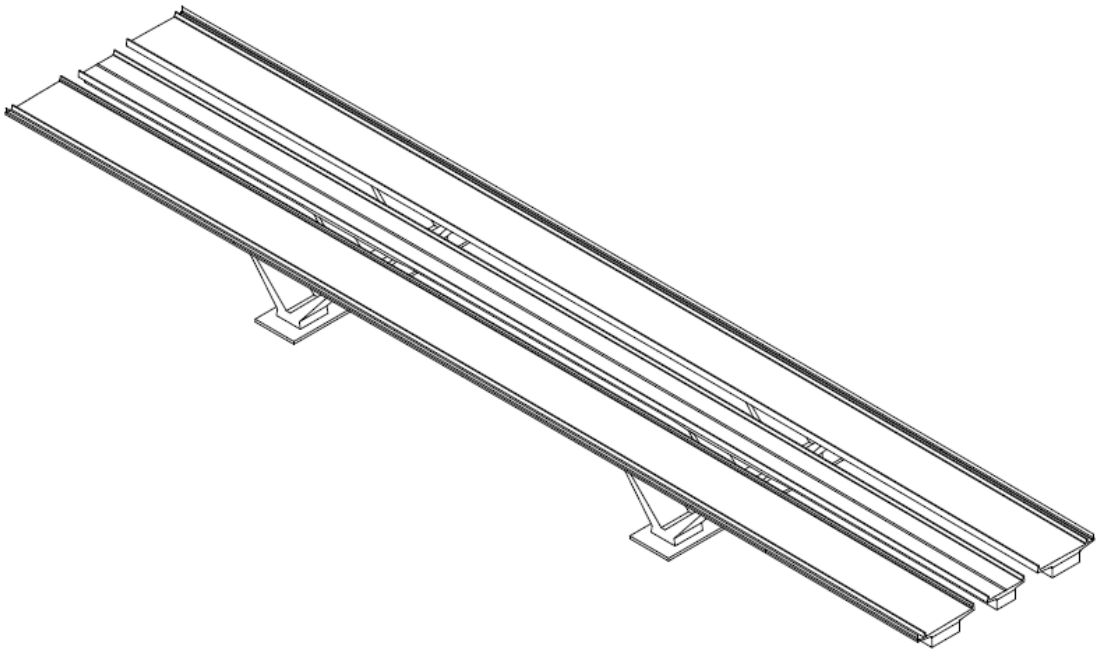
ภาพที่ 4.1 สะพานนวรัฐ

ที่มา: ผู้วิจัย

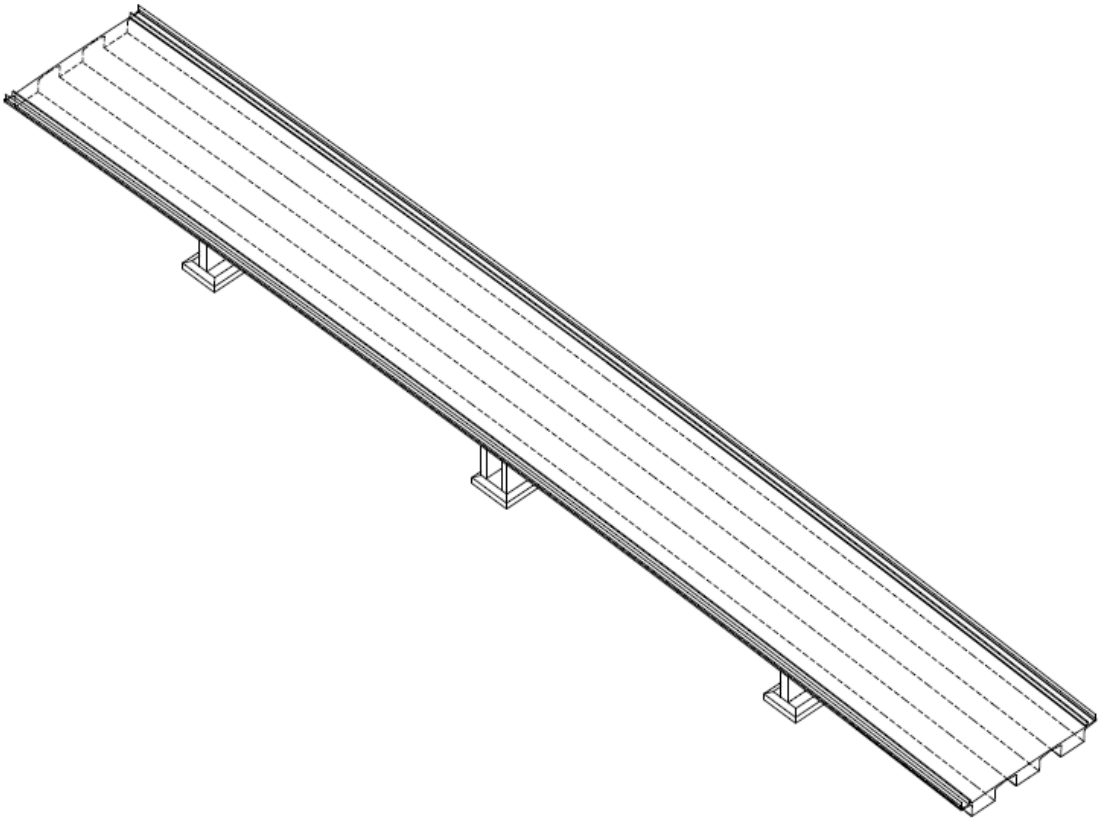


ภาพที่ 4.2 สะพานสมเด็จพระปิ่นเกล้า

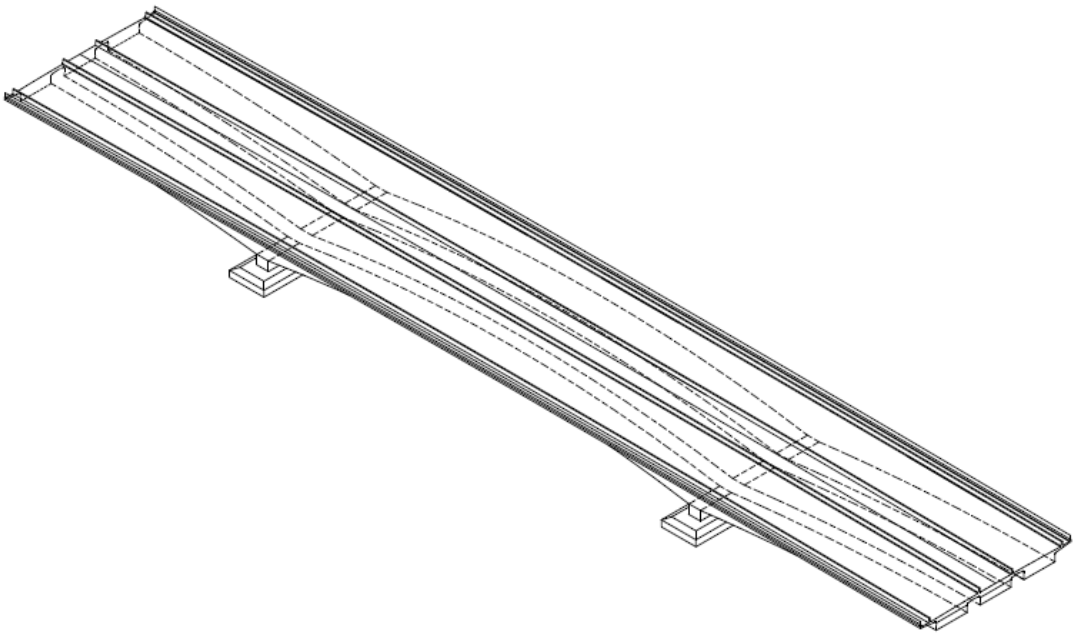
ที่มา: ผู้วิจัย



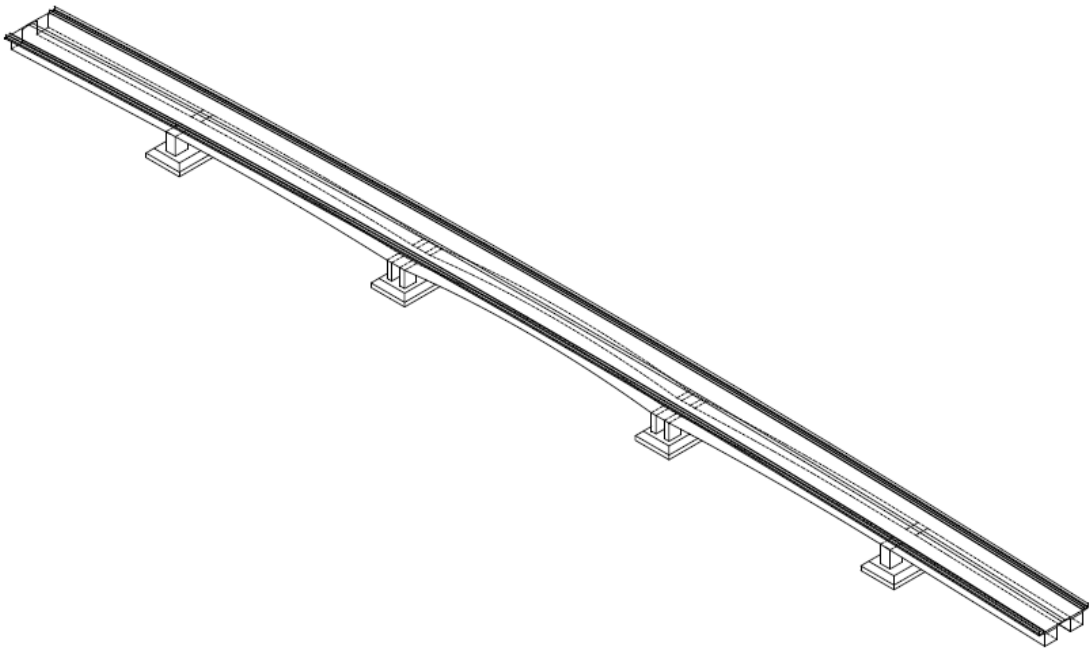
ภาพที่ 4.3 สะพานสมเด็จพระเจ้าตากสิน
ที่มา: ผู้วิจัย



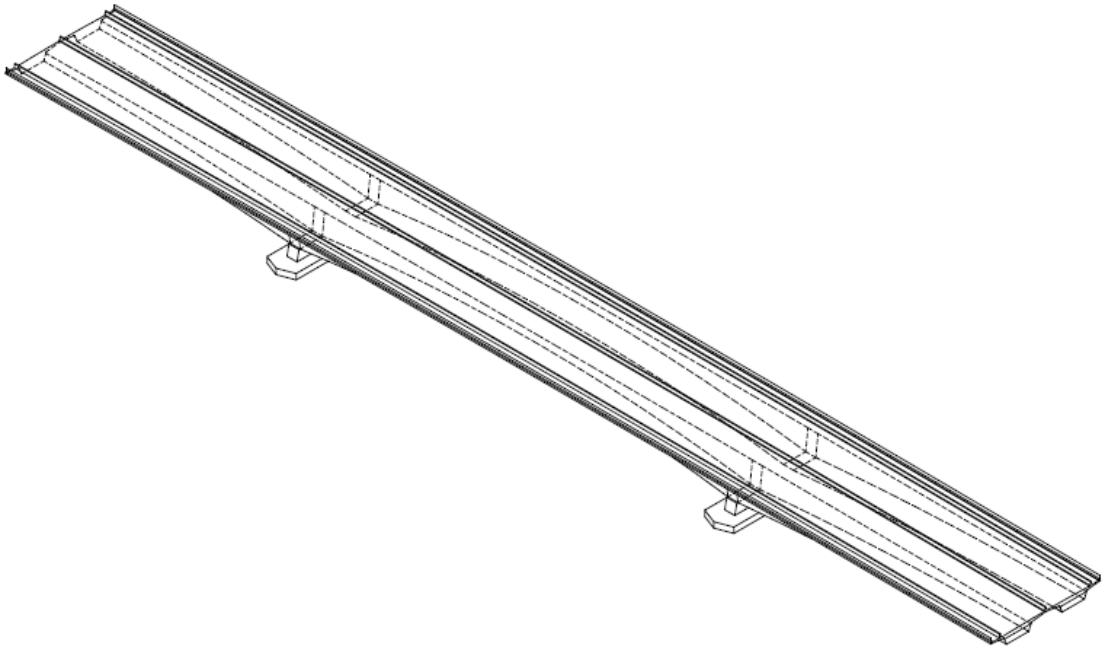
ภาพที่ 4.4 สะพานปทุมธานี
ที่มา: ผู้วิจัย



ภาพที่ 4.5 สะพานพระปกเกล้า
ที่มา: ผู้วิจัย

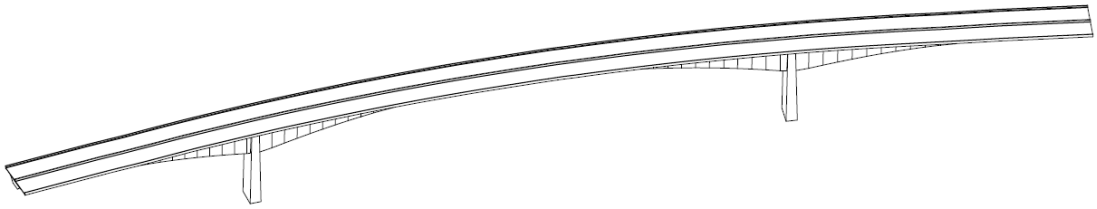


ภาพที่ 4.6 สะพานพระนั่งเกล้า
ที่มา: ผู้วิจัย



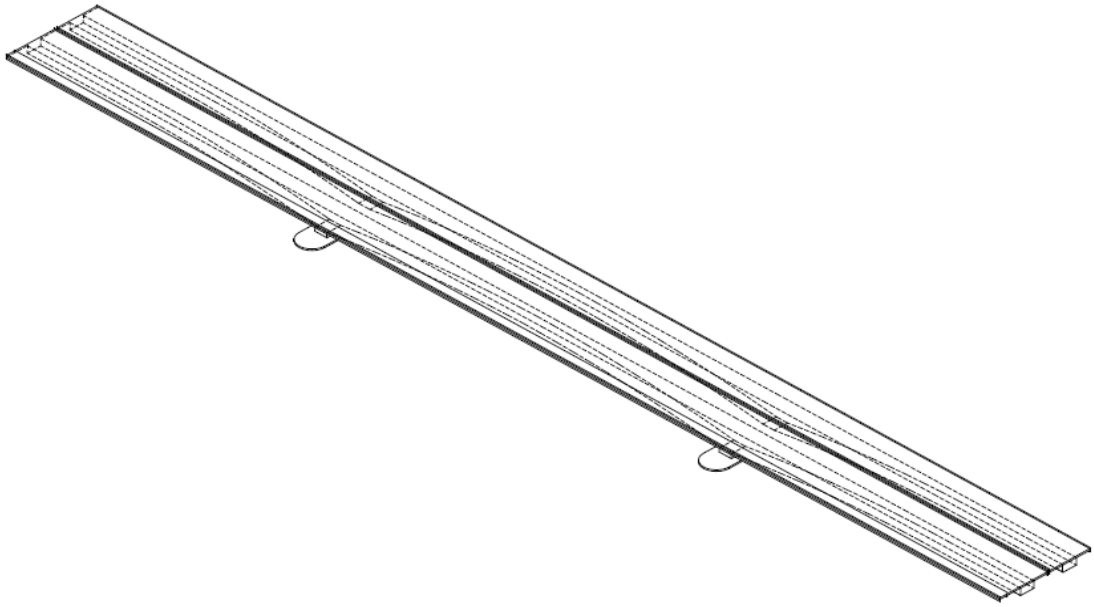
ภาพที่ 4.7 สะพานพระราม 7

ที่มา: ผู้วิจัย



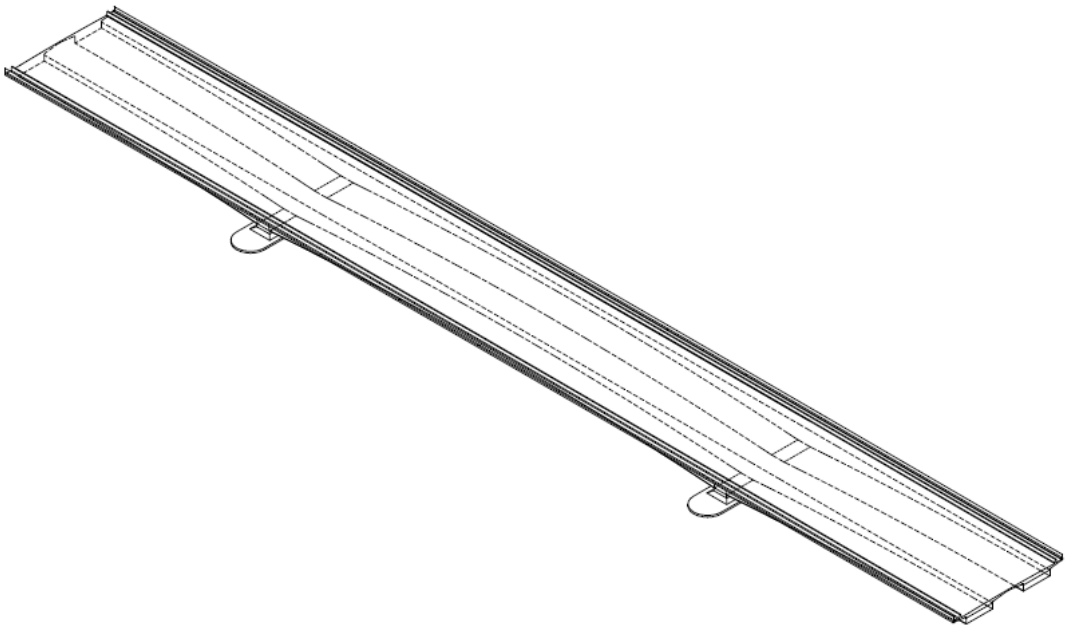
ภาพที่ 4.8 สะพานพระราม 3

ที่มา: ผู้วิจัย

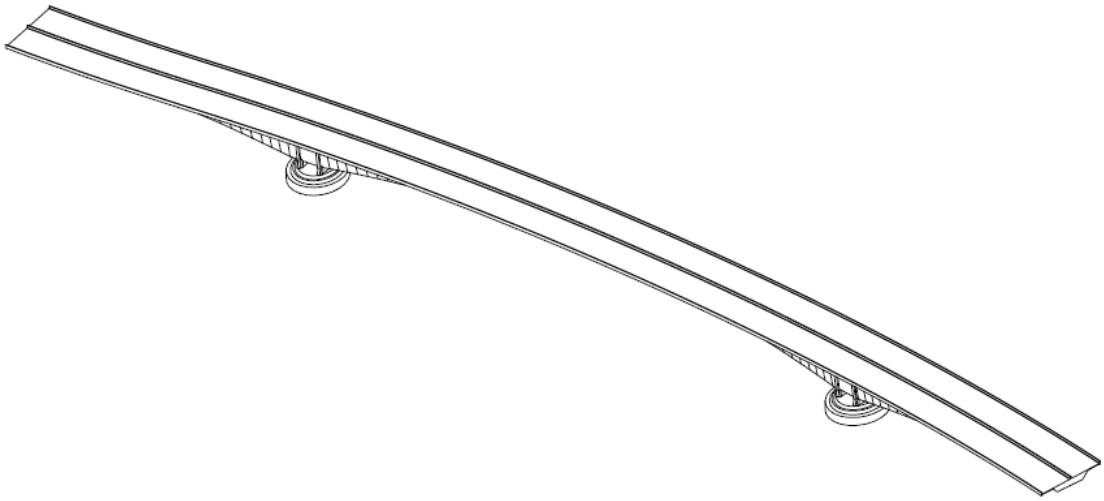


ภาพที่ 4.9 สะพานพระราม 5

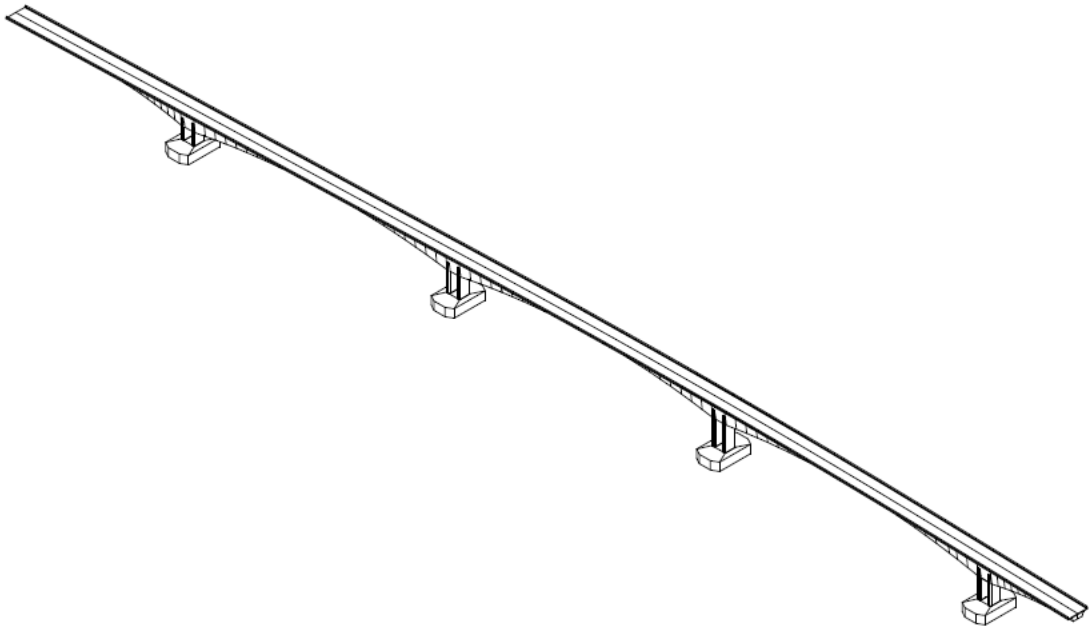
ที่มา: ผู้วิจัย



ภาพที่ 4.10 สะพานพระราม 4
ที่มา: ผู้วิจัย

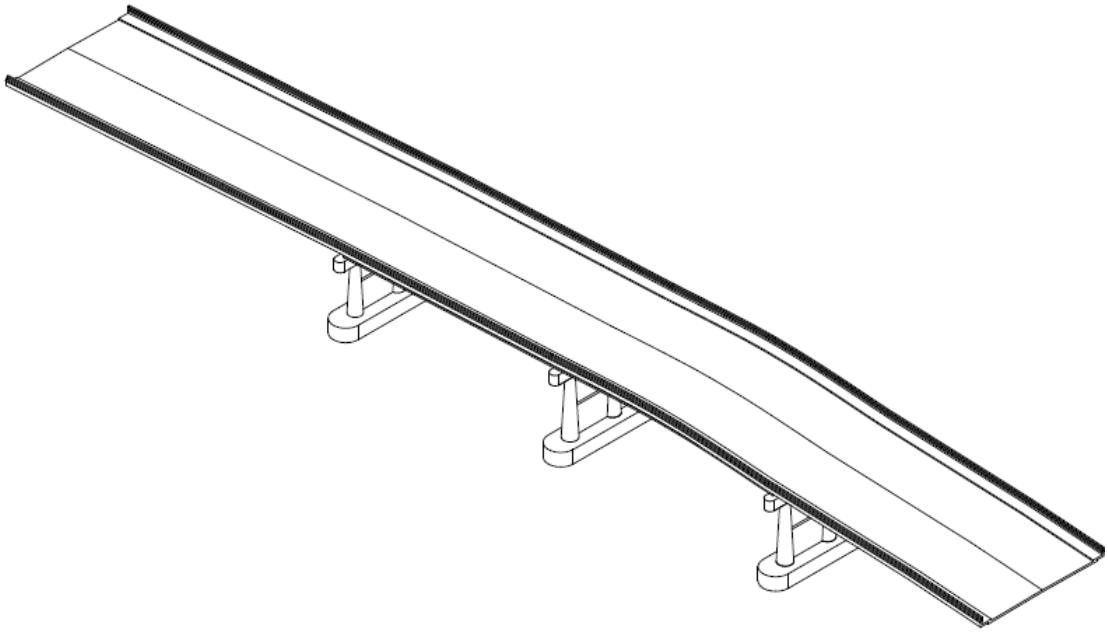


ภาพที่ 4.11 สะพานคู่ขนานพระนั่งเกล้า
ที่มา: ผู้วิจัย



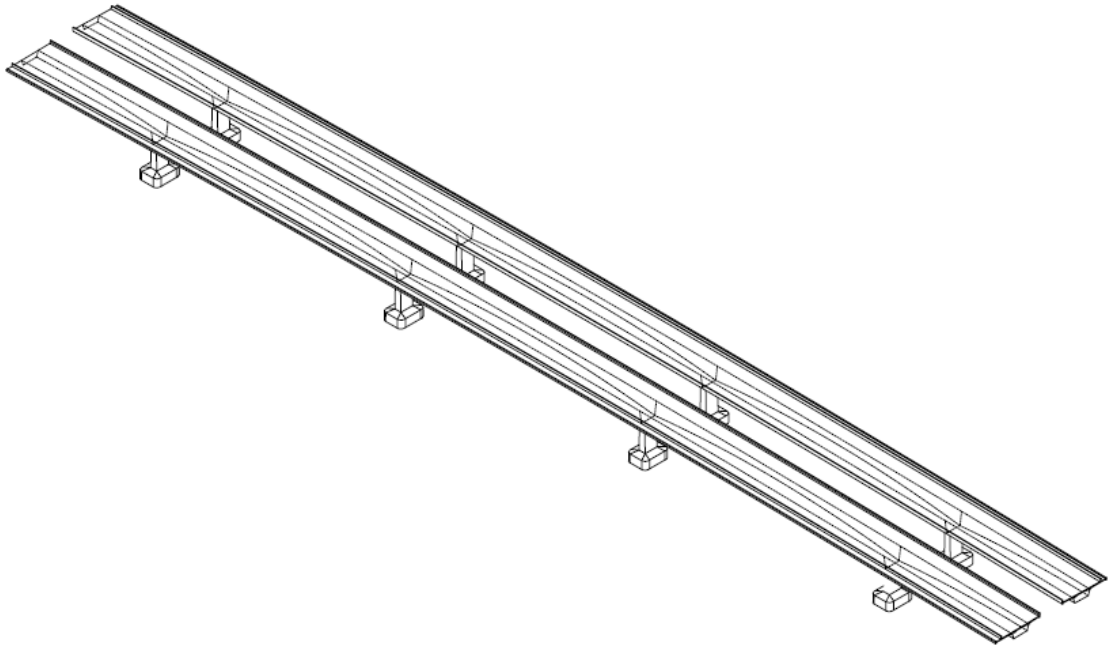
ภาพที่ 4.12 สะพานมิตรภาพ 3

ที่มา: ผู้วิจัย



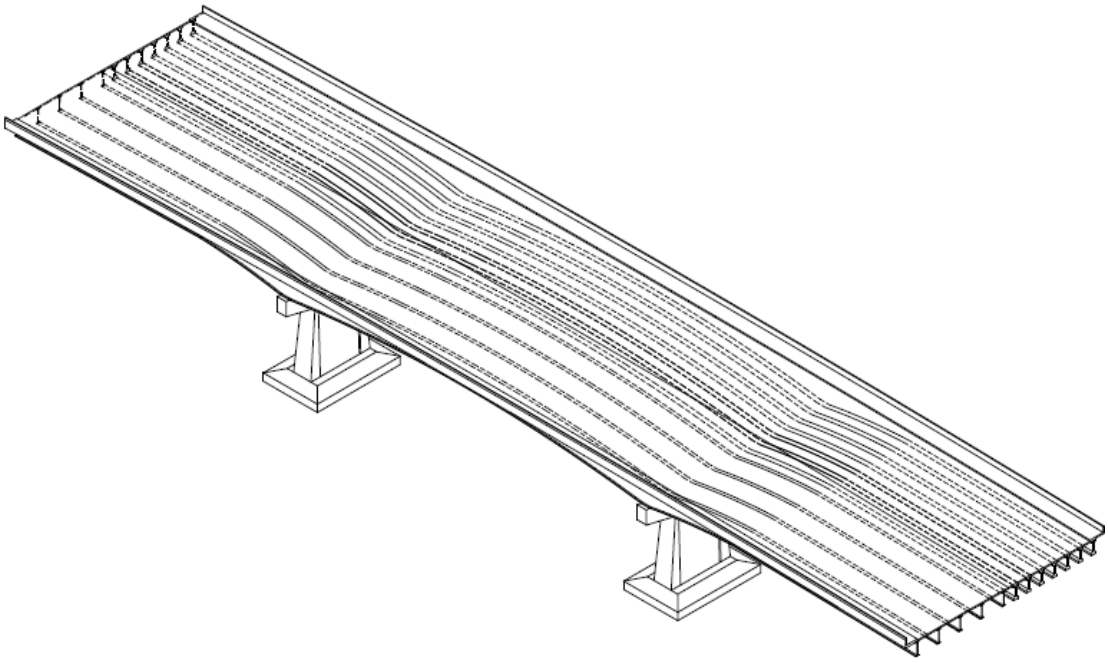
ภาพที่ 4.13 สะพานกษัตราธิราช

ที่มา: ผู้วิจัย



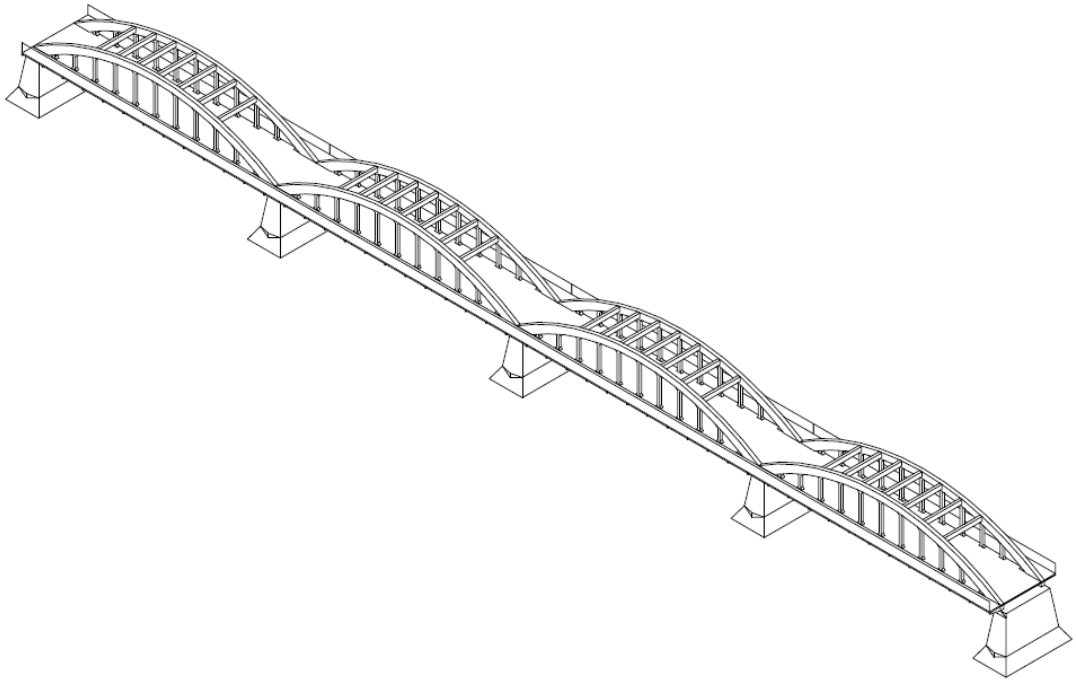
ภาพที่ 4.14 สะพานตาปี

ที่มา: ผู้วิจัย

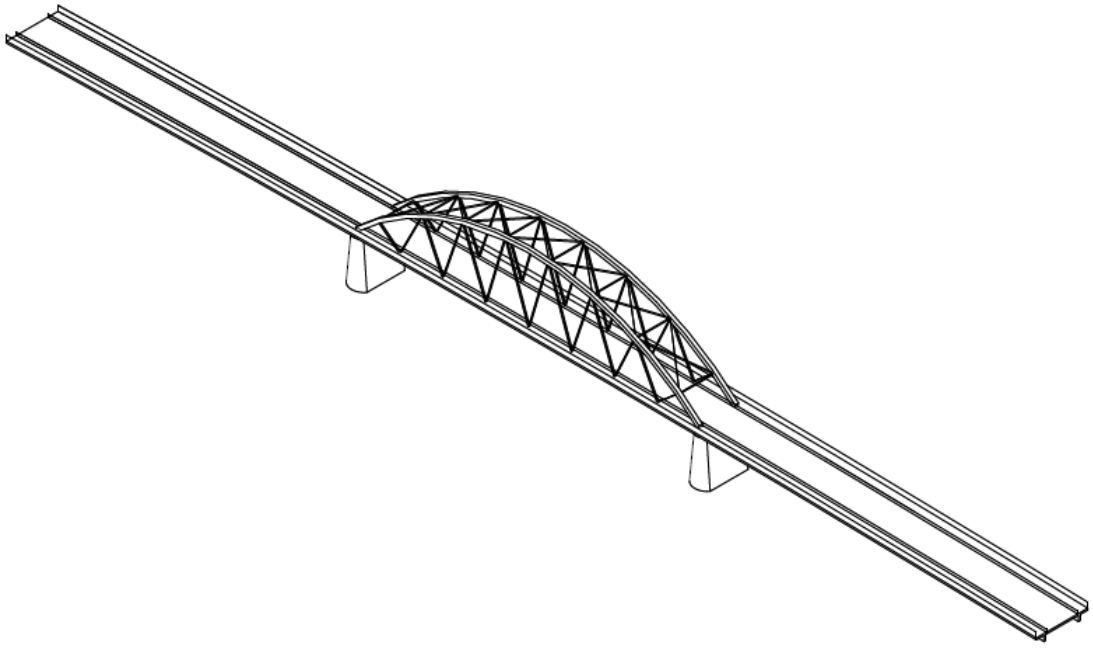


ภาพที่ 4.15 สะพานนเรศวร

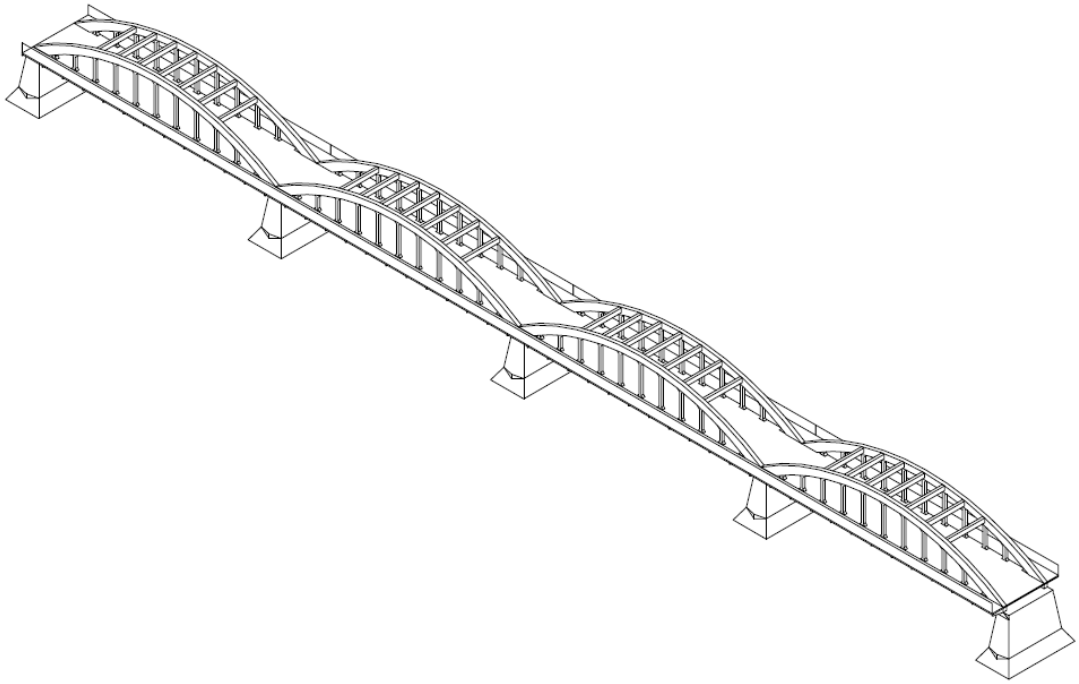
ที่มา: ผู้วิจัย



ภาพที่ 4.16 สะพานรัษฎาภิเศก
ที่มา: ผู้วิจัย

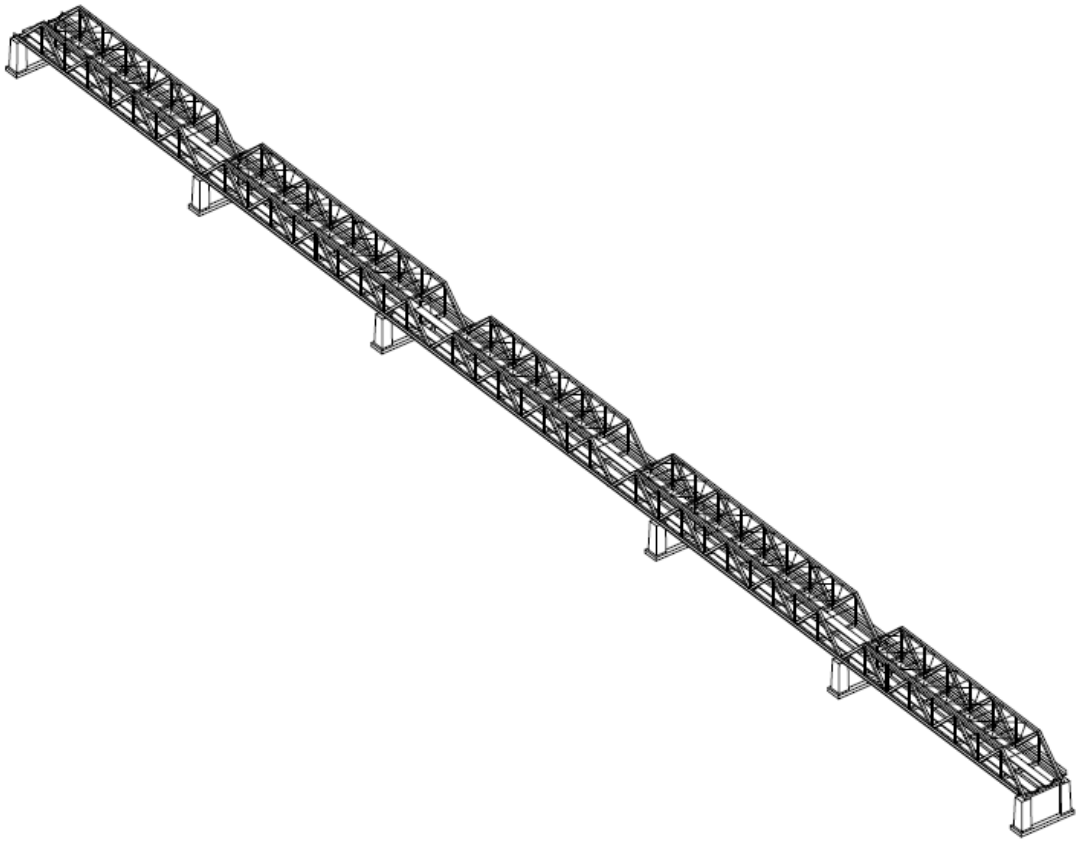


ภาพที่ 4.17 สะพานปรีดี-ธำรง
ที่มา: ผู้วิจัย



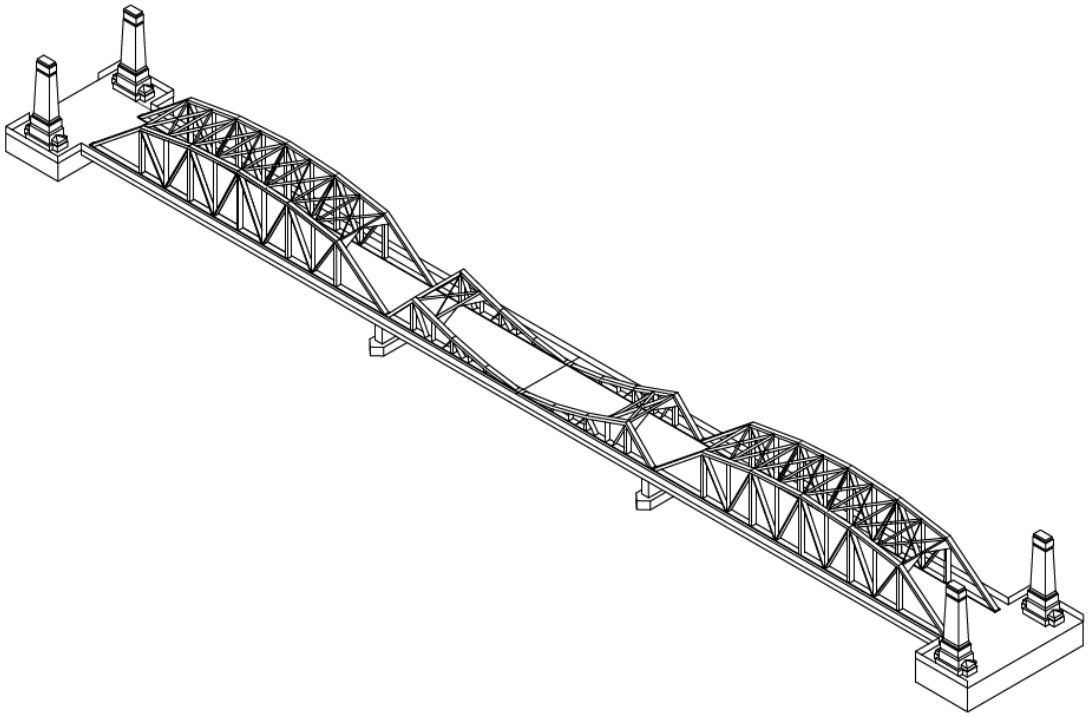
ภาพที่ 4.18 สะพานเดชาติวงศ์

ที่มา: ผู้วิจัย

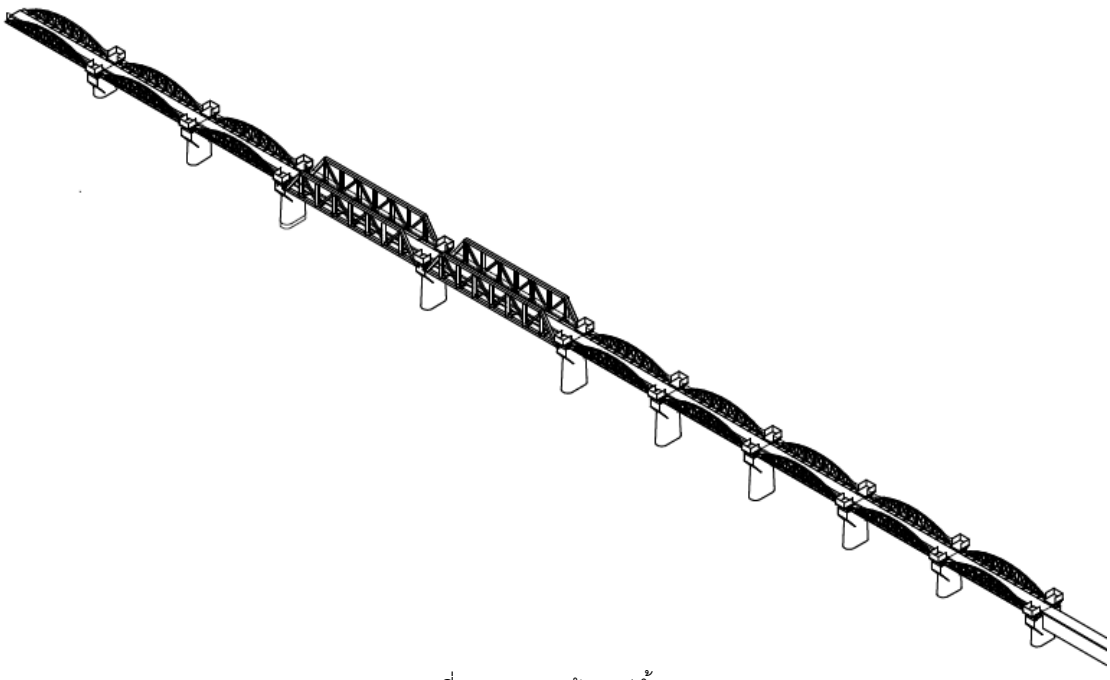


ภาพที่ 4.19 สะพานพระราม 6

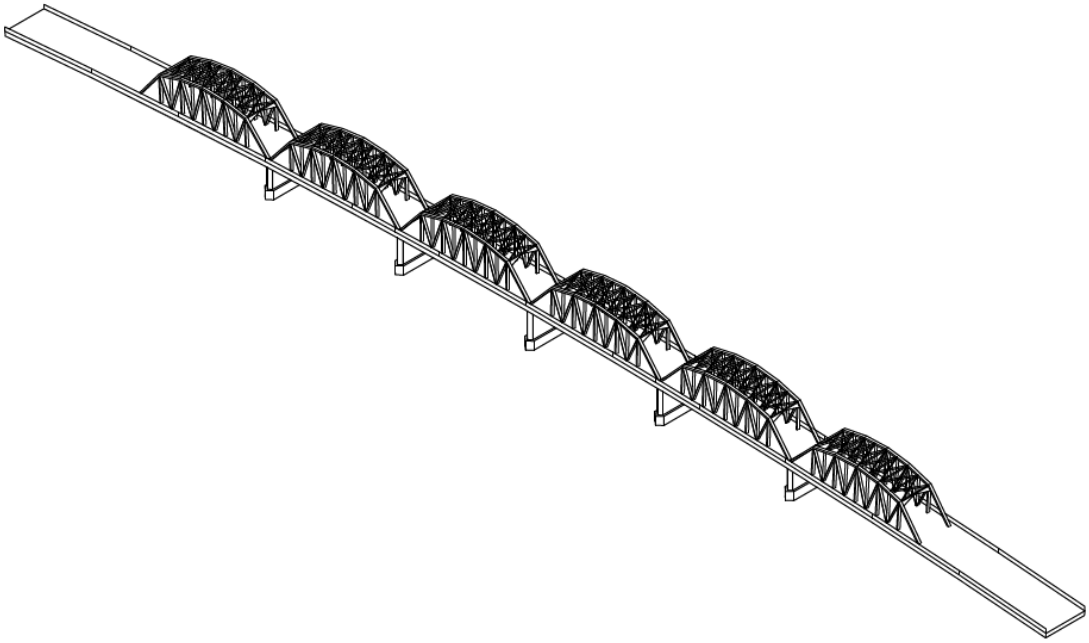
ที่มา: ผู้วิจัย



ภาพที่ 4.20 สะพานปฐมบรมราชานุสรณ์
ที่มา: ผู้วิจัย

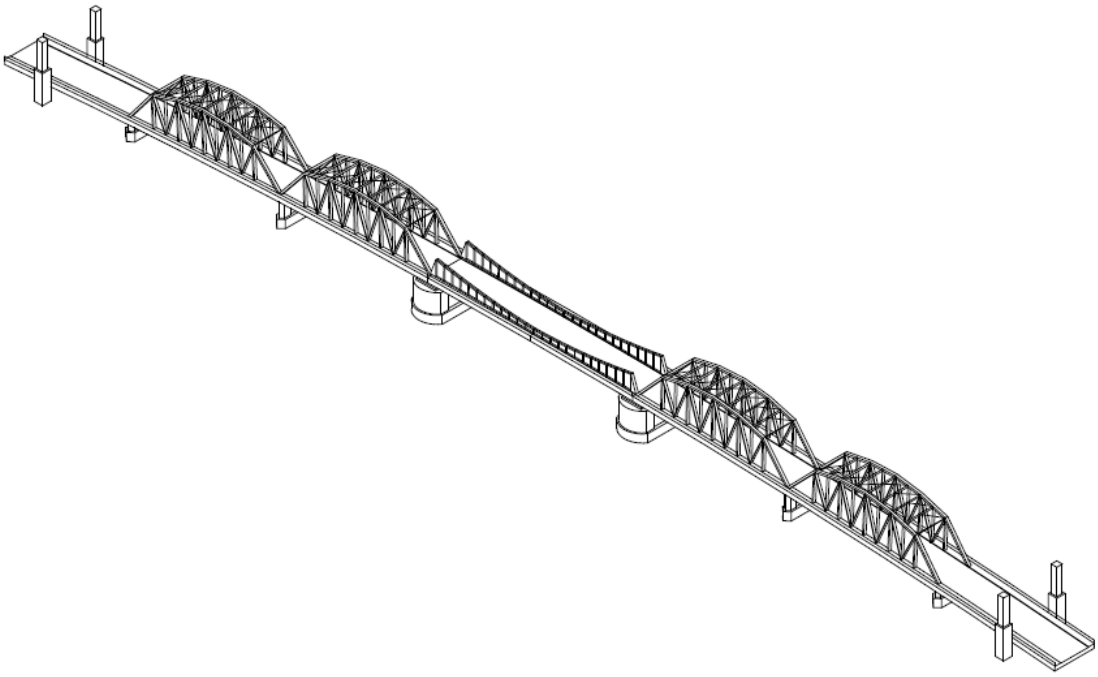


ภาพที่ 4.21 สะพานข้ามแม่น้ำแคว
ที่มา: ผู้วิจัย



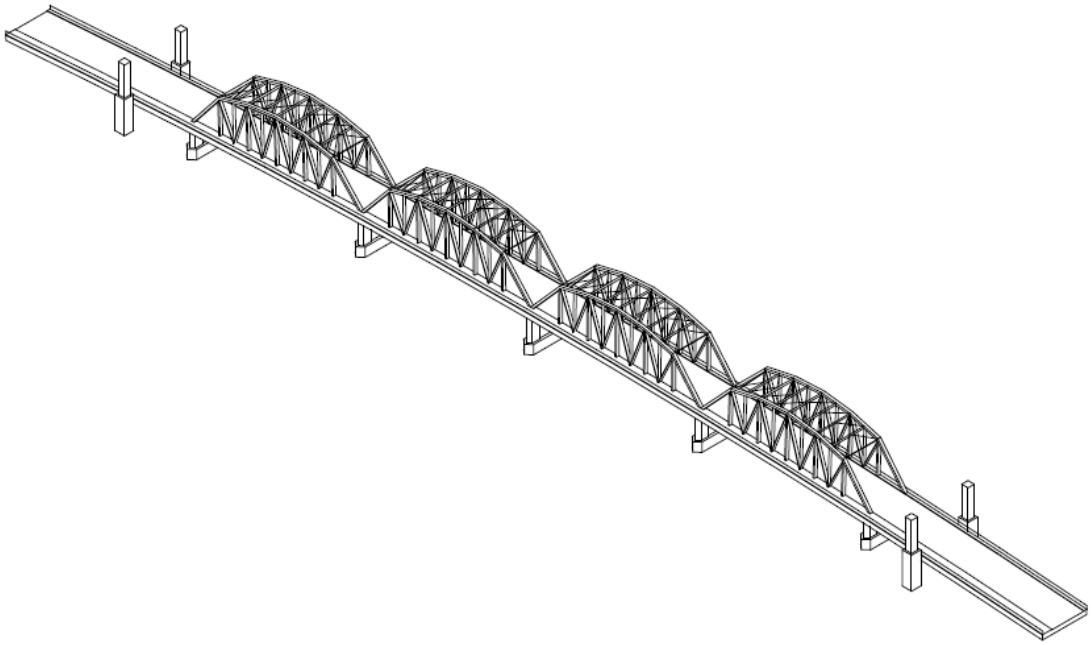
ภาพที่ 4.22 สะพานกรุงธน

ที่มา: ผู้วิจัย

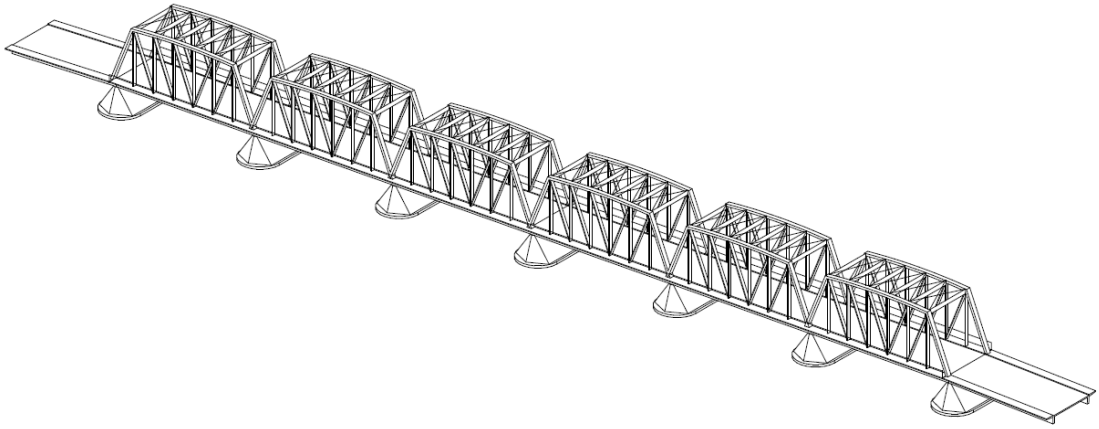


ภาพที่ 4.23 สะพานกรุงเทพ

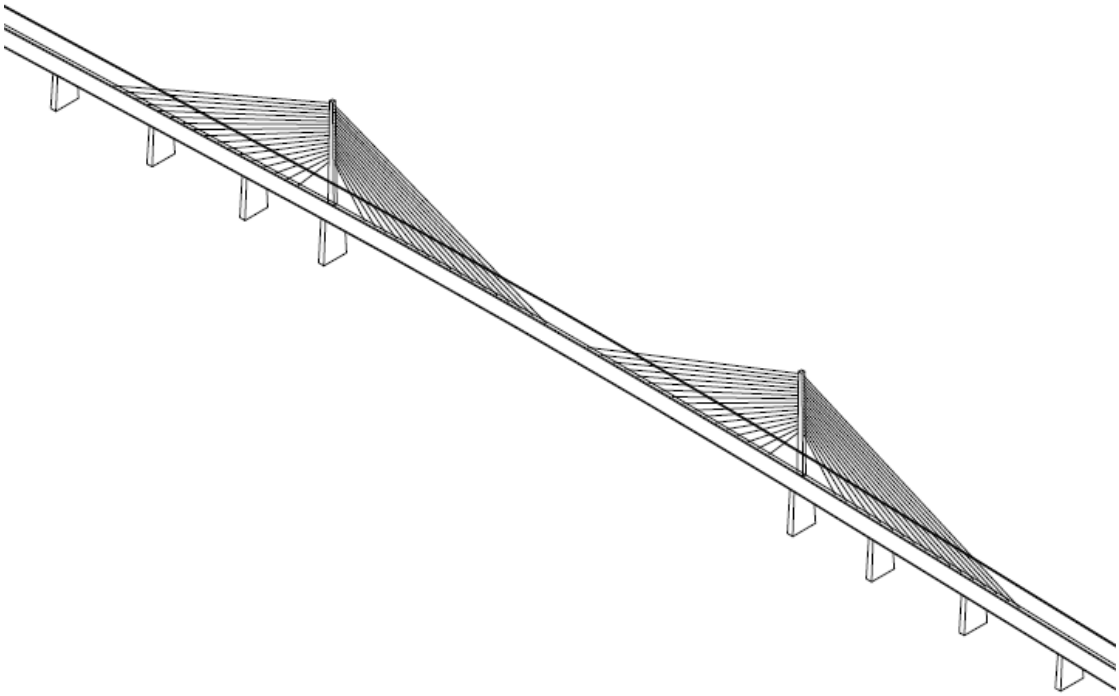
ที่มา: ผู้วิจัย



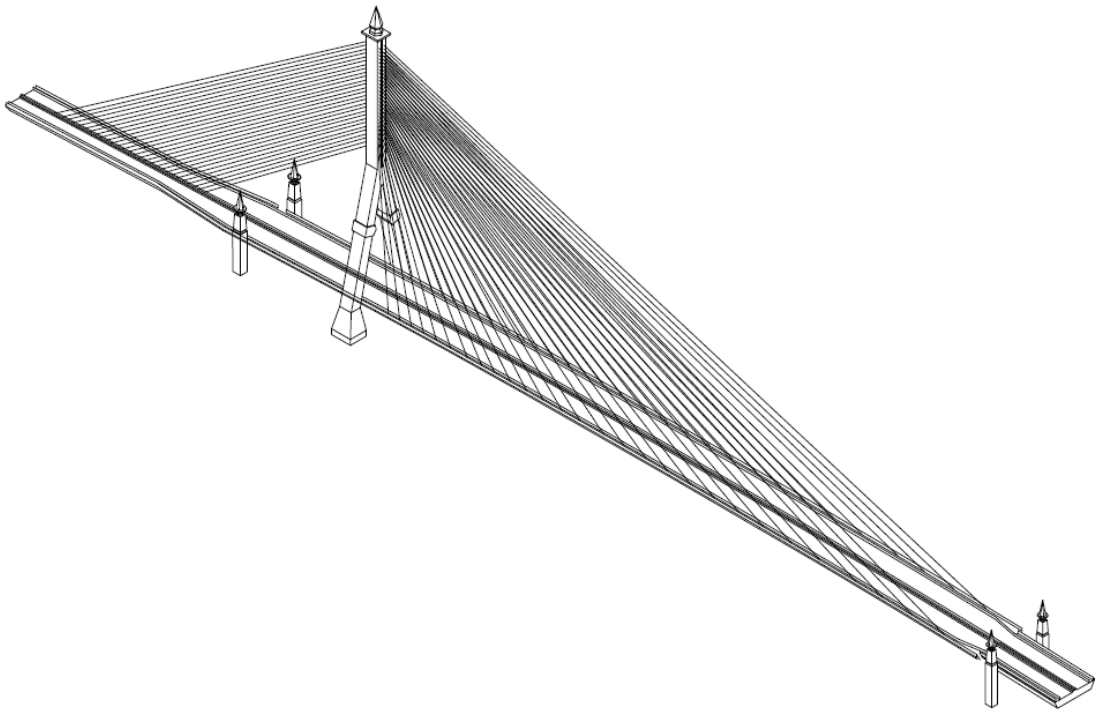
ภาพที่ 4.24 สะพานนนทบุรี
ที่มา: ผู้วิจัย



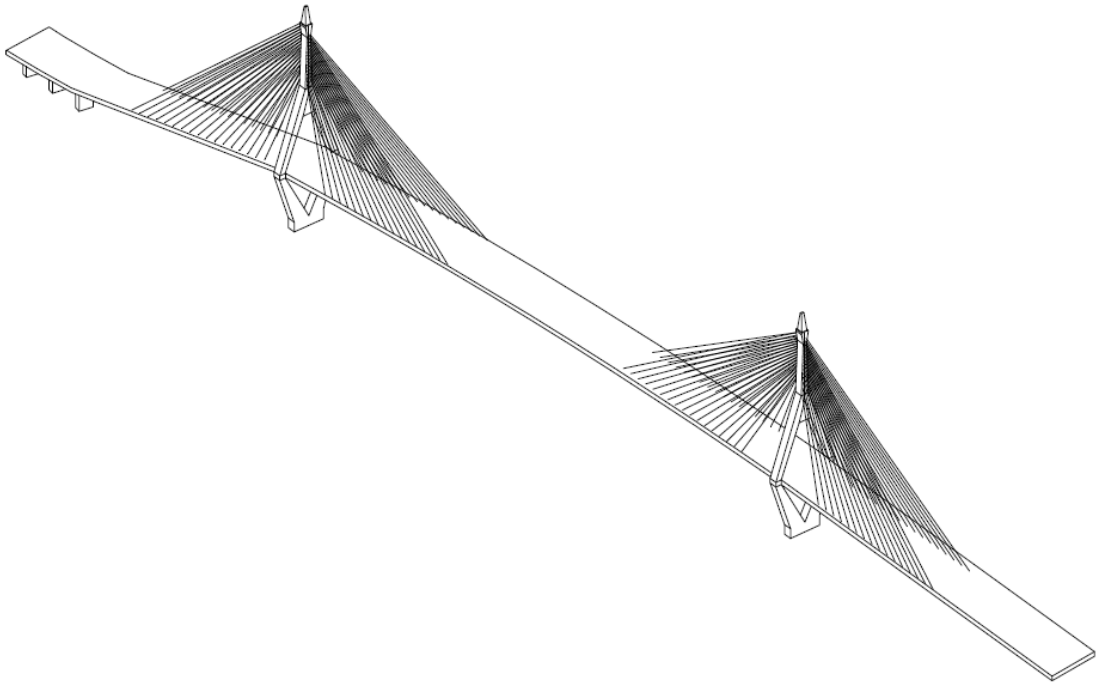
ภาพที่ 4.25 สะพานดำ เมืองเชียงใหม่
ที่มา: ผู้วิจัย



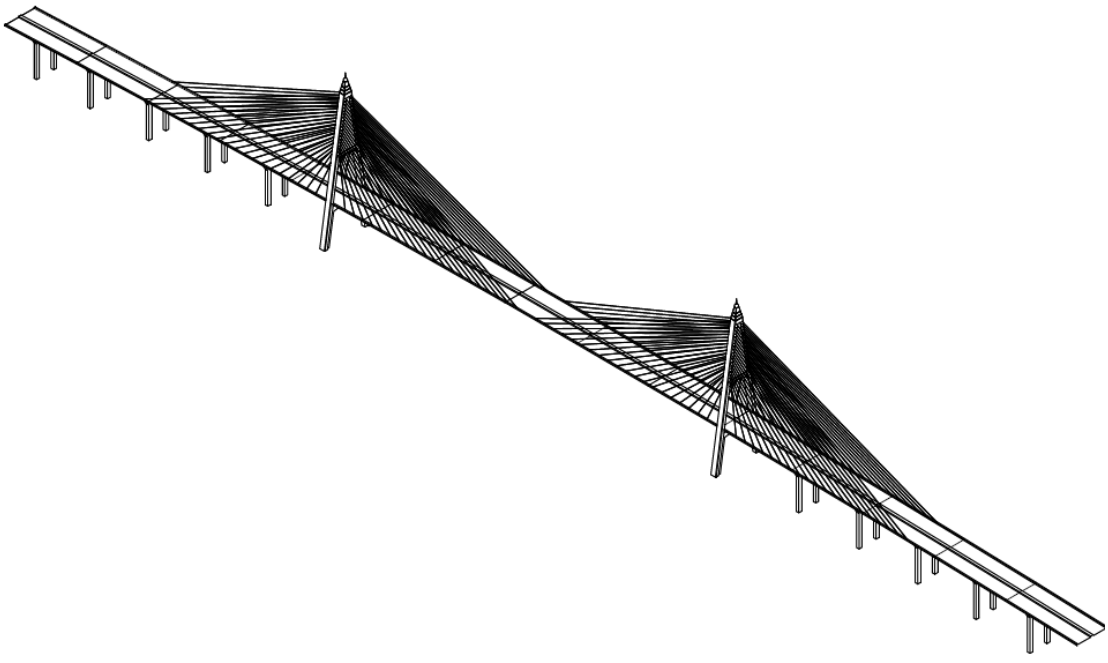
ภาพที่ 4.26 สะพานพระราม 9
ที่มา: ผู้วิจัย



ภาพที่ 4.27 สะพานพระราม 8
ที่มา: ผู้วิจัย



ภาพที่ 4.28 สะพานภูมิพล 1 และภูมิพล 2
ที่มา: ผู้วิจัย



ภาพที่ 4.29 สะพานกาญจนาภิเษก
ที่มา: ผู้วิจัย

ตารางที่ 4.1 ตารางแสดงข้อมูลทั่วไปของสะพานกลุ่มตัวอย่าง

	ลำดับ	ชื่อสะพาน	ปีที่เปิด	ความสูงจากระดับน้ำทะเล	ความยาวสะพาน	ความยาวช่วงกลางสะพาน	ความยาวรวมทางลาด	ความกว้างสะพาน	จำนวนช่องการจราจร	ความกว้างทางเท้าแต่ละข้าง	วัสดุและสี	หมายเหตุ
			(พ.ศ.)	(เมตร)	(เมตร)	(เมตร)	(เมตร)	(เมตร)	(ช่อง)	(เมตร)		
สะพานแขวน	1	นวรัฐ	2510		120.00			14.00			คอนกรีตทาสีขาว	
	2	สมเด็จพระปิ่นเกล้า	2516	11.50	280.00	110.00	662.00	26.60	6	2.50	คอนกรีต	
	3	สมเด็จพระเจ้าตากสิน	2525	12.00	224.00	92.00	1269.00	19.50*	3	1.60	คอนกรีต	สะพานคู่
	4	ปทุมธานี	2527	7.80	239.00	N/A	599.10	N/A	6	1.50	คอนกรีต	
	5	พระปกเกล้า	2527	8.90	212.00	100.00	745.00	13.20*	3	1.50	คอนกรีต	สะพานคู่
	6	พระนั่งเกล้า	2528	7.40	329.10	N/A	545.10	21.80	4	1.50	คอนกรีต	
	7	พระราม 7	2535	8.90	290.00	120.00	933.19	14.55*	3	2.50	คอนกรีต	สะพานคู่
	8	พระราม 3	2543	34.00	N/A	226.00	3372.00	23.00	6	2.50**	คอนกรีต	
	9	พระราม 5	2545	7.90	320.00	130.00	N/A	29.10	6	2.50**	คอนกรีต	
	10	พระราม 4	2549	5.60	278.00	134.00	N/A	40.00	6	N/A	คอนกรีต	
	11	คู่ขนานพระนั่งเกล้า	2551	16.40	2000.00	489.00	799.00	24.99	6	N/A	คอนกรีต	
	12	มิตรภาพ 3	2555		780.00	180.00	1423.10	11.10	2	1.05	คอนกรีต	
	13	กษัตราธิราช	N/A			30.00	206.00	14.20	2	1.50	คอนกรีต	
	15	ตาปี			340.00	80.00		16.60*	4		คอนกรีต	สะพานคู่
	14	นเรศวร	N/A		138.00	50.00		28.10		2.00/1.50	คอนกรีต	
สะพานโค้ง	14	รัษฎาภิเศก	2460		132.00				2		คอนกรีตทาสีขาว	
	17	ปรีดี-ธำรง	2486								คอนกรีตสีเข้ม	
	18	เดชาติวงศ์	2493		404.00				2		คอนกรีตทาสีขาว	
สะพานโครงถัก	19	พระราม 6	2469		442.08			10.00			เหล็กทาสีเทาอ่อน	
	20	ปฐมบรมราชานุสรณ์	2475	7.30	299.76						เหล็กทาสีเขียว	
	21	ข้ามแม่น้ำแคว	2485		300.00						เหล็กทาสีดำ	
	22	กรุงธน	2501	7.50	366.20		648.90		4	2.50	เหล้กทาสีเทา	
	23	กรุงเทพ	2502	7.50	350.80	N/A	661.05	17.00	4	2.50	เหล็กทาสีเทา	
	24	นนทบุรี	2502	7.50	260.20		552.49	12.00	4	2.50	เหล็กทาสีเขียว	
	25	สะพานดำ	N/A		120.00			12.00			เหล็กทาสีดำ	
สะพานขึง	26	พระราม 9	2530	41.00	782.00	N/A	2716.00	33.00	6			
	27	พระราม 8	2545	11.50	475.00	300.00						
	28	ภูมิพล 1	2549	54.00		326.00			7			
	28	ภูมิพล 2	2549	54.00		326.00			7			
	30	กาญจนาภิเษก	2550	52.00		500.00			6			

ตารางที่ 4.2 ตารางแสดงวัตถุประสงค์การออกแบบไฟฟ้าแสงสว่างของสะพานกลุ่มตัวอย่าง

	ลำดับ	ชื่อสะพาน	วัตถุประสงค์ของการออกแบบไฟฟ้าส่องสว่าง				
			การจราจรทางบก	ทางเดินเท้า	การจราจรทางน้ำ	ประดับตกแต่ง	เทศกาล
สะพานพระปิ่นเกล้า	1	นวรัฐ	●		●	●	●
	2	สมเด็จพระปิ่นเกล้า	●		●	●	
	3	สมเด็จพระเจ้าตากสิน	●		●		
	4	ปทุมธานี	●				
	5	พระปกเกล้า	●		●	●	
	6	พระนั่งเกล้า	●				
	7	พระราม 7	●		●		
	8	พระราม 3	●		●		
	9	พระราม 5	●		●		
	10	พระราม 4	●		●	●	
	11	คู่ขนานพระนั่งเกล้า	●		●		
	12	มิตรภาพ 3	●				
	13	กษัตราธิราช	●		●	●	
	14	ตาปี	●				
	15	นเรศวร	●	●			●
สะพานนี้ดัง	16	รัษฎาภิเศก	●			●	
	17	ปรีดี-ธำรง	●				●
	18	เดชาติวงศ์	●		●		●
สะพานโครงถัก	19	พระราม 6	●				
	20	ปฐมบรมราชานุสรณ์	●		●	●	
	21	ข้ามแม่น้ำแคว	●			●	●
	22	กรุงธน	●		●	●	
	23	กรุงเทพ	●		●	●	
	24	นนทบุรี	●				
	25	สะพานดำ	●		●	●	
สะพานชิง	26	พระราม 9	●		●	●	
	27	พระราม 8	●			●	
	28	ภูมิพล1	●			●	
	28	ภูมิพล2	●			●	
	30	กาญจนาภิเษก	●			●	

ตารางที่ 4.3 ตารางแสดงองค์ประกอบในการออกแบบการส่องสว่างของสะพานกลุ่มตัวอย่าง

	ลำดับ	ชื่อสะพาน	องค์ประกอบในการออกแบบการส่องสว่าง				
			เสาไฟถนน		เสาไฟทางเดิน	เสาเชิงสะพาน	ป้ายไฟตกแต่ง
			มาตรฐาน	ประดับ			
ถนนเจริญกรุง	1	นวรัฐ	●				
	2	สมเด็จพระปิ่นเกล้า	●				
	3	สมเด็จพระเจ้าตากสิน	●				
	4	ปทุมธานี	●				
	5	พระปกเกล้า	●				
	6	พระนั่งเกล้า					
	7	พระราม 7	●				
	8	พระราม 3	●				
	9	พระราม 5	●				●
	10	พระราม 4		●		●	●
	11	คู่ขนานพระนั่งเกล้า	●				
	12	มิตรภาพ 3		●		●	
	13	กษัตราธิราช	●			●	
	14	ตาปี	●				
	15	นเรศวร	●	●	●		
ถนนวิภาวดีรังสิต	16	รัษฎาภิเศก			●	●	
	17	ปรีดี-ธำรง	●			●	●
	18	เดชาติวงศ์	●				
ถนนบางนา-ตราด	19	พระราม 6					
	20	ปฐมบรมราชานุสรณ์	●			●	
	21	ข้ามแม่น้ำแควฯ					
	22	กรุงธน	●			●	
	23	กรุงเทพ	●			●	
	24	นนทบุรี	●			●	
	25	นวรัฐ	●				
ถนนพหลโยธิน	26	พระราม 9	●				
	27	พระราม 8	●			●	
	28	ภูมิพล1	●			●	
	29	ภูมิพล2	●				
	30	กาญจนาภิเษก	●				

ตารางที่ 4.4 ตารางแสดงมุมมองในการมองเห็นของสะพานกลุ่มตัวอย่าง

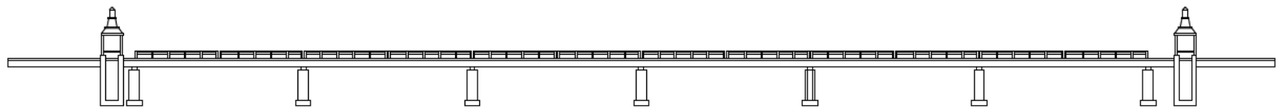
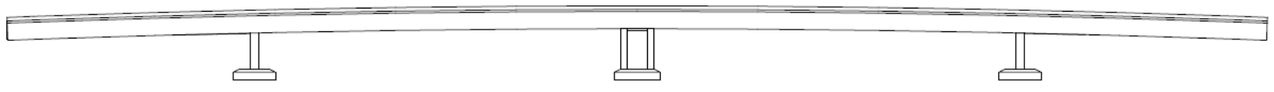
	ลำดับ	ชื่อสะพาน	มุมมองในการมองเห็น				
			ด้านบน	ด้านล่าง-เรือ	ด้านล่าง-ฝั่ง	ด้านข้าง	ถนน
สะพานพระราม 8	1	นวรัฐ	●		●	●	
	2	สมเด็จพระปิ่นเกล้า	●	●	●	●	
	3	สมเด็จพระเจ้าตากสิน	●	●	●	●	
	4	ปทุมธานี			●	●	
	5	พระปกเกล้า	●	●	●	●	
	6	พระนั่งเกล้า	●		●	●	
	7	พระราม 7	●	●	●	●	
	8	พระราม 3	●	●	●	●	
	9	พระราม 5	●	●	●	●	
	10	พระราม 4	●	●	●	●	
	11	คู่ขนานพระนั่งเกล้า	●	●	●	●	
	12	มิตรภาพ 3		●	●	●	
	13	กษัตราธิราช			●	●	
	14	ตาปี			●	●	
	15	นเรศวร	●		●	●	
สะพานนิ้วโป้ง	16	รัษฎาภิเศก			●	●	●
	17	ปรีดี-ธำรง		●	●	●	●
	18	เดชาติวงศ์		●	●	●	●
สะพานโลงนักรงศนโลงนัก	19	พระราม 6	●	●	●	●	●
	20	ปฐมบรมราชานุสรณ์	●	●	●	●	●
	21	ข้ามแม่น้ำแคว			●	●	●
	22	กรุงธน	●	●	●	●	●
	23	กรุงเทพ	●	●	●	●	●
	24	นนทบุรี	●	●		●	●
	25	สะพานดำ	●		●	●	●
สะพานปึง	26	พระราม 9	●	●	●	●	●
	27	พระราม 8	●	●	●	●	●
	28	ภูมิพล 1	●	●	●	●	●
	29	ภูมิพล 2	●	●	●	●	●
	30	กาญจนาภิเษก	●	●	●	●	●

บทที่ 5
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

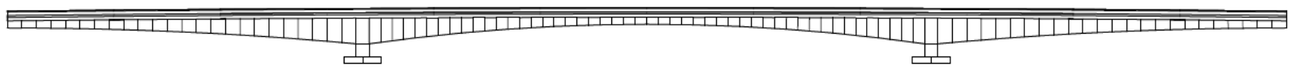
จากการเก็บรวบรวมข้อมูลและผลการสำรวจสะพานกลุ่มตัวอย่างทั้ง 4 ประเภท คือสะพานแบบคาน สะพานโค้ง สะพานโครงถัก และสะพานขึง ผู้วิจัยแบ่งองค์ประกอบเพื่อทำการศึกษาออกเป็นโครงสร้างสะพานส่วนบน ตัวสะพาน และตอม่อ สามารถวิเคราะห์รูปแบบขององค์ประกอบได้ดังนี้

5.1 การวิเคราะห์ลักษณะและรูปแบบขององค์ประกอบสะพาน

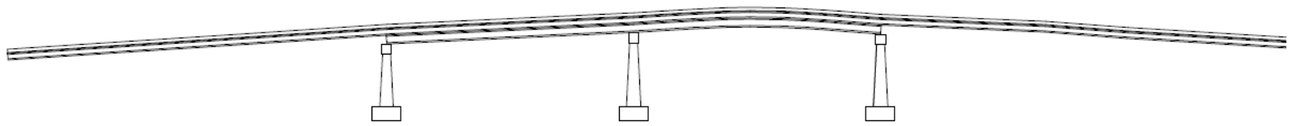
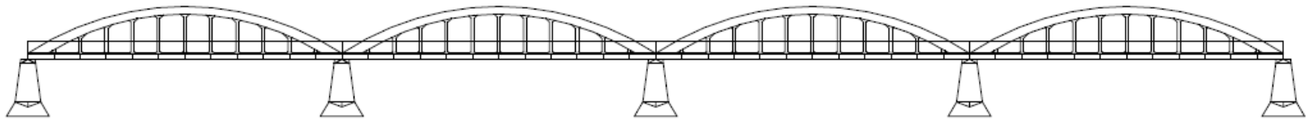
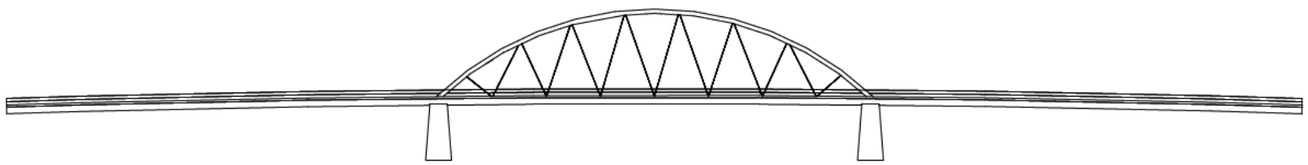
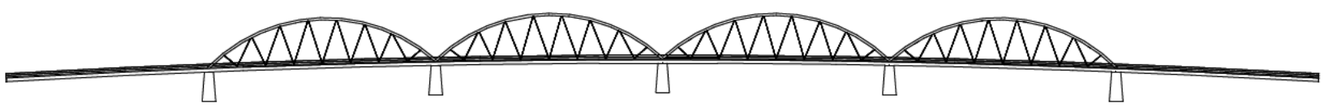
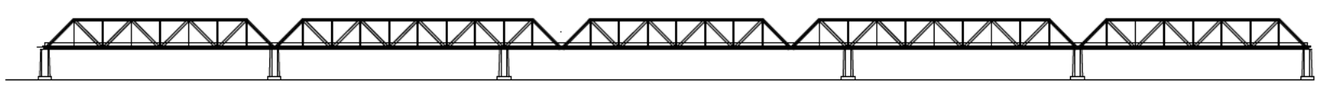
ตารางที่ 5.1.1 ตารางแสดงรูปด้านข้างสะพานกลุ่มตัวอย่าง

	ลำดับ	ชื่อสะพาน	รูปด้านข้าง
สะพานแบบคาน	1	นวรัฐ	
	2	สมเด็จพระปิ่นเกล้า	
	3	สมเด็จพระเจ้าตากสิน	
	4	ปทุมธานี	
	5	พระปกเกล้า	

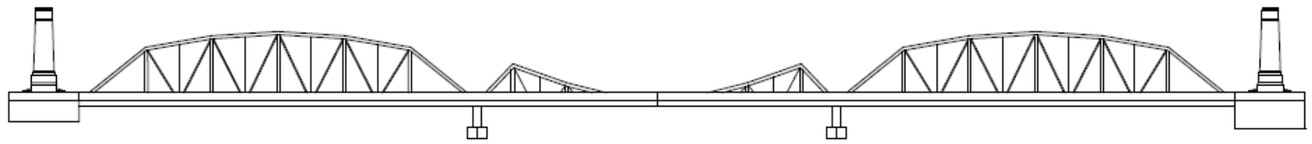
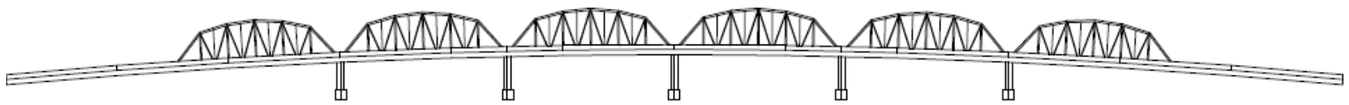
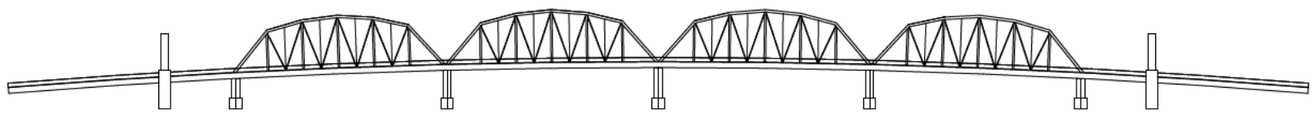
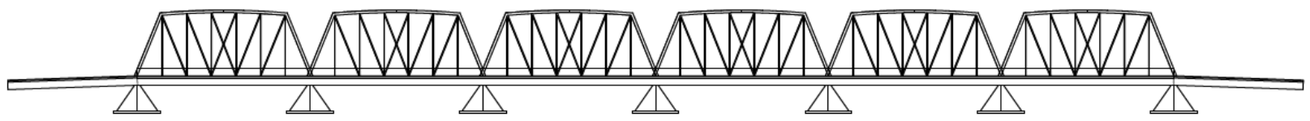
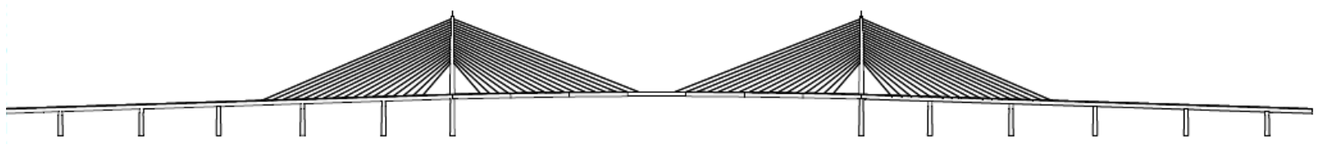
รูปประกอบในตารางไม่ได้เขียนในมาตราส่วนเดียวกัน

	ลำดับ	ชื่อสะพาน	รูปด้านข้าง
ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 4	6	พระนั่งเกล้า	
	7	พระราม 7	
	8	พระราม 3	
	9	พระราม 5	
	10	พระราม 4	
	11	คู่ขนานพระนั่งเกล้า	
	12	มิตรภาพ 3	

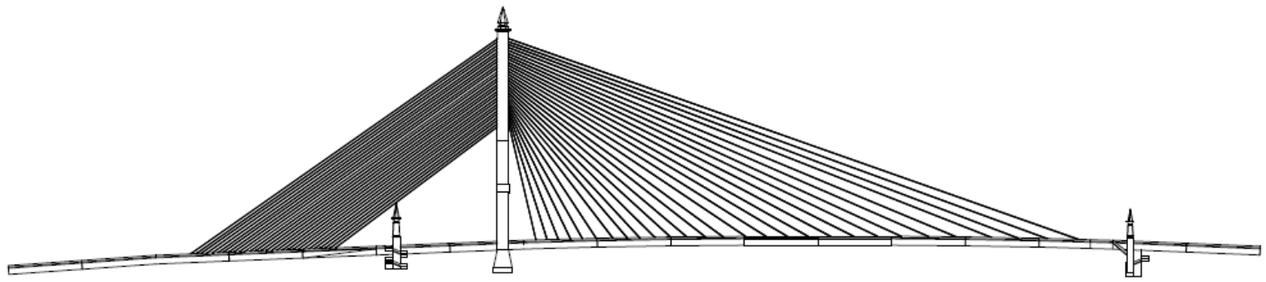
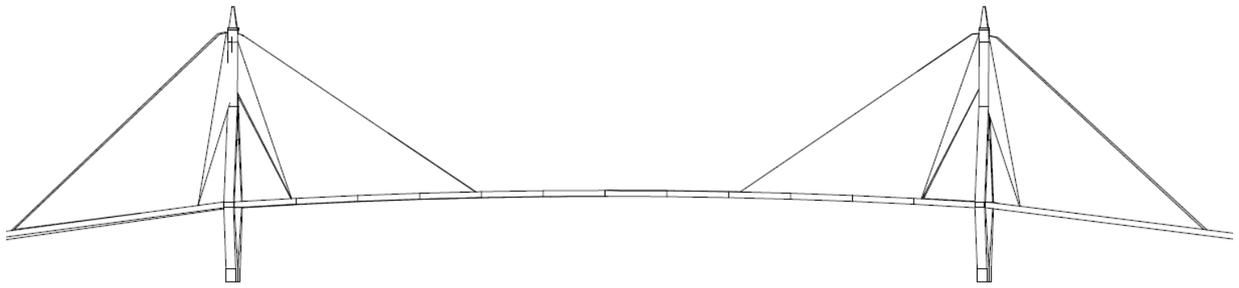
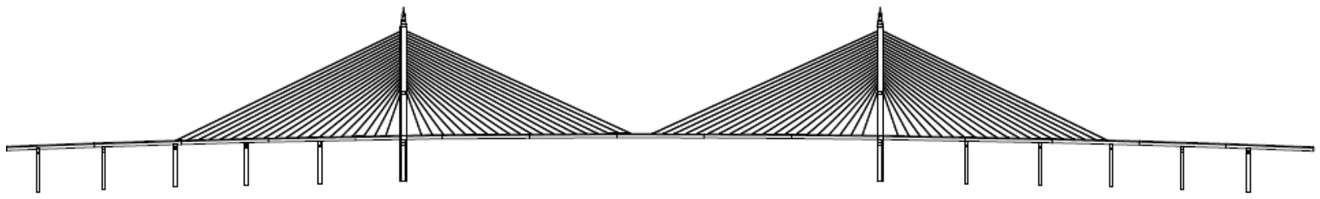
รูปประกอบในตารางไม่ได้เขียนในมาตราส่วนเดียวกัน

	ลำดับ	ชื่อสะพาน	รูปด้านข้าง
สะพานแขวน	13	กษัตราธิราช	
	14	ตาปี	
	15	นเรศวร	
สะพานโค้ง	16	รัษฎาภิเศก	
	17	ปรีดี-ธำรง .	
	18	เดชาติวงศ์	
สะพานโครงถัก	19	พระราม 6	

รูปประกอบในตารางไม่ได้เขียนในมาตราส่วนเดียวกัน

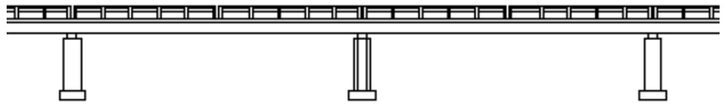
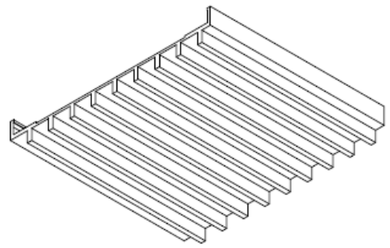
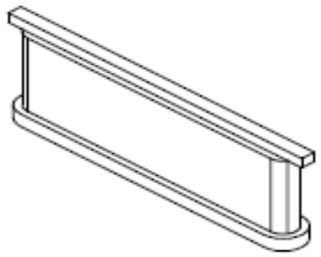
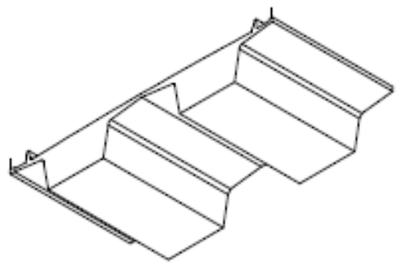
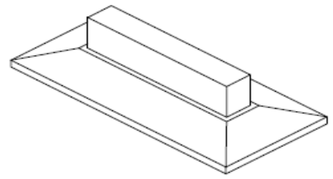
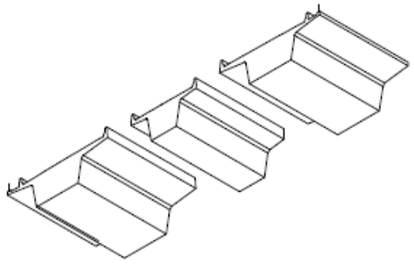
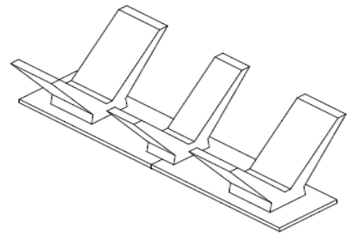
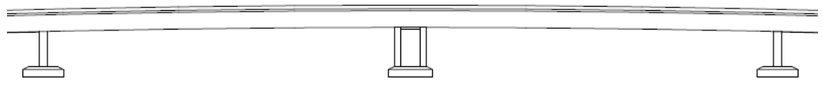
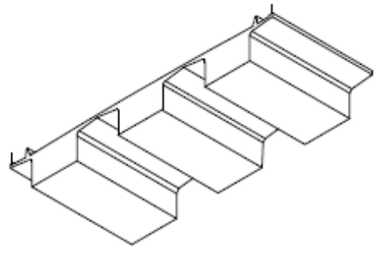
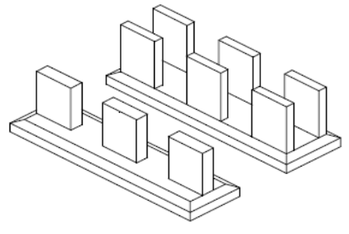
	ลำดับ	ชื่อสะพาน	รูปด้านข้าง
สะพานโครงถัก	20	ปฐมบรมราชานุสรณ์	
	21	ข้ามแม่น้ำแคว	
	22	กรุงธน	
	23	กรุงเทพ	
	24	นนทบุรี	
	25	สะพานดำ	
สะพานขึงสาย	26	พระราม 9	

รูปประกอบในตารางไม่ได้เขียนในมาตราส่วนเดียวกัน

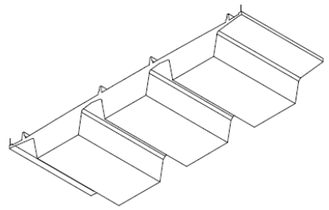
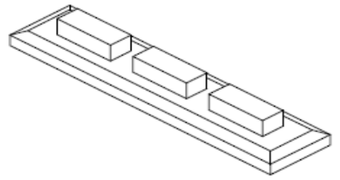
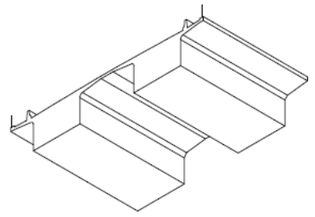
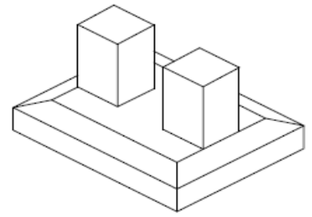
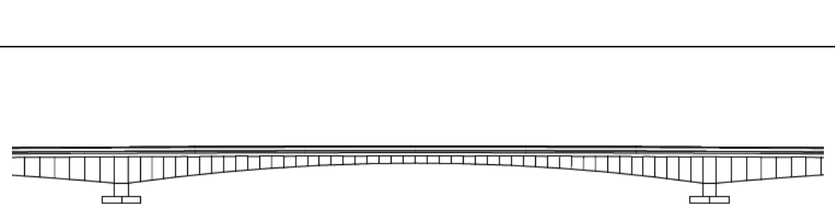
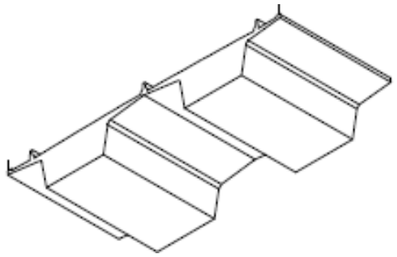
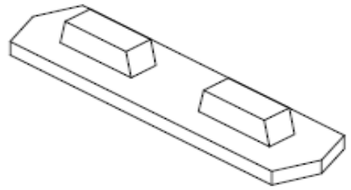
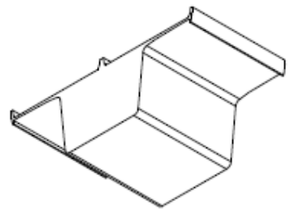
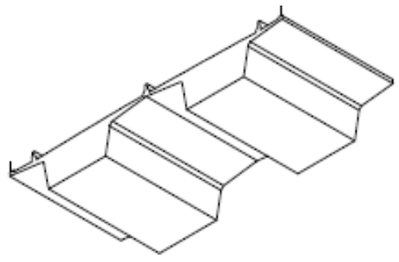
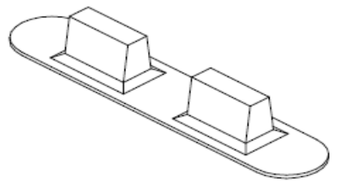
	ลำดับ	ชื่อสะพาน	รูปด้านข้าง
สะพานขึงเหนือ	27	พระราม 8	
	28	ภูมิพล	
	30	กาญจนาภิเษก	

รูปประกอบในตารางไม่ได้เขียนในมาตราส่วนเดียวกัน

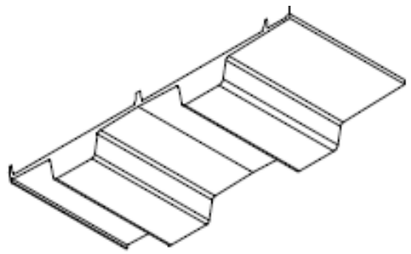
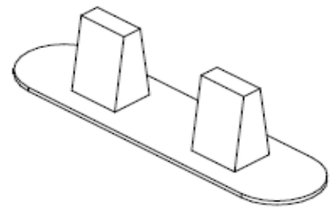
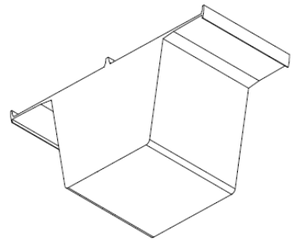
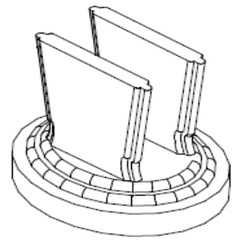
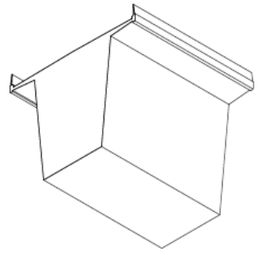
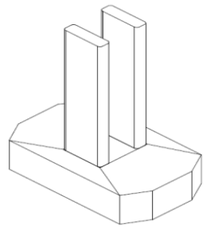
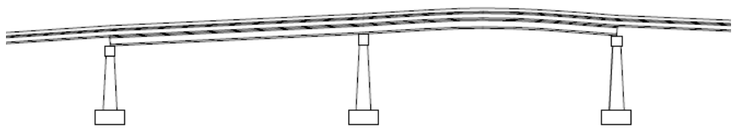
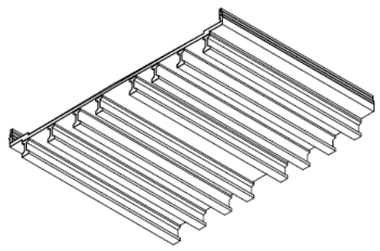
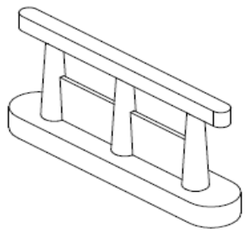
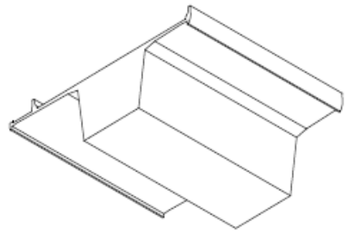
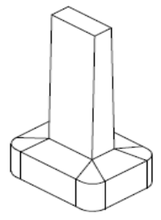
ตารางที่ 5.1.2 ตารางแสดงลักษณะและรูปแบบขององค์ประกอบสะพานกลุ่มตัวอย่าง

	ลำดับ	ชื่อสะพาน	โครงสร้างสะพานส่วนบน	ตัวสะพาน	ตอม่อสะพาน
สะพานโครงข้อแข็งเชิงเส้น	1	นวรัฐ			
	2	สมเด็จพระปิ่นเกล้า			
	3	สมเด็จพระเจ้าตากสิน			
	4	ปทุมธานี			

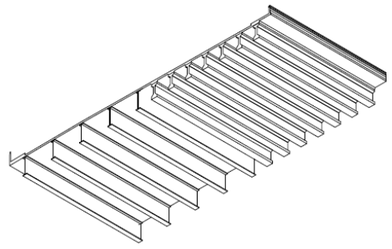
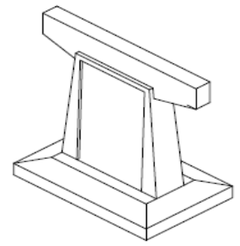
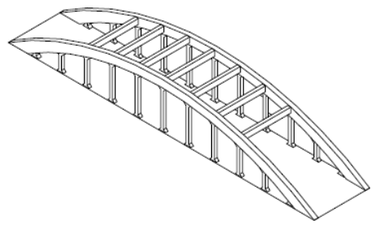
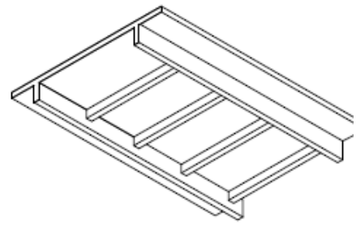
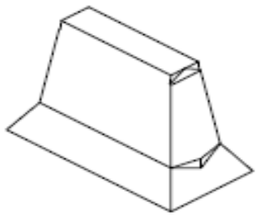
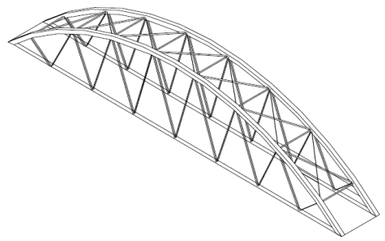
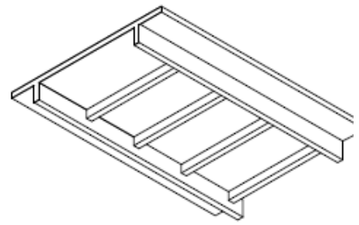
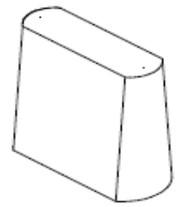
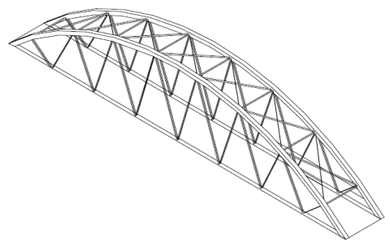
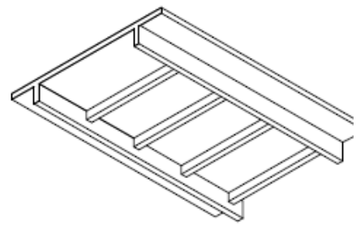
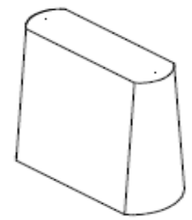
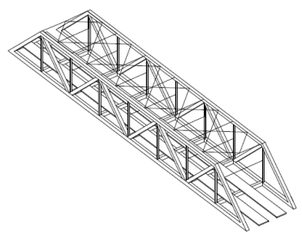
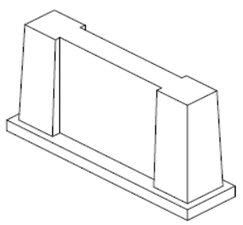
รูปประกอบในตารางไม่ได้เขียนในมาตราส่วนเดียวกัน

	ลำดับ	ชื่อสะพาน	โครงสร้างสะพานส่วนบน	ตัวสะพาน	ตอม่อสะพาน
ประเภทสะพานคานเหล็ก	5	พระปกเกล้า .			
	6	พระนั่งเกล้า .			
	7	พระราม 7 .			
	8	พระราม 3 .			
	9	พระราม 5 .			

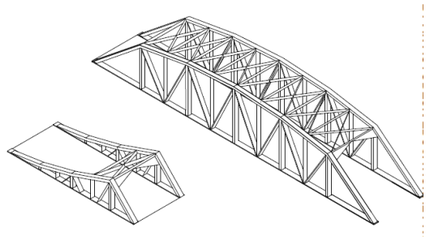
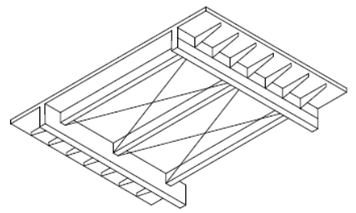
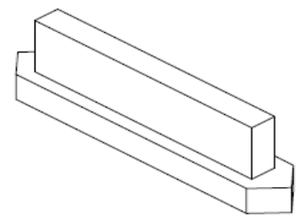
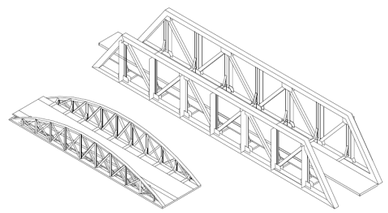
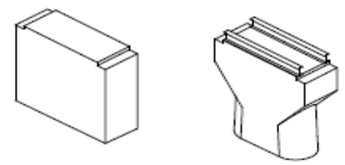
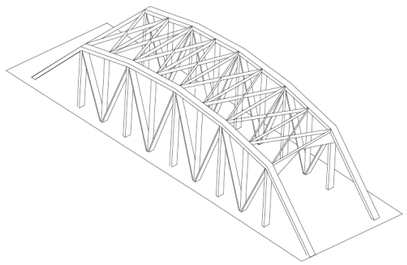
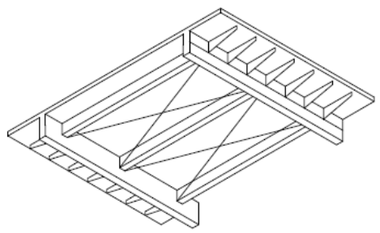
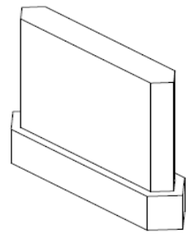
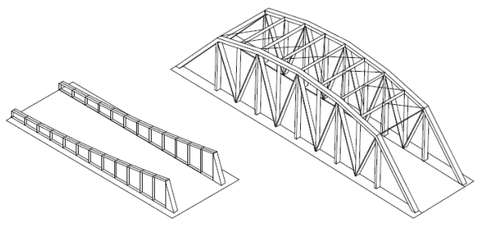
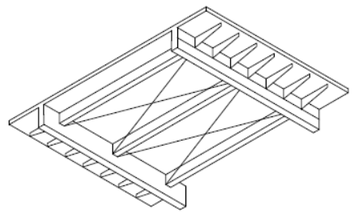
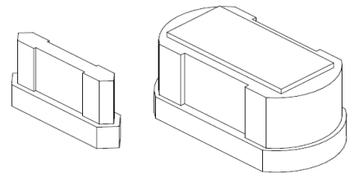
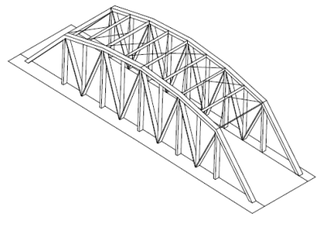
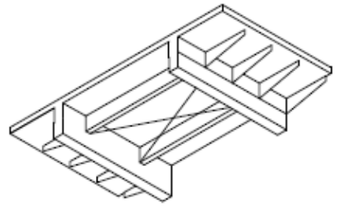
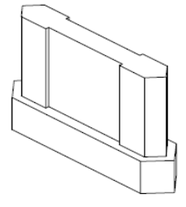
รูปประกอบในตารางไม่ได้เขียนในมาตราส่วนเดียวกัน

	ลำดับ	ชื่อสะพาน	โครงสร้างสะพานส่วนบน	ตัวสะพาน	ตอม่อสะพาน
กรมทางหลวงชนบท	10	พระราม 4 .			
	11	คู่ขนานพระนั่งเกล้า .			
	12	มิตรภาพ 3 .			
	13	กษัตราธิราช .			
	14	ตาปี .			

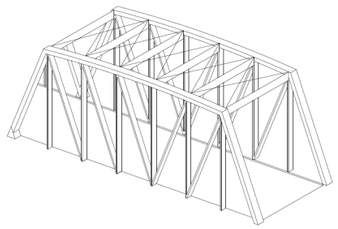
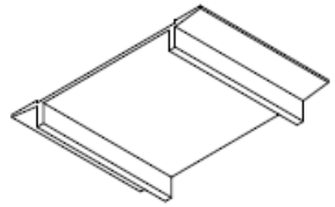
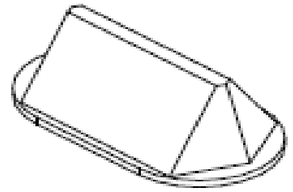
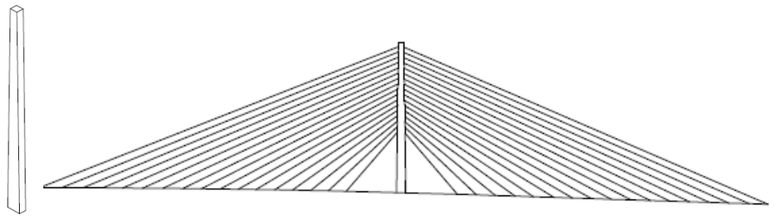
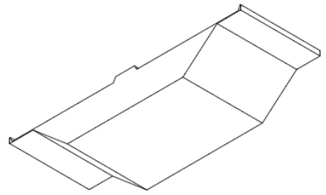
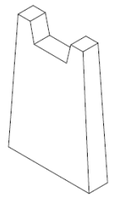
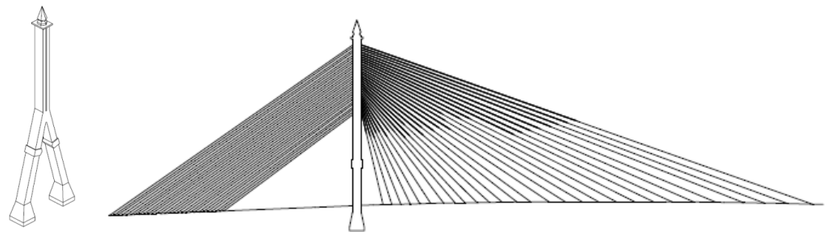
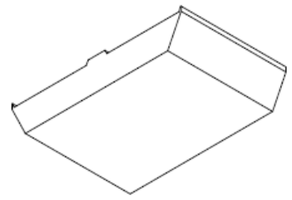
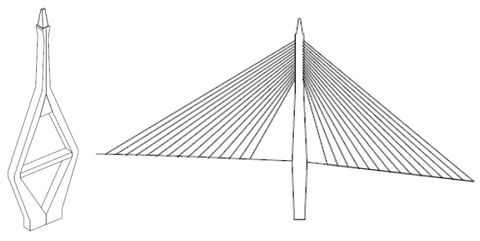
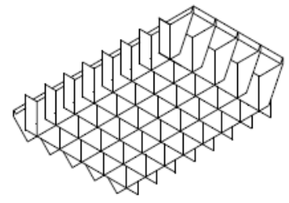
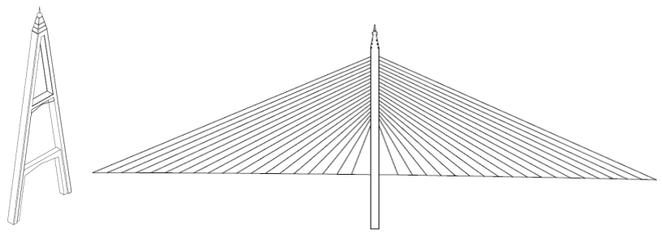
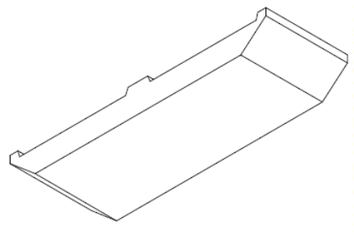
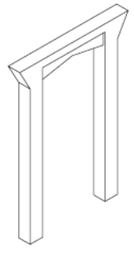
รูปประกอบในตารางไม่ได้เขียนในมาตราส่วนเดียวกัน

	ลำดับ	ชื่อสะพาน	โครงสร้างสะพานส่วนบน	ตัวสะพาน	ตอม่อสะพาน
สะพานแขวน	15	นเรศวร .			
สะพานโค้ง	16	รัษฎาภิเศก .			
	17	ปรีดี-ธำรง .			
	18	เดชาติวงศ์ .			
สะพานโครงถัก	19	พระราม 6 .			

รูปประกอบในตารางไม่ได้เขียนในมาตราส่วนเดียวกัน

	ลำดับ	ชื่อสะพาน	โครงสร้างสะพานส่วนบน	ตัวสะพาน	ตอม่อสะพาน
สะพานโครงถัก	20	ปฐมบรมราชานุสรณ์ .			
	21	ข้ามแม่น้ำแคว .			
	22	กรุงธน .			
	23	กรุงเทพ .			
	24	นนทบุรี .			

รูปประกอบในตารางไม่ได้เขียนในมาตราส่วนเดียวกัน

	ลำดับ	ชื่อสะพาน	โครงสร้างสะพานส่วนบน	ตัวสะพาน	ตอม่อสะพาน
สะพานโครงถัก	25	สะพานดำ .			
สะพานขึงเกะ	26	พระราม 9 .			
	27	พระราม 8 .			
	28	ภูมิพล .			
	30	กาญจนาภิเษก .			

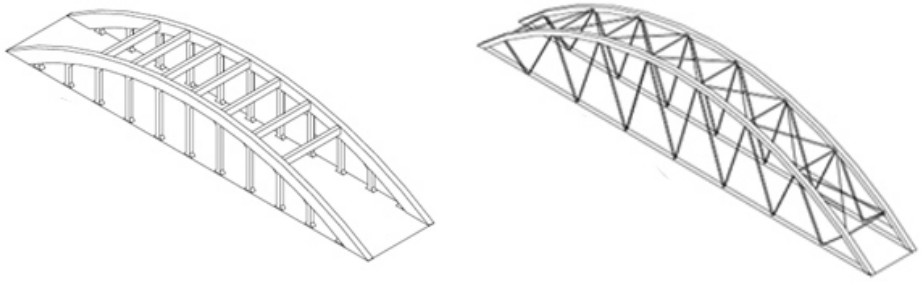
รูปประกอบในตารางไม่ได้เขียนในมาตราส่วนเดียวกัน

5.1.1 โครงสร้างสะพานส่วนบน

สะพานแบบคานเป็นสะพานที่มีวิธีก่อสร้างโครงสร้างสะพานส่วนบน ซึ่งมีหน้าที่รับน้ำหนักตัวสะพานเป็นชิ้นส่วนเดียวกันกับตัวสะพาน ในการวิเคราะห์ผลสะพานแบบคาน จึงนำผลการวิเคราะห์โครงสร้างสะพานส่วนบนของสะพานประเภทนี้รวมกับการวิเคราะห์ลักษณะและรูปแบบของตัวสะพาน

สะพานโค้ง

จากการศึกษาสะพานโค้งกลุ่มตัวอย่างพบว่า เป็นสะพานโค้งชนิดที่มีโค้ง (arch) โครงสร้างสะพานส่วนบนอยู่เหนือตัวสะพาน และก่อสร้างจากคอนกรีตดังแสดงในภาพที่ 5.1.1

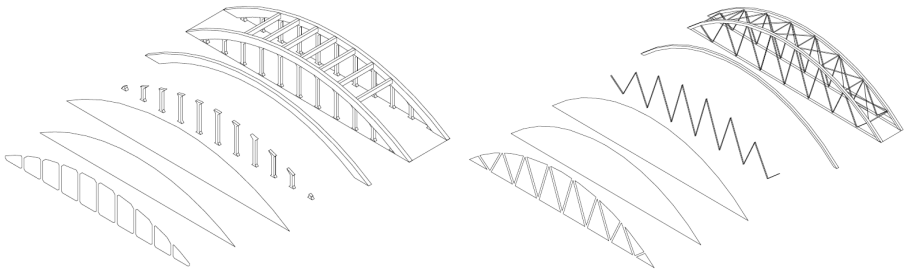


ภาพที่ 5.1.1 ลักษณะของสะพานโค้งกลุ่มตัวอย่าง
ที่มา: ผู้วิจัย

องค์ประกอบของสะพานโค้งประกอบด้วย องค์ประกอบหลัก คือ โค้งซึ่งทำหน้าที่เป็นโครงสร้างสะพานส่วนบน ซึ่งมีลักษณะเป็นเส้นโค้งแบบโค้งคันศร (bowstring) และยังทำหน้าที่เป็นสิ่งกำหนดโครงกรอบของสะพาน ส่วนองค์ประกอบรอง คือ ชิ้นส่วนที่ทำหน้าที่ถ่ายแรงจากตัวสะพานไปยังโค้ง มี 2 แบบด้วยกัน คือ โครงตั้ง มีลักษณะเป็นเส้นตั้ง มีหน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยม และแบบสลิง เป็นเส้นทแยงสลับไปมา องค์ประกอบรองทั้งสองแบบนั้น เรียงตัวกันเป็นจังหวะแบบซ้ำ (repetitive rhythm) และแบบสลับ (alternative rhythm) ตามลำดับ นอกจากนั้นการเรียงตัวกันขององค์ประกอบรองยังทำให้เกิดระนาบในความนึกคิด(conceptual plane) ซึ่งเกิดจากเส้นขององค์ประกอบอีกด้วยดังแสดงในภาพที่ 5.1.2

เมื่อพิจารณาที่ว่างของสะพานโค้งพบว่า เกิดระนาบในความนึกคิด รูปครึ่งวงกลม (semi circle) หรือส่วนหนึ่งของวงกลม (segment) ซึ่งเกิดจากเส้นโค้งของโครงสร้างสะพานส่วนบนบรรจบกัน เส้นนอนของตัวสะพาน และที่ว่างซึ่งจากองค์ประกอบหลักและองค์ประกอบรองเกิดเป็นระนาบรูปสามเหลี่ยมหรือสี่เหลี่ยมเกิดขึ้นเป็นจังหวะ สำหรับรูปสามเหลี่ยมที่เกิดจากเส้นทแยง เป็นจังหวะแบบสลับ ส่วนระนาบรูปสี่เหลี่ยมที่เกิดจากเส้นตั้ง เป็นจังหวะแบบก้าวหน้า และจังหวะแบบลดถอย (progressive rhythm and regressive rhythm) ดังแสดงในภาพที่ 5.1.2

รูปด้านบน (top view) ของสะพานโค้งพบว่า ประกอบด้วยเส้น 2 เส้นวางขนานกัน และเชื่อมด้วยเส้นที่มีขนาดสั้นกว่า วางตั้งฉากเป็นจังหวะแบบซ้ำ และอาจมีเส้นทะแยงจากมุมที่บรรจบกันของเส้นนอนตามยาวและเส้นนอนตาม



ภาพที่ 5.1.2 องค์ประกอบพื้นฐานของโครงสร้างสะพานส่วนบนของสะพานโค้ง
ที่มา: ผู้วิจัย

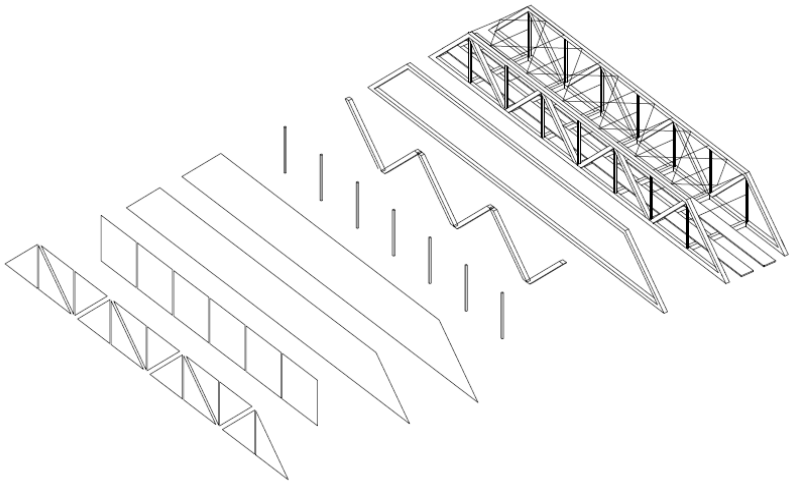
สะพานโครงถัก

โครงถักประกอบขึ้นจากเส้นหลายเส้นเรียงตัวและเชื่อมต่อกันอย่างมีระเบียบ (order) เป็นรูปสามเหลี่ยมจำนวนหนึ่ง และประกอบกันเป็นโครงถัก

องค์ประกอบพื้นฐานทางสถาปัตยกรรมของสะพานโครงถักประกอบด้วย เส้น ซึ่งทำหน้าที่เสมือนโครงกรอบของสะพานเป็นรูปสี่เหลี่ยมคางหมู (trapezoid) และชิ้นส่วนประกอบโครงถัก มีลักษณะเป็นเส้นตั้งและเส้นทแยง โดยเส้นทแยงจะมีขนาดหรือความหนามากกว่าเส้นตั้ง เส้นทแยงและเส้นตั้งนี้เรียงตัวกันอย่างมีระเบียบเป็นจังหวะแบบซ้ำและจังหวะแบบสลับ ดังแสดงในภาพที่ 5.1.3 และ 5.1.4 จนเกิดเป็นยูนิตฟอร์ม (unit form) หรือโครงถัก 1 หน่วย เกิดเป็นสะพานโครงถักขึ้น และเมื่อยูนิตฟอร์มแต่ละหน่วยสร้างความสัมพันธ์กันแบบมุมต่อมุม (corner to corner in contact) ไปเรื่อยๆ จะเกิดสะพานโครงถักหลายช่วง

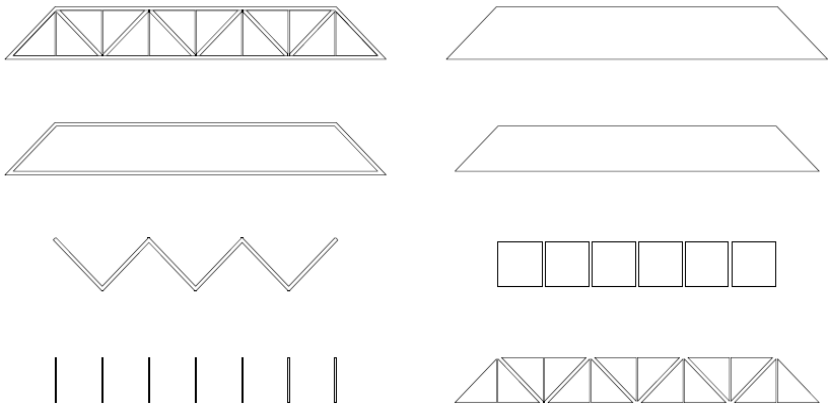
เมื่อพิจารณาที่ว่างที่ปรากฏพบว่า เกิดระนาบในความนึกคิดรูปสามเหลี่ยมและสี่เหลี่ยมขึ้นเป็นจังหวะแบบซ้ำต่อเนื่องกันไปเรื่อยๆ

รูปด้านบนและรูปด้านล่างของสะพานโครงถัก ประกอบด้วยส้น 2 เส้นที่มีคุณสมบัติเหมือนกัน วางตัวขนานกัน ทำให้เกิดที่ว่างรูปสี่เหลี่ยม มีเส้นนอนวางขวางเป็นระยะห่างที่เท่ากัน เพื่อเชื่อมเส้นทั้งสอง และทำให้เกิดที่ว่างรูปสี่เหลี่ยมย่อยๆ ภายในรูปสี่เหลี่ยมย่อยมีเส้นทแยงมุมตัดกันเป็นกากบาท ดังแสดงในภาพที่ 5.1.3



ภาพที่ 5.1.3 ลักษณะของสะพานโครงถักกลุ่มตัวอย่าง

ที่มา: ผู้วิจัย



ภาพที่ 5.1.4 องค์ประกอบพื้นฐานของโครงสร้างสะพานส่วนบนของสะพานโครงถัก

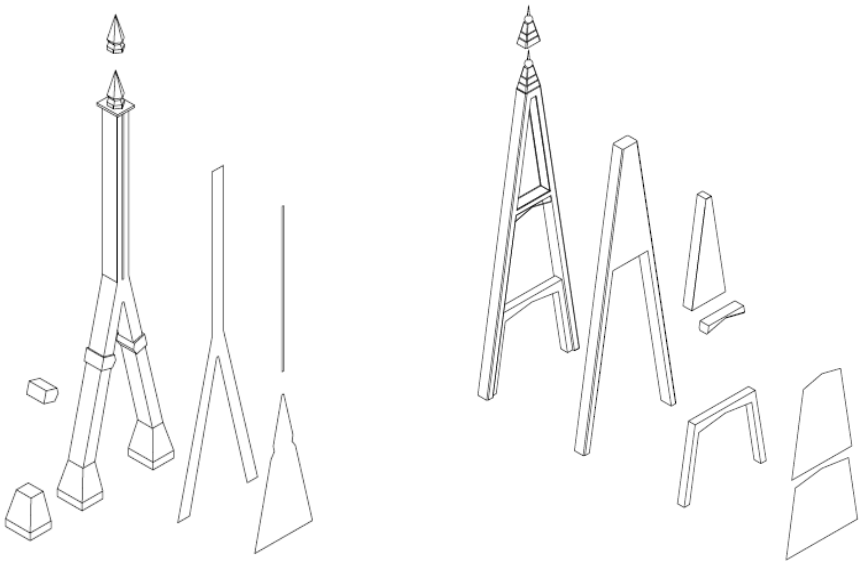
ที่มา: ผู้วิจัย

สะพานขึง

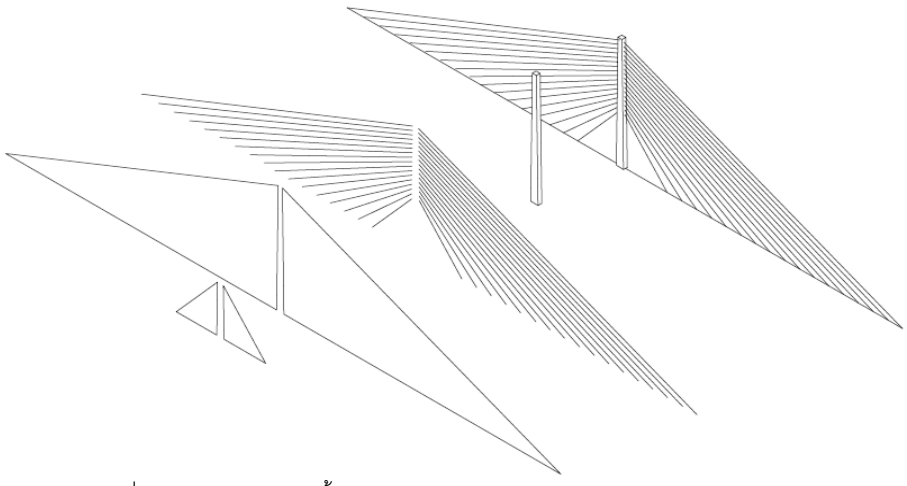
องค์ประกอบพื้นฐานทางสถาปัตยกรรมของสะพานขึงประกอบด้วยองค์ประกอบหลัก คือ เสาขึง และเคเบิลวิ่งทำหน้าที่รับน้ำหนักตัวสะพาน เสาขึงมี 2 แบบ คือ แบบที่ 1 มีลักษณะเป็นเส้นตั้ง คล้ายเสากระโดงเรือ มีหน้าตัดเป็นรูปต่างๆ เช่น รูปสี่เหลี่ยม รูปวงกลม เป็นต้น ส่วนแบบที่ 2 เป็นรูปทรงต่างๆ (ดู บทที่ 2 ข้อ2.1.6) ประกอบด้วย เส้นตั้ง เส้นนอน และเส้นเฉียง และเรียงตัวปิดล้อมทำให้เกิดที่ว่าง เป็นรูปสี่เหลี่ยมหรือสามเหลี่ยม เป็นต้น เสาขึงหนึ่งต้นอาจประกอบด้วยองค์ประกอบย่อยอื่นๆ ซึ่งมีลักษณะและประโยชน์ใช้สอยแตกต่างกันไป สำหรับสะพานข้ามแม่น้ำกลุ่มตัวอย่างที่ทำการศึกษา พบว่ามีองค์ประกอบย่อยเป็นจุดประดับตกแต่งบริเวณยอดของเสาขึง ดังแสดงในภาพที่ 5.1.5

เสาขึงนอกจากทำหน้าที่รับน้ำหนักตัวสะพานที่ส่งผ่านเคเบิลแล้ว ยังเป็นองค์ประกอบของสะพานที่สามารถทำให้ผู้คนจดจำสะพานและแยกแยะสะพานขึงแต่สะพานออกจากกันด้วยรูปทรงที่แตกต่างกันของเสาขึง

เคเบิลเป็นองค์ประกอบที่มีลักษณะเป็นเส้นเรียงตัวกัน จนเกิดเป็นระนาบในความนึกคิดรูปสามเหลี่ยม ซึ่งเป็นลักษณะของระนาบที่เกิดขึ้นเฉพาะสะพานขึงเท่านั้น โดยสามารถมองเห็นได้จากด้านยาวของสะพาน ดังแสดงในภาพที่ 5.1.6



ภาพที่ 5.1.5 องค์ประกอบพื้นฐานของโครงสร้างสะพานส่วนบนของสะพานขึง: เสาขึง
ที่มา: ผู้วิจัย



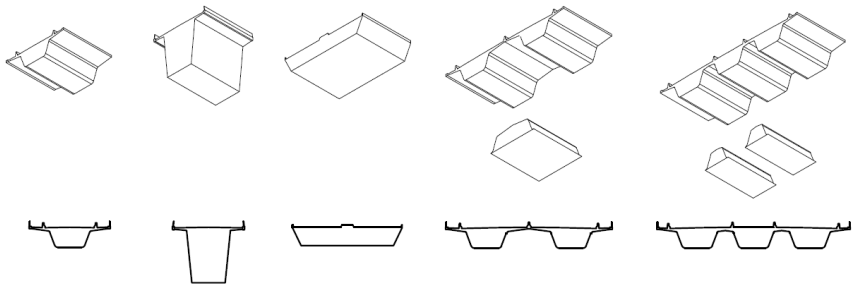
ภาพที่ 5.1.6 องค์ประกอบพื้นฐานของโครงสร้างสะพานส่วนบนของสะพานขึง: เคเบิล
ที่มา: ผู้วิจัย

5.1.2 ตัวสะพาน

ตัวสะพานประกอบด้วยองค์ประกอบพื้นฐานที่มีลักษณะเป็นเส้นหรือระนาบนอนตามยาว จากการจำแนกและสร้างกลุ่มหัวข้อสามารถจัดกลุ่มตัวสะพานของสะพานข้ามแม่น้ำกลุ่มตัวอย่างได้ 4 ลักษณะ ได้แก่ ตัวสะพานที่มีลักษณะเป็นกล่อง ตัวสะพานที่มีลักษณะเป็นพื้นและคานคู่ ตัวสะพานที่มีลักษณะเป็นพื้นและคานมากกว่า 2 คาน และตัวสะพานที่มีลักษณะเป็นตาราง

ตัวสะพานที่มีลักษณะเป็นกล่อง

ตัวสะพานที่มีลักษณะเป็นกล่อง ส่วนมากมีหน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมคางหมู (trapezoid) และมีปีก (flange) ยื่นออกไปทางข้างจากส่วนบน มีขนาดเท่ากันหรือไม่เท่ากันก็ได้ ความลึกของหน้าตัดขึ้นอยู่กับช่วงความยาวสะพานและวิธีการก่อสร้าง ดังแสดงในภาพที่ 5.1.7 สะพานข้ามแม่น้ำกลุ่มตัวอย่างที่มีตัวสะพานลักษณะนี้ส่วนมากเป็นที่มีช่วงความยาวสะพานมากกว่า 100 เมตร เช่น สะพานสมเด็จพระปิ่นเกล้า และสะพานพระราม 8 เป็นต้น



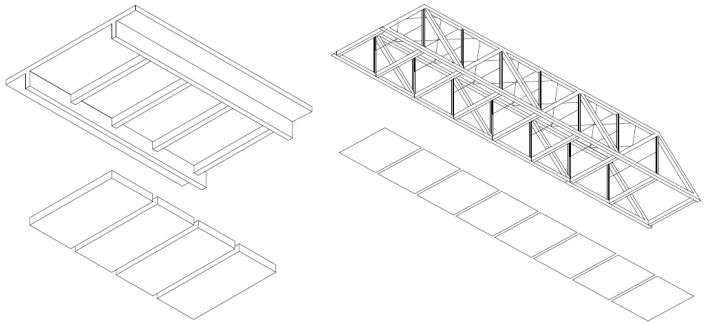
ภาพที่ 5.1.7 ลักษณะของตัวสะพานที่มีลักษณะเป็นกล่อง

ที่มา: ผู้วิจัย

ตัวสะพานที่มีลักษณะเป็นพื้นและคานคู่

ตัวสะพานที่มีลักษณะเป็นพื้นและคานคู่ประกอบด้วยองค์ประกอบพื้นฐาน คือ ระนาบนอนของพื้น เส้นตามยาวของคานหลักตามแนวยาวของตัวสะพาน และเส้นตามขวางของคานซอยซึ่งอยู่ระหว่างคานหลัก การเรียงตัวของคานหลักและคานซอยทำให้เกิดพื้นที่ปิดล้อมเป็นปริมาตรในความนึกคิดรูปทรงสี่เหลี่ยมขนาดเท่ากันที่ใต้ท้องสะพานดังแสดงในภาพที่ 5.1.8 สะพานข้ามแม่น้ำกลุ่มตัวอย่างที่มีตัวสะพานลักษณะนี้ เช่น สะพานเดชาติวงศ์ สะพานรัษฎาภิเษก เป็นต้น

สะพานข้ามแม่น้ำกลุ่มตัวอย่างที่เป็นสะพานเหล็กซึ่งมีตัวสะพานในลักษณะนี้จะมีหน้าตัดของคานเป็นเหล็กรูปตัวไอ (I-beam) และมีคานเหล็กขวางเช่นเดียวกันกับสะพานโค้ง



ภาพที่ 5.1.8 ลักษณะของตัวสะพานที่มีลักษณะเป็นพื้นและคานคู่

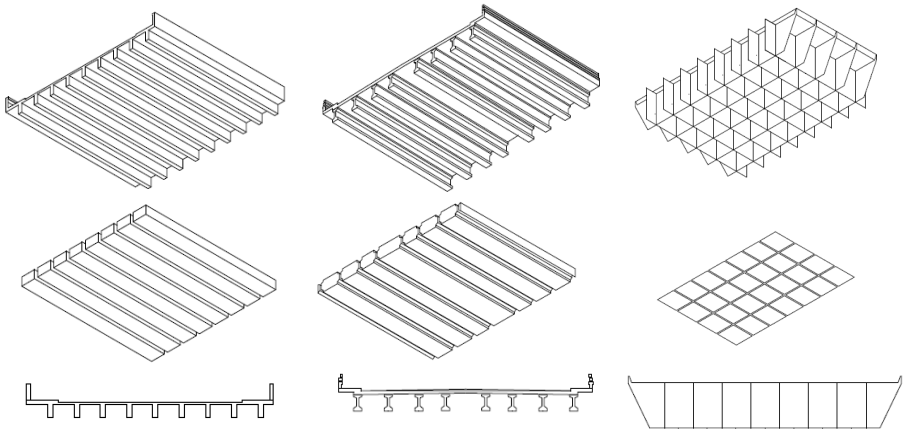
ที่มา: ผู้วิจัย

ตัวสะพานที่มีลักษณะเป็นพื้นและคานมากกว่า 2 คาน

ตัวสะพานที่มีลักษณะเป็นพื้นและคานมากกว่า 2 คานประกอบด้วยองค์ประกอบพื้นฐาน คือ ระนาบนอนของพื้น และเส้นของคานตามแนวยาวของตัวสะพาน ซึ่งมีการเรียงตัวเป็นจังหวะแบบซ้ำเป็นระยะห่างเท่ากัน ทำให้เปรากฏเป็นที่ว่างระหว่างเส้นของคาน เป็นเส้นตามแนวยาวของระนาบพื้นเช่นกัน ดังแสดงในภาพที่ 5.1.9 (1) คานลักษณะนี้ส่วนมากมีหน้าตัดเป็นรูปตัวไอ (I) ทำให้รูปด้านข้างเกินพื้นผิว (texture) เป็นรูปนูน (relief) ขึ้น ซ้ำกันเป็นจังหวะแบบซ้ำ ดังแสดงในภาพที่ 5.1.9 (2)

ตัวสะพานที่มีลักษณะเป็นตาราง

ตัวสะพานที่มีลักษณะเป็นตาราง มีหน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมคางหมู สร้างจากชิ้นส่วนของแผ่นเหล็กประกอบกันเป็นแผ่นพื้น ประกอบด้วยระนาบนอน ระนาบตั้งตามยาว และระนาบตั้งตามขวางประกอบกัน มีลักษณะเป็นตารางคล้ายแผ่นพื้นแบบวาฟเฟิล (waffle slab) เรียกว่า open box plate girder ดังแสดงในภาพที่ 5.1.6 (2)



(1) (2) (3)

ภาพที่ 5.1.9

(1) (2) ลักษณะของตัวสะพานที่มีลักษณะเป็นพื้นและคานมากกว่า 2 คาน

(3) ลักษณะของตัวสะพานที่มีลักษณะเป็นตัวสะพานที่มีลักษณะเป็นตาราง

ที่มา: ผู้วิจัย

5.1.3 เสาตอม่อ

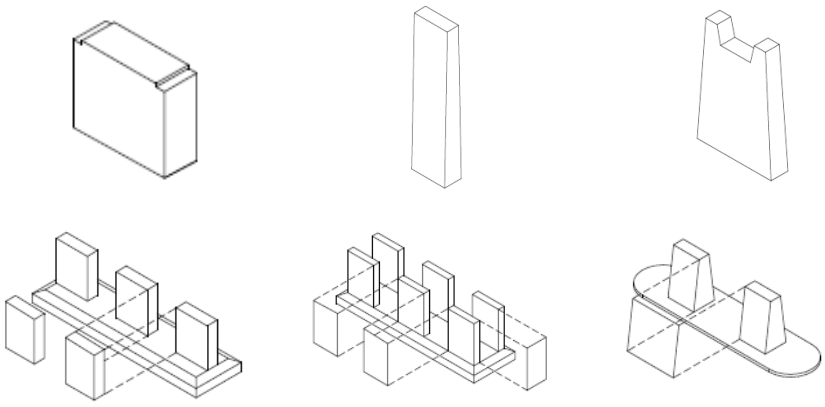
จากการจำแนกและสร้างกลุ่มหัวข้อสามารถจัดกลุ่มเสาตอม่อของสะพานข้ามแม่น้ำกลุ่มตัวอย่างได้เป็น 2 ลักษณะได้แก่ เสาตอม่อที่มีลักษณะทึบตัน (solid) และเสาตอม่อที่มีลักษณะเป็นรยางค์ (skeleton)

เสาตอม่อที่มีลักษณะทึบตัน (solid)

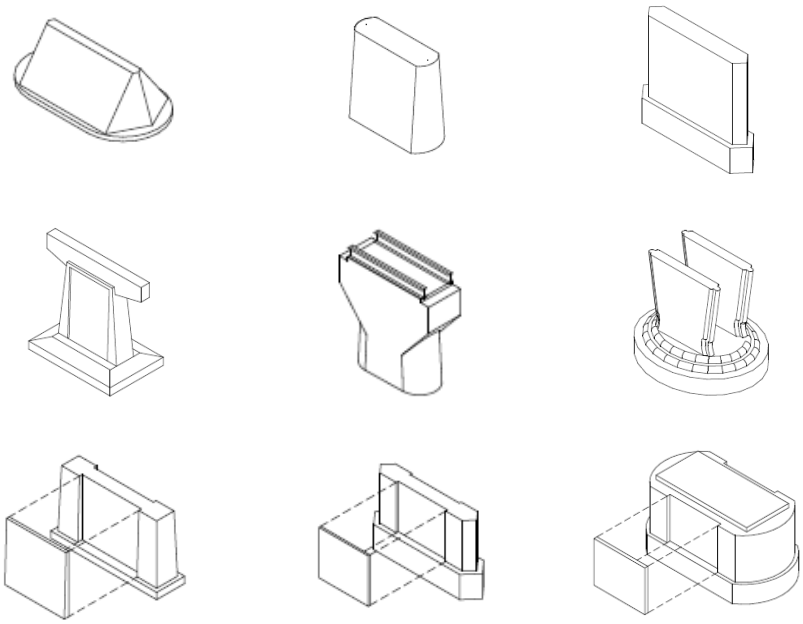
เสาตอม่อที่มีลักษณะทึบตัน เกิดจากรูปทรงสี่เหลี่ยมและรูปทรงกระบอกซึ่งเป็นรูปทรงเรขาคณิตพื้นฐาน ส่วนเสาตอม่อรูปทรงอื่น เกิดจากการเปลี่ยนรูป (transformation) ของรูปทรงพื้นฐานที่กล่าวมาข้างต้น โดยการเพิ่ม (addition) การลด (substraction) และการบิด (distortion) เป็นต้น ให้มีลักษณะเหมาะสมกับการรับแรงของโครงสร้างแบบต่างๆ จนเป็นรูปทรงที่ซับซ้อน บางครั้งอาจมีการเซาะร่อง สร้างลวดลาย ทำให้เกิดผิวสัมผัสที่เปลี่ยนไป ดังแสดงในภาพที่ 5.1.10

เสาตอม่อที่มีลักษณะเป็นรยางค์ (skeleton)

เสาตอม่อที่มีลักษณะรยางค์ มีลักษณะคล้ายกับโครงสร้างแบบเสาและคานหรือแบบเฟรมซึ่งเกิดจากเส้นตั้งและเส้นนอนประกอบกัน เกิดที่ว่างเป็นรูปสี่เหลี่ยมขึ้น สำหรับเสาตอม่อกลุ่มนี้สามารถจำแนกเป็น 3 กลุ่มย่อยคือ แบบที่ 1 มีเสาหรือเส้นตั้ง 2 เสาและเส้นนอน สร้างพื้นที่ปิดล้อมทำให้เกิดระนาบตั้งรูปสี่เหลี่ยมในความนึกคิด 1 รูป แบบที่ 2 มีเสาหรือเส้นตั้งมากกว่า 2 เสาขึ้นไปและเส้นนอน สร้างพื้นที่ปิดล้อมเป็นรูปสี่เหลี่ยมในคามนึกคิดขนาดเท่าๆกันหลายรูป ปรากฏเป็นการเรียงเป็นจังหวะแบบซ้ำ และแบบที่ 3 เป็รุปทรงอื่น เช่น ตัวอักษรวี (v) ดังแสดงในภาพที่ 5.1.11

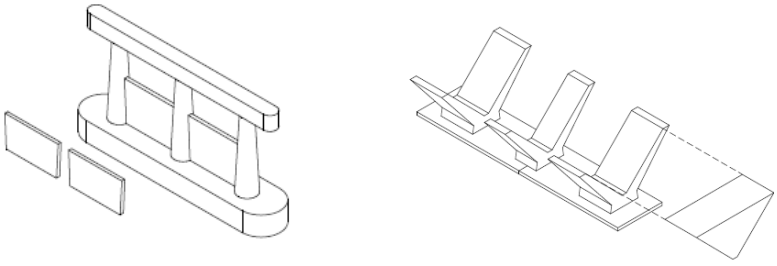


ภาพที่ 5.1.10 องค์ประกอบและรูปแบบของเสาตอม่อที่มีลักษณะทึบตัน
ที่มา: ผู้วิจัย



ภาพที่ 5.1.10(ต่อ) ลักษณะของเสาตอม่อที่มีลักษณะทึบตัน

ที่มา: ผู้วิจัย



ภาพที่ 5.1.11 ลักษณะของเสาตอม่อที่มีลักษณะเป็นรยางค์

ที่มา: ผู้วิจัย

นอกจากนี้สะพานยังประกอบด้วยองค์ประกอบทางสถาปัตยกรรมอื่น เช่น เสาเชิงสะพาน รั้ว ราวกันตก ซึ่งใช้ประกอบหรือประดับตกแต่งสะพานให้เกิดความสวยงาม และยังสะท้อนความนิยมในรูปแบบ (style) ของแต่ละยุคสมัยด้วย ดังแสดงในภาพที่ 5.1.12

(1) นวรัฐ

(2) พระราม 4

(3) นเรศวร

(4) กษัตราธิราช

(4) มิตรภาพ 3

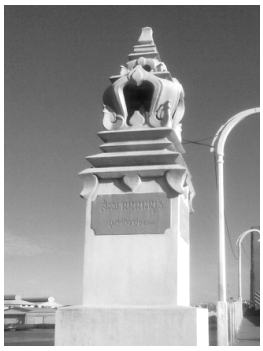
(5) รัษฎาภิเศก

(6) ปรีดี-ธำรง

(7) ปฐมบรมราชา

(8) กรุงเทพ

(9) กรุงธน


(10) นนทบุรี

(11) พระราม 8

ภาพที่ 5.1.12 เสาเชิงสะพาน

ที่มา (1) (4) (5) (6) (7) (8) (9) (10) (12)ผู้วิจัย

(2) http://www.sdlwonga.com/unity_v.php?team=samparn&id=474

(3) http://www.oknation.net/blog/print.php?id=23432 (11) http://www.pg.in.th/photo/view/783945

5.2 การวิเคราะห์และสังเคราะห์รูปแบบการส่องสว่างสำหรับองค์ประกอบของสะพาน

หลังจากการวิเคราะห์ลักษณะและรูปแบบขององค์ประกอบสะพาน (5.1) แล้วผู้วิจัยได้จัดกลุ่มองค์ประกอบสะพานเป็น 3 กลุ่มคือ โครงสะพานส่วนบน ตัวสะพาน และตอม่อ แต่ละกลุ่มประกอบด้วยกลุ่มย่อยที่จำแนกตามรูปทรงและลักษณะได้ดังนี้

(1) โครงสร้างสะพานส่วนบน ได้แก่ สะพานแบบคาน สะพานโค้ง สะพานโครงถัก และสะพานขึง

(2) ตัวสะพาน ได้แก่ ตัวสะพานที่มีลักษณะเป็นกล่อง ตัวสะพานที่มีลักษณะเป็นพื้นและคานคู่ ตัวสะพานที่มีลักษณะเป็นพื้นและคานมากกว่า 2 คาน และตัวสะพานที่มีลักษณะเป็นตาราง

(3) ตอม่อ ได้แก่ เสาตอม่อที่มีลักษณะทึบตัน (solid) และเสาตอม่อที่มีลักษณะเป็นรยางค์ (skeleton)

5.2.1 โครงสร้างสะพานส่วนบน

โครงสร้างสะพานส่วนบนเป็นองค์ประกอบของสะพานข้ามแม่น้ำที่มีการส่องสว่างมากที่สุด ตามข้อค้นพบจากการศึกษานำร่องเรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างการส่องสว่างและส่วนประกอบหลักของงานสถาปัตยกรรมของสะพาน (ดูบทที่ 2 หัวข้อ 2.14) โดยสามารถมองเห็นจากมุมมองด้านบนและด้านข้างได้ชัดเจน ส่วนมุมมองด้านล่างจะเห็นเพียงบางส่วนขึ้นอยู่กับตำแหน่งของผู้มอง

สะพานแบบคาน

องค์ประกอบที่แสดงให้เห็นถึงลักษณะที่โดดเด่นของสะพานแบบคาน คือตัวคานสะพานซึ่งมีลักษณะเป็นเส้นนอนทอดยาวเชื่อมระหว่างสองฝั่งแม่น้ำ สะพานแบบคานบางสะพาน อาจมีเส้นนอนดังกล่าวที่มีความลึก จนทำให้เกิดความรู้สึกว่าเป็นระนาบ แต่ทว่าลักษณะความเป็นเส้นยังคงโดดเด่นกว่าลักษณะอื่นๆ

การส่องสว่างสะพานแบบคานเพื่อเน้นเส้นนอนของสะพานสามารถใช้วิธีการสาดส่องด้วยดวงโคมแบบสาดย้อมผนัง (washlighting) หรือส่องลง (downlighting) และใช้ GOBO หรือ filter เพื่อสร้างสีสันและลวดลายบนพื้นผิวหรือระนาบที่มีการส่องสว่างได้อีกทางหนึ่งดังแสดงในภาพที่ 5.2.1

ภาพที่ 5.2.1 การส่องสว่างสะพานแบบคานด้วยเทคนิคการสาดส่อง

ที่มา: ผู้วิจัย

อีกทางเลือกหนึ่งในการส่องสว่างคือการใช้ไฟราว หรือหลอดไฟขนาดเล็กซึ่งให้แสงสว่างเป็นจุดมาเรียงต่อเนื่องกันเป็นเส้นคล้ายไฟราว rope light ประดับเพื่อแสดงโครงกรอบของสะพาน แต่วิธีนี้สามารถแสดงลักษณะความเป็นเส้นของสะพานได้น้อยกว่าวิธีแรก ดังแสดงในภาพที่ 5.2.2

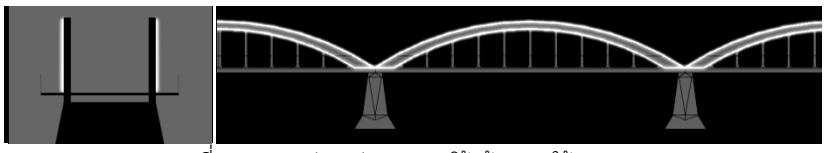
ภาพที่ 5.2.2 การส่องสว่างสะพานแบบคานด้วยการใช้ rope light

ที่มา: ผู้วิจัย

สะพานโค้ง

องค์ประกอบที่แสดงให้เห็นถึงลักษณะที่โดดเด่นของสะพานประเภทนี้ คือ ส่วนโค้งของสะพานซึ่งหมายถึง โค้ง (arch) ซึ่งทำหน้าที่เป็นโครงสร้างสะพานส่วนบน หรือระนาบรูปครึ่งวงกลม ซึ่งเป็นระนาบที่เกิดจากความนึกคิดซึ่งเกิดจากโค้งและชิ้นส่วนโครงสร้างที่ทำหน้าที่ถ่ายแรงจากตัวสะพานไปยังโค้ง การส่องสว่างที่ทำให้ปรากฏภาพลักษณะดังกล่าวสามารถทำได้ โดยต้องคำนึงถึงมุมมองด้วยซึ่งการส่องสว่างให้เห็นลักษณะโค้งของสะพานสามารถทำได้ดังนี้

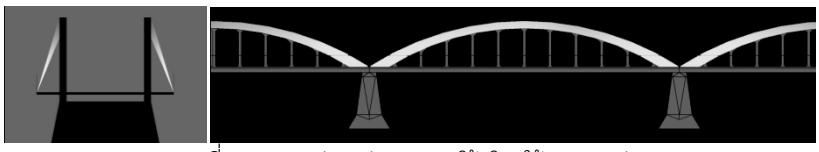
(1) ส่องเน้นให้เห็นโครงกรอบรูปโค้งของสะพาน โดยการใช้ไฟราว หรือหลอดไฟขนาดเล็กซึ่งให้แสงสว่างเป็นจุดมาเรียงต่อเนื่องกันเป็นเส้นคล้ายไฟราว หรือใช้ rope light ส่องสว่างเพื่อเน้นโครงกรอบ ดังแสดงในภาพที่ 5.2.3



ภาพที่ 5.2.3 การส่องสว่างสะพานโค้งด้วยการใช้ rope light

ที่มา: ผู้วิจัย

(2) ส่องเน้นให้เห็นผิวโค้ง โดยใช้การสาดส่องเน้นดวงโคมแบบสาดย้อมผนัง หรือส่องขึ้นที่มีมุมลำแสงไม่กว้างมากนัด แต่ต้องระมัดระวังไม่ให้เกิดแสงไปรบกวนผู้ใช้ทาง เนื่องจากบริเวณโค้งที่ส่องสว่างอยู่ในระดับสายตาของผู้ใช้ทาง ดังแสดงในภาพที่ 5.2.4



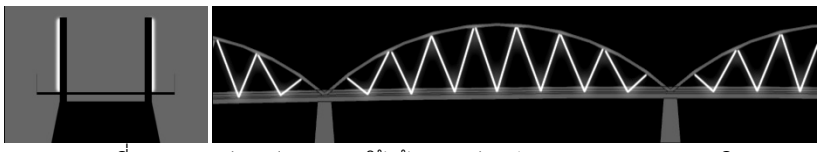
ภาพที่ 5.2.4 การส่องสว่างสะพานโค้งโดยใช้การสาดส่อง

ที่มา: ผู้วิจัย

(3) ส่องเน้นโครงตั้ง หรือสลิงที่ใช้ถ่ายน้ำหนักไปยังโค้งเพื่อให้เกิดระนาบโค้งในความนึกคิดซึ่งเกิดจากเส้น การส่องสว่างโครงตั้งสามารถใช้การส่องขึ้น หรือส่องลงด้วยดวงโคมมุมมลำแสงแคบ (narrow spot) ไปยังระนาบพื้นผิวได้ ส่วนสลิงใช้การประดับไฟราว หรือ rope light ดังแสดงในภาพที่ 5.2.5 และ 5.2.6

ภาพที่ 5.2.5 การส่องสว่างสะพานโค้งโดยการส่องเน้นโครงตั้ง

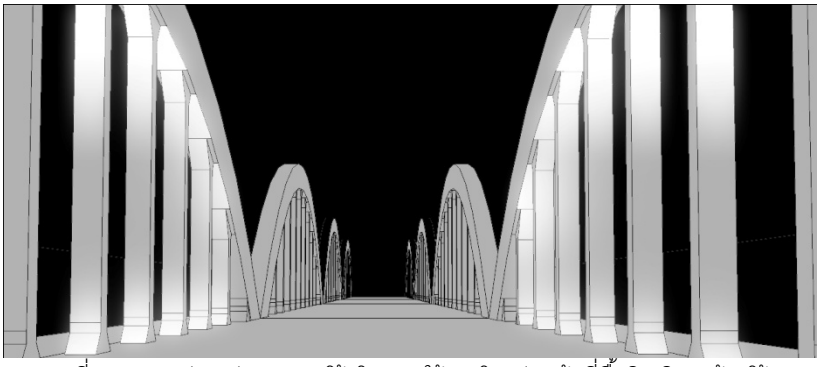
ที่มา: ผู้วิจัย



ภาพที่ 5.2.6 การส่องสว่างสะพานโค้งด้วยการประดับ rope light ตามแนวสลิง

ที่มา: ผู้วิจัย

การส่องสว่างโค้งทั้ง 3 วิธีข้างต้นสามารถนำมาใช้ร่วมกันได้ การส่องสว่างให้เห็นโค้งสำหรับมุมมองของผู้ใช้สะพาน สามารถใช้การส่องสว่างขึ้นไปยังพื้นผิวบริเวณท้องโค้ง ด้วยดวงโคมส่องขึ้นที่มีลักษณะแคบยาว ติดตั้งบริเวณตัวสะพาน แต่ต้องระวังไม่ให้เกิดแสงรบกวนผู้ใช้ทาง ดังแสดงในภาพที่ 5.2.7



ภาพที่ 5.2.7 การส่องสว่างสะพานโค้งโดยการใช้ดวงโคมส่องเน้นที่พื้นผิวบริเวณท้องโค้ง

ที่มา: ผู้วิจัย

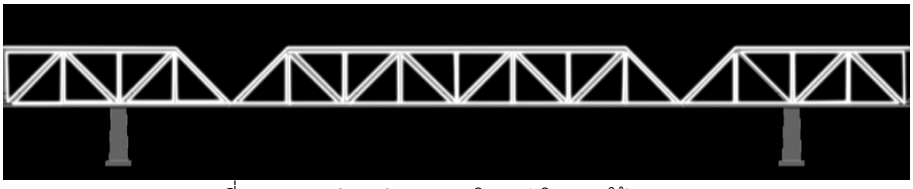
สะพานโครงถัก

องค์ประกอบที่แสดงให้เห็นถึงลักษณะที่โดดเด่นของสะพานโครงถัก คือ โครงสร้างของสะพานที่ประกอบกันขึ้นจากชิ้นส่วนจำนวนมาก การส่องสว่างสะพานประเภทนี้สามารถใช้ไฟราว หรือหลอดไฟขนาดเล็กซึ่งให้แสงสว่างเป็นจุดมาเรียงต่อเนื่องกันเป็นเส้นคล้ายไฟราว rope light หรือใช้ดวงโคมที่มีมุมลำแสงแคบส่องเน้น

จากมุมของรูปสี่เหลี่ยม หรือจุดตัด ส่องสว่างชิ้นส่วนเพื่อโครงสร้างของสะพาน ดังแสดงในภาพที่ 5.2.8 5.2.9 และ 5.2.10 การใช้ไฟราว หรือ rope light จะให้แสงที่มีความสว่างสม่ำเสมอ ส่วนการใช้ดวงโคมมุมลำแสงแคบส่องเน้นจะให้ที่มีความสว่างไล่ระดับจากความเข้มของแสงมากไปหาน้อย

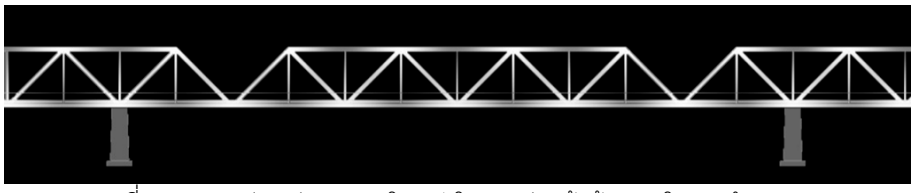
ที่ 5.2.8 การส่องสว่างสะพานโครงถักโดยการใช้ไฟราวประดับ

ที่มา: ผู้วิจัย



ภาพที่ 5.2.9 การส่องสว่างสะพานโครงถักโดยการใช้ rope light

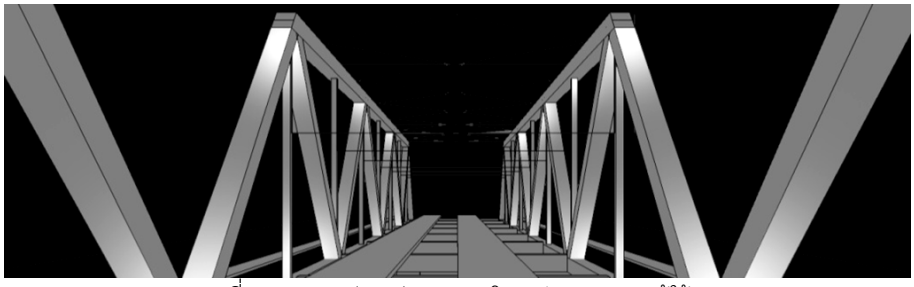
ที่มา: ผู้วิจัย



ภาพที่ 5.2.10 การส่องสว่างสะพานโครงถักโดยการส่องเน้นด้วยดวงโคมมุมลำแสงแคบ

ที่มา: ผู้วิจัย

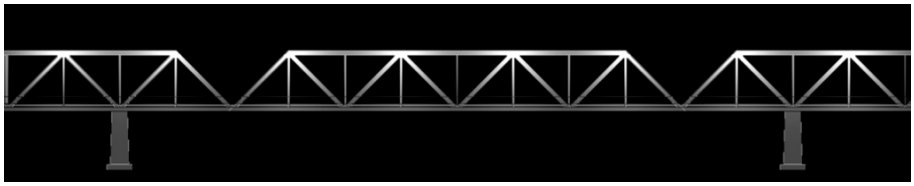
การส่องสว่างสำหรับประดับตกแต่งสะพานโครงถัก ตำแหน่งในการติดตั้งดวงโคมมีผลต่อมุมมองกล่าวคือ หากมีการติดตั้งดวงโคมที่ผิวด้านนอกของโครงถัก จะมองเห็นส่วนที่มีการส่องสว่างจากด้านข้างสะพานซึ่งไม่รบกวนผู้ใช้ทาง หากติดตั้งด้านอื่นๆ อาจทำให้มองเห็นจากมุมมองด้านข้างไม่ชัด แต่ผู้ใช้ทางสามารถมองเห็นขณะขับขี่ยานพาหนะผ่านสะพานดังแสดงในภาพที่ 5.2.11



ภาพที่ 5.2.11 การส่องสว่างสะพานโครงถักของมุมมองผู้ใช้ทาง

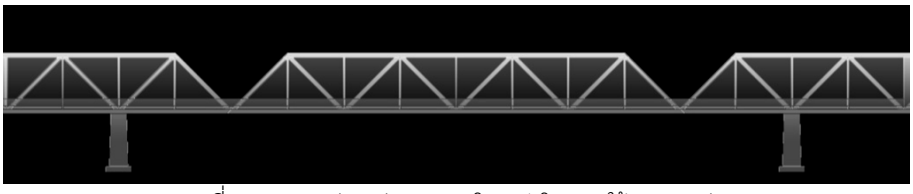
ที่มา: ผู้วิจัย

การส่องสว่างเพื่อแสดงให้เห็นถึงโครงสร้างของสะพานโครงถัก ไม่จำเป็นต้องมีการส่องสว่างทุกชิ้นส่วน แต่ควรส่องสว่างให้เห็นรูปสามเหลี่ยมหลายรูปประกอบกัน ซึ่งเป็นลักษณะโดดเด่นของโครงสร้างประเภทนี้ดังแสดงในภาพที่ 5.2.12



ภาพที่ 5.2.12 การส่องสว่างสะพานโครงถักเพื่อแสดงให้เห็นถึงโครงสร้าง
ที่มา: ผู้วิจัย

นอกจากการส่องสว่างดังกล่าวข้างต้นแล้ว ยังสามารถใช้การสาดส่องเพื่อแสดงให้เห็นถึงโครงสร้างอีกทางหนึ่งด้วย ทว่าการส่องสว่างด้วยวิธีนี้จะทำให้เกิดแสงรบกวนผู้ใช้ทางจึงเหมาะสมกับสะพานที่ใช้กับรถไฟมากกว่าดังแสดงในภาพที่ 5.2.13

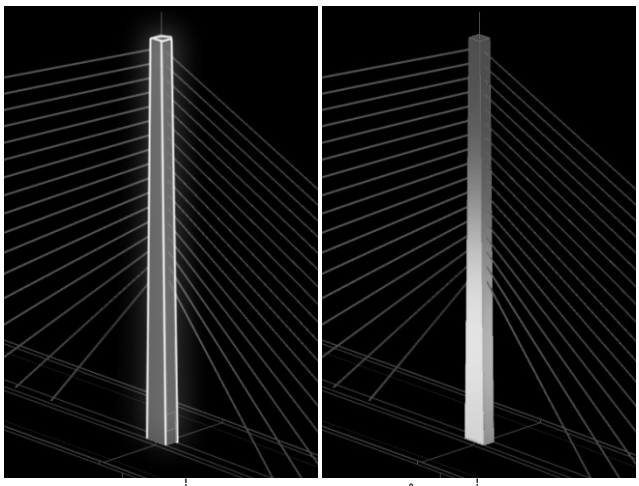


ภาพที่ 5.2.13 การส่องสว่างสะพานโครงถักโดยการใช้การสาดส่อง
ที่มา: ผู้วิจัย

สะพานขึง

องค์ประกอบหลักของสะพานขึง คือ เสาขึงและเคเบิล จากการวิเคราะห์พบว่าเป็นองค์ประกอบพื้นฐานต่างละประเภท จึงใช้เทคนิคในการส่องสว่างเพื่อประดับตกแต่งที่ต่างกัน

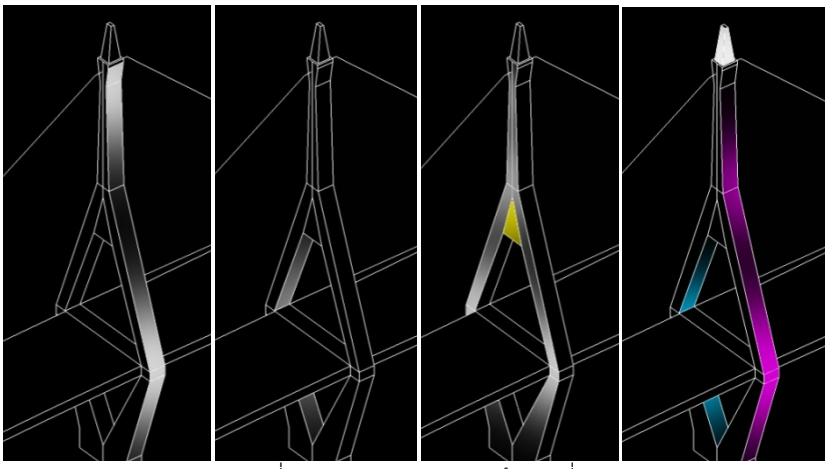
เสาขึงแบบที่ 1 มีลักษณะคล้ายเสากระโดงเรือเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยม ซึ่งพิจารณาในภาพรวมแล้วมีลักษณะเป็นเส้น ทว่าการมองเห็นในระยะใกล้สามารถพิจารณาเป็นรูปร่างหรือรูปทรงได้ วิธีการส่องสว่างจึงขึ้นอยู่กับความต้องการในการมองเห็น เช่น การเน้นเสาขึงให้เป็นเส้น สามารถใช้ไฟราว หรือหลอดไฟขนาดเล็กซึ่งให้แสงสว่างเป็นจุดมาเรียงต่อเนื่องกันเป็นเส้นคล้ายไฟราว rope light ตลอดแนวความสูงของเสาขึง หากต้องการเน้นรูปทรงหรือระนาบของเสาขึง สามารถใช้ดวงโคมสาดส่องด้วยเทคนิคส่องขึ้น ส่องลง หรือส่องขึ้นและลง ในทิศทางต่างๆ ขึ้นอยู่กับมุมมองของผู้มอง เสาขึงที่มีความสูงมากอาจต้องใช้ดวงโคมมากกว่าหนึ่งโคมในการส่องสว่างดังแสดงในภาพที่ 5.2.14



ภาพที่ 5.2.14 การส่องสว่างเสาขึงแบบที่ 1

ที่มา: ผู้วิจัย

เสาขึงแบบที่ 2 เกิดจากการประกอบกันของรูปทรงพื้นฐาน ทำให้เกิดรูปทรงที่มีความซับซ้อนและปรากฏเป็นที่ว่างขึ้น การส่องสว่างสามารถส่องเน้นเสาขึงและหรือที่ว่าง อย่างใดอย่างหนึ่ง หรือสองอย่างก็ได้ ขึ้นอยู่กับการจัดองค์ประกอบทางสถาปัตยกรรม นอกจากนี้การส่องสว่างไปยังรูปเสาขึงยังสามารถแบ่งออกเป็นพื้นผิวด้านนอก (outer surface) และพื้นผิวด้านใน (inner surface) หรือส่องจากมุมของรูปทรงก็ได้ ดังแสดงในภาพที่ 5.2.15 นอกจากนี้ยังต้องคำนึงถึงมุมมองในการมองเห็นเสาขึงด้วย

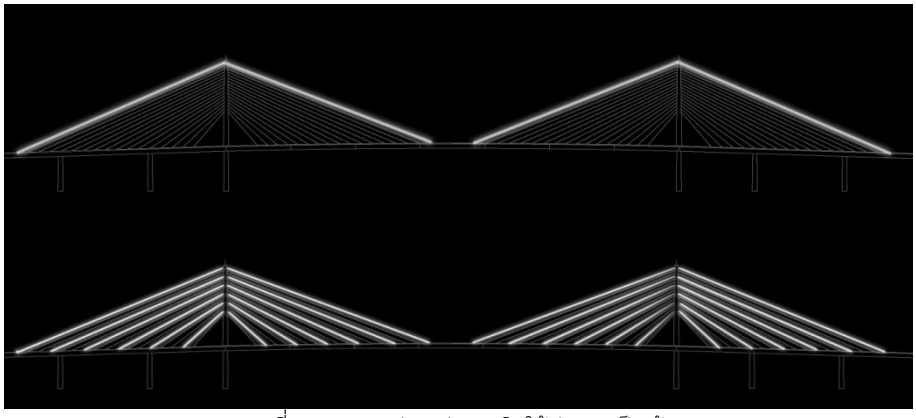


ภาพที่ 5.2.15 การส่องสว่างเสาขึงแบบที่ 2

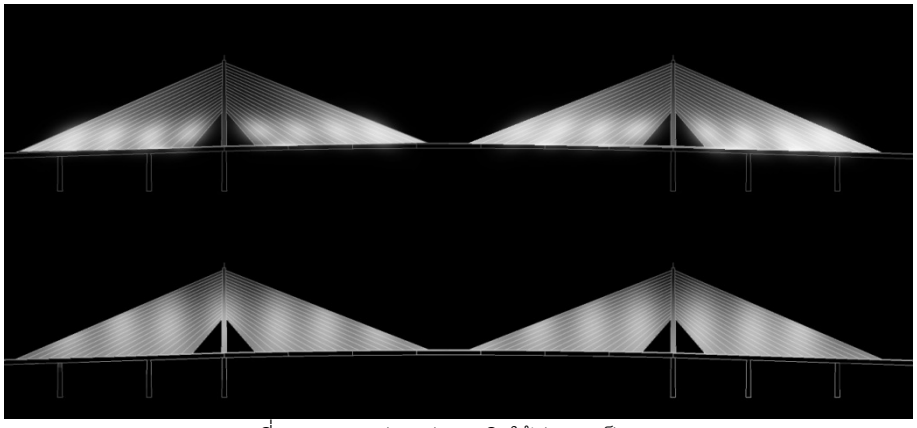
ที่มา: ผู้วิจัย

การส่องสว่างเคเบิลสามารถส่องสว่าง โดยเลือกเน้นองค์ประกอบให้ปรากฏเป็นเส้นหรือระนาบ การส่องสว่างให้ปรากฏเป็นเส้นสามารถการใช้หลอดไฟขนาดเล็กซึ่งให้แสงสว่างเป็นจุดมาเรียงต่อเนื่องกันเป็นเส้น หรือใช้ rope light ส่วนการส่องสว่างให้ปรากฏเป็นระนาบของเคเบิล สามารถใช้การสาดส่อง ด้วยเทคนิคการส่องขึ้น หรือ

ส่องลง ทั้งจากมุมของรูปสามเหลี่ยม ตามแนวของสายเคเบิล หรือส่องขึ้นตามแนวสะพาน ดังแสดงในภาพที่ 5.2.16 และ 5.2.17



ภาพที่ 5.2.16 การส่องสว่างเคเบิลให้ปรากฏเป็นเส้น
ที่มา: ผู้วิจัย



ภาพที่ 5.2.17 การส่องสว่างเคเบิลให้ปรากฏเป็นระนาบ
ที่มา: ผู้วิจัย

5.2.2 ตัวสะพาน

จากการวิเคราะห์รูปแบบการส่องสว่างตัวสะพาน สามารถแบ่งตัวสะพานออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ระนาบด้านข้างของตัวสะพาน และระนาบล่างสะพานหรือท้องสะพาน โดยทั่วไปตัวสะพานสามารถมองเห็นได้จาก มุมมองด้านล่างจากเรือ มุมมองด้านล่างจากฝั่ง และมุมมองด้านข้าง

ตัวสะพานด้านข้าง

การส่องสว่างตัวสะพานด้านข้างของตัวสะพานทั้ง 4 กลุ่มย่อยไม่มีความแตกต่างกัน จากการวิเคราะห์พบว่าตัวสะพานด้านข้างเป็นเส้นยาว รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าหรือรูปโค้ง และมีลักษณะผิวสัมผัสเรียบเหมือนกัน การส่องสว่างตัวสะพานด้านข้างสามารถใช้การสาดส่องด้วยการส่องลง โดยติดตั้งดวงโคมใต้ปีกคานแล้ว ส่องลงมายังตัวสะพานด้านข้าง เช่นเดียวกับวิธีการสาดย้อมผนัง (washlighting) นอกจากนี้ยัง

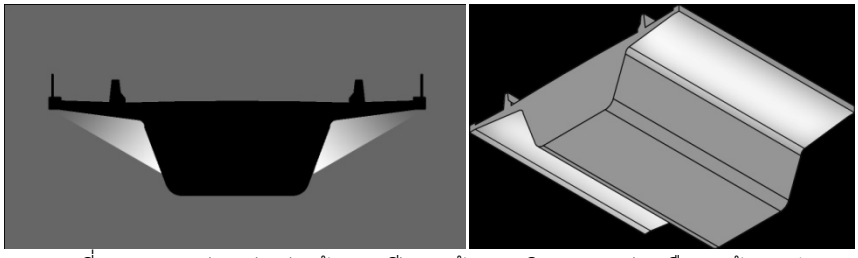
สามารถใช้ GOBO ช่วยในการสร้างลวดลายบนพื้นผิวสะพานได้อีกทางหนึ่งดังแสดงในภาพที่ 5.2.1

ตัวสะพานแบบที่มีลักษณะเป็นพื้นและคานมากกว่า 2 คาน บางสะพานซึ่งมีคานหน้าตัดรูปตัวไอ (I-beam) จะมีผิวด้านข้างเป็นรูปนูนต่ำซ้ำกันเป็นจังหวะ ซึ่งเกิดจากลักษณะของโครงสร้าง จากการวิเคราะห์สามารถว่าสามารถนำเทคนิค“จังหวะ” มาช่วยสร้างความน่าสนใจแก่ตัวสะพานด้านข้างที่มีลักษณะดังกล่าวได้

ตัวสะพานด้านล่าง

ส่วนล่างของตัวสะพานหรือเรียกกันว่า ท้องสะพานนั้น แม้ว่ามิได้เป็นองค์ประกอบที่มีความโดดเด่น สามารถแสดงรูปร่าง รูปทรงของสะพาน แต่ก็สามารถส่องสว่างเพื่อสร้างความน่านสนใจให้กับสะพานนนั้นๆ โดยเฉพาะสะพานที่มีการจัดกิจกรรมบริเวณใต้สะพานเป็นประจำ หรือมีการสัญจรทางน้ำเป็นปริมาณมาก

ตัวสะพานด้านล่างประกอบด้วยส่วนที่เป็นระนาบและรูปทรง (positive form) และที่ว่าง (negative space) การส่องสว่างไปยังระนาบของท้องสะพานซึ่งมีลักษณะเป็นแนวยาวสามารถใช้การสาดส่องไปยังท้องสะพาน จากการวิเคราะห์พบว่า ควรใช้เทคนิคการควบคุมลำแสงไปในทิศทางที่ต้องการ (sharp cutting off) ร่วมด้วย นอกจากนี้ยังสามารถใช้ GOBO ช่วยในการสร้างลวดลายบนพื้นผิวสะพานได้อีกทางหนึ่ง และการส่องสว่างไปยังบริเวณท้องของส่วนปีกคาน สามารถใช้เทคนิคการสาดส่องหรือสาดย้อมผนัง โดยติดตั้งดวงโคมส่องขึ้นที่ตัวสะพานดังแสดงในภาพที่ 5.2.18



ภาพที่ 5.2.18 การส่องสว่างส่วนท้องของปีกคานด้วยเทคนิคการสาดส่องหรือสาดย้อมผนัง

ที่มา: ผู้วิจัย

ที่ว่างบริเวณท้องสะพานมีหลายรูปแบบ ซึ่งสามารถแบ่งตามกลุ่มย่อยของตัวสะพานทั้ง 4 ชนิดดังนี้

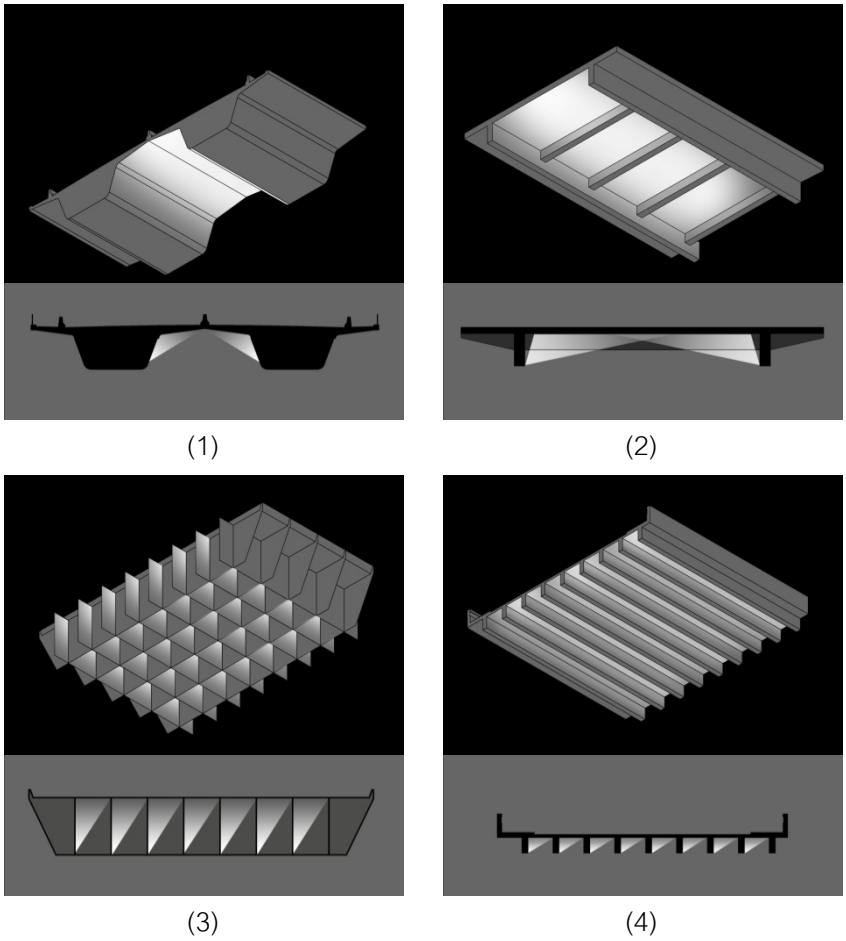
(1) ตัวสะพานที่มีลักษณะเป็นกล่อง ไม่มีที่ว่างในส่วนท้องสะพาน ทว่าจะมีที่ว่างเกิดขึ้นระหว่างตัวสะพานหลายสะพานในสะพานเดียวกัน เช่น สะพานพระราม 7 สะพานสมเด็จพระปิ่นเกล้า เป็นต้น

(2) ตัวสะพานที่มีลักษณะเป็นพื้นและคานคู่ มีที่ว่างเกิดจากการปิดล้อมของคานหลักและคานซอยเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยม

(3) ตัวสะพานที่มีลักษณะเป็นพื้นและคานมากกว่า 2 คาน เกิดที่ว่างเกิดจากความสองคานเป็นเส้นยาวตามความยาวสะพาน

(4) ตัวสะพานที่มีลักษณะเป็นตารางเกิดที่ว่างที่เกิดจากช่องว่างของแผ่นพื้นที่มีลักษณะเป็น waffle เป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมขนาดเล็กหลายรูป

การส่องสว่างที่ว่างส่วนตัวสะพานด้านล่าง สามารถใช้เทคนิคส่องขึ้นโดยติดตั้งดวงโคมบริเวณท้องคานและส่องไปยังท้องพื้น



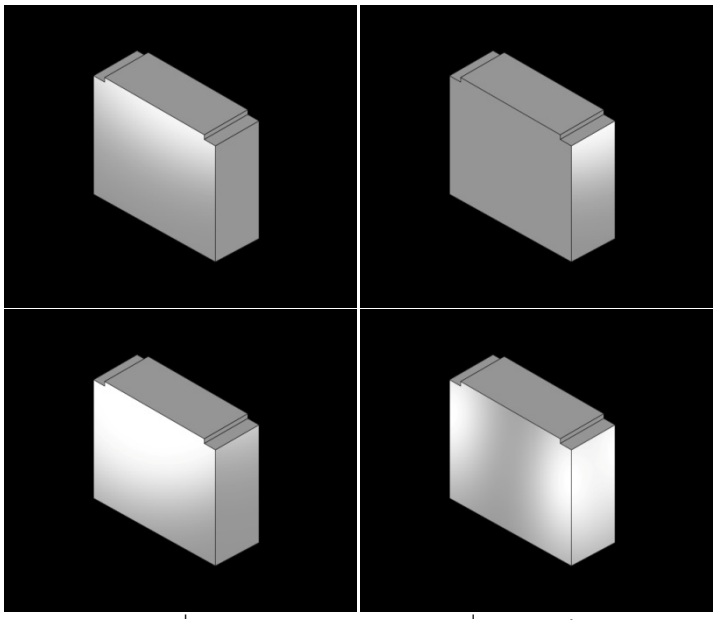
ภาพที่ 5.2.19 การส่องสว่างตัวสะพาน
(1) ลักษณะเป็นกล่อง (2) ลักษณะเป็นพื้นและคานคู่
(3) ลักษณะเป็นพื้นและคานมากกว่า 2 คาน (4) ลักษณะเป็นตาราง
ที่มา: ผู้วิจัย

5.2.3 เสาตอม่อ

เสาตอม่อของสะพานข้ามแม่น้ำแต่ละประเภทมีลักษณะแตกต่างกัน บางสะพานอาจเห็นเสาตอม่อไม่ชัดเจน บางสะพานก็สามารถมองเห็นเสาตอม่อชัดเจนขึ้นอยู่กับความสูงของเสาตอม่อ สะพานข้ามแม่น้ำกลุ่มตัวอย่างที่มองเห็นเสาตอม่อได้ชัดเจน เช่น สะพานพระราม 3 สะพานพระราม 6 สะพานกรุงธน เป็นต้น นอกจากนี้สะพานบางแห่งยังมีเสาตอม่อที่มีลักษณะโดดเด่น เช่น สะพานสมเด็จพระเจ้าตากสิน จากการวิคราะห์รูปแบบเสาตอม่อ สามารถแบ่งเสาตอม่อออกเป็น 2 กลุ่มตามกลุ่มย่อยของเสาตัวม่อ ได้แก่ เสาตัวม่อที่มีลักษณะทึบตัน และเสาตอม่อที่มีลักษณะเป็นรยางค์

เสาตอม่อที่มีลักษณะทึบตัน (solid)

การส่องสว่างเสาตอม่อซึ่งมีลักษณะทึบตัน ไม่มีที่ว่างปรากฏภายในเสาตอม่อ การส่องสว่างจึงใช้การสาดส่อง ส่องเน้น ไปยังพื้นผิวหรือมุมต่างๆของเสาตอม่อ จำนวนของผิวหรือด้านต่างๆ ที่ส่องสว่าง ขึ้นอยู่กับมุมมอง หากมีการส่องสว่างไปยังพื้นผิวด้านที่ติดกัน การส่องสว่างโดยใช้ระดับความส่องสว่างเท่ากัน ทำให้เห็นพื้นผิวเป็นสองมิติ หากส่องโดยใช้ระดับความส่องสว่างที่ไม่เท่ากัน หรือมีความเปรียบต่างกัน ทำให้เห็นเสาตอม่อที่มีความเป็นสามมิติมากขึ้น เทคนิคที่ใช้ในการส่องเสาตอม่อสามารถใช้วิธีส่องขึ้น ส่องลง หรือส่องขึ้นและลงได้ ดังแสดงในภาพที่ 5.2.20



ภาพที่ 5.2.20 การส่องสว่างเสาตอม่อที่มีลักษณะทึบตัน

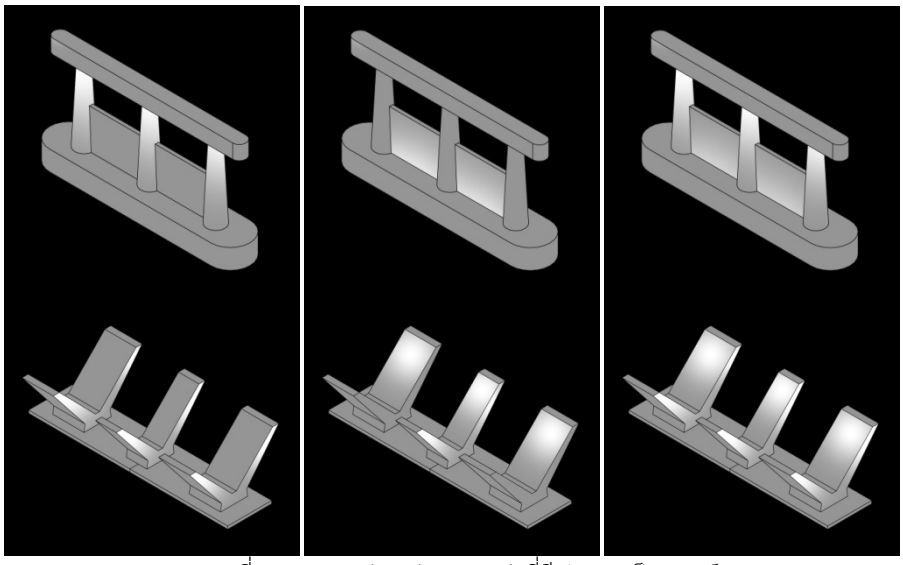
ที่มา: ผู้วิจัย

เสาตอม่อที่มีลักษณะเป็นรยางค์

เสาตอม่อที่มีลักษณะเป็นรยางค์ ประกอบด้วยส่วนที่เป็นระนาบและรูปทรง (positive form) และที่ว่าง (negative space) การส่องสว่างสามารถเลือกส่องไปยังรูปทรงและหรือที่ว่าง

การส่องสว่างเสาตอม่อที่มีลักษณะเป็นรยางค์ สามารถใช้การสาดส่องหรือส่องเน้น โดยใช้เทคนิคเดียวกันกับเสาตอม่อที่มีลักษณะทึบตัน นอกจากนี้การส่องสว่างไปยังรูปเสาขึงยังสามารถเลือกส่องสว่างเฉาพาะพื้นผิวด้านนอก และหรือพื้นผิวด้านในเช่นเดียวกันเสาขึง

ที่ว่างของเสาตอม่อที่มีลักษณะเป็นรยางค์เป็นรูปสี่เหลี่ยม สามารถใช้เทคนิคส่องขึ้น ส่องลง ส่องขึ้นและลง โดยผู้วิจัยเห็นว่า ควรใช้เทคนิคการควบคุมลำแสงไปในทิศทางที่ต้องการด้วย GOBO หรือ filter ร่วมด้วย



ภาพที่ 5.2.21 การส่องสว่างเสาตอม่อที่มีลักษณะเป็นรยางค์
ที่มา: ผู้วิจัย

เนื่องจากในสถานการณ์ปัจจุบัน หลายจังหวัดประสบอุทกภัย การใช้เทคนิคส่องขึ้นซึ่งจำเป็นต้องติดตั้งดวงโคมบริเวณด้านล่างของเสาตอม่อ มีความเสี่ยงที่จะได้รับความเสียหายจากน้ำท่วมได้ จึงแนะนำให้ใช้เทคนิคส่องลงและติดตั้งดวงโคมด้านบนของเสาตอม่อ เพื่อเลี่ยงปัญหาที่ทำให้ดวงโคมได้รับความเสียหาย

จากการวิเคราะห์ในข้อ 5.1 พบว่าองค์ประกอบของสะพานทุกประเภท ประกอบด้วย ภาพ (positive form) หรือองค์ประกอบพื้นฐานทางสถาปัตยกรรม และที่ว่าง (negative space) ซึ่งเกิดจากการปิดล้อมด้วยองค์ประกอบพื้นฐาน การส่องสว่างองค์ประกอบสะพานสามารถกระทำได้ทั้งองค์ประกอบพื้นฐานซึ่งมองเห็นได้และที่ว่าง โดยการส่องสว่างที่ว่างมี

ข้อพิจารณาคือ ลำแสงที่ส่องสว่างให้เห็นที่ว่างนั้นต้องไม่อยู่ในขอบเขตของการมองเห็น (field of view) หรือรบกวนการมองเห็นของผู้ขับขี่ หรือผู้สัญจรทั้งทางบกและทางน้ำ ซึ่งการป้องกันแสงนอกขอบเขตการมองเห็นอาจทำได้โดยการ ติดตั้งอุปกรณ์ที่หักเหหรือป้องกันลำแสงออกจากทางสัญจร

สีของวัตถุ (body colour) เป็นอีกปัจจัยหนึ่งในการเลือกแหล่งกำเนิดแสงที่ใช้ แม้ว่าปัจจุบันจะนิยมการใช้แหล่งกำเนิดแสงที่สามารถเปลี่ยนสีของแสงได้เพื่อสร้างความน่าสนใจ ทว่าการเลือกแหล่งกำเนิดแสงที่สามารถแสดงให้เห็นถึงสีของวัตถุของสะพานได้ จากการเก็บรวบรวมข้อมูลสะพานข้ามแม่น้ำกลุ่มตัวอย่างพบว่า วัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างสะพาน มีสีผิวของวัตถุที่ค่อนข้างซ้ำกัน คือ คอนกรีตเปลือย คอนกรีตทาสีขาว โลหะทาสีดำ เทา เขียวอมฟ้า และฟ้า นอกจากนี้ยังองค์ประกอบของเสาขึงซึ่งเป็นโลหะสีเหลืองด้วย

หลอดไฟบางชนิดไม่สามารถแสดงสีผิววัสดุสะพานบางสีได้ไม่ถูกต้องครบทุกสี เช่น หลอดโซเดียมความดันต่ำให้ความถูกต้องของสีต่ำ และให้แสงสีเหลืองเท่านั้น หลอดโซเดียมความดันสูง สามารถเน้นสีผิวของวัตถุที่มีสีเหลือง สีเหลืองส้มได้ หลอดอินแคนเดสเซนต์สามารถให้แสงสีครบทุกสี แต่ให้สีของแสงสีฟ้าอมเขียวและสีฟ้าไม่สดใสมาก

หลอดไฟฟ้าที่สามารถให้สีของแสงสีฟ้าอมเขียวและสีฟ้าซึ่งเป็นสีวัสดุของสะพานข้ามแม่น้ำกลุ่มตัวอย่างประเภทสะพานโครงถัก ได้ค่อนข้างครบทุกสี ได้แก่ หลอดฟลูออเรสเซนต์หลอดปรอทแรงดันสูงให้แสงสีม่วง น้ำเงิน เขียว และเหลืองได้ค่อนข้างดี สีส้มได้ปานกลาง และสีฟ้าและสีเหลืองได้ค่อนข้างต่ำ ส่วนหลอดเมทัลฮาไลด์ให้สีของแสงค่อนข้างดีทุกสียกเว้น สีเหลือง

บทที่ 6

สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

6.1 รูปแบบโครงสร้างทางสถาปัตยกรรมของสะพาน

สะพานข้ามแม่น้ำในประเทศไทยเริ่มก่อสร้างขึ้นในช่วงปี พ.ศ. 2440 ในหัวเมืองฝั่งเหนือ เช่น เมืองเชียงใหม่ เมืองลำปางและเมืองพิษณุโลก เพื่อเชื่อมชุมชนสองฝั่งเมืองเข้าด้วยกัน สะพานที่สร้างขึ้นในสมัยนั้นมีความยาวประมาณ 100- 200 เมตร ในช่วงแรกเป็นสะพานไม้และพัฒนาเป็นสะพานเหล็ก การออกแบบและควบคุมงานก่อสร้างใช้วิศวกรชาวต่างชาติ และมีเจ้านายชั้นสูงเป็นประธานในการอำนวยการก่อสร้าง ในช่วงหลังปี พ.ศ. 2470 จนถึงต้นปี พ.ศ. 2500 จึงมีการสร้างสะพานข้ามแม่น้ำในกรุงเทพขึ้นเพื่อเชื่อมฝั่งพระนครและฝั่งธนบุรี มีความยาวประมาณ 200- 300 เมตร เป็นสะพานโครงสร้างเหล็กออกแบบโดยวิศวกรชาวต่างชาติ

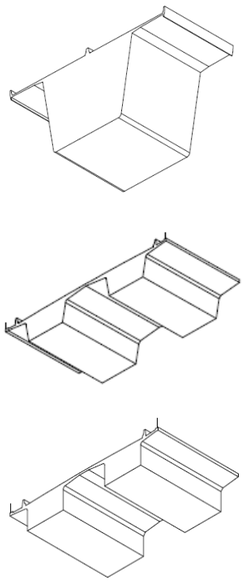
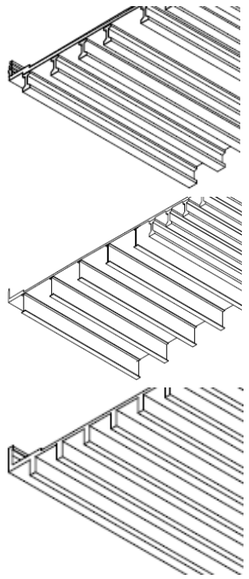
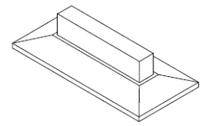
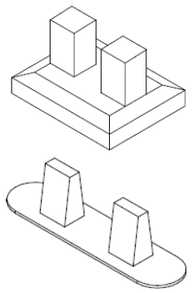
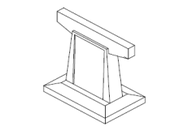
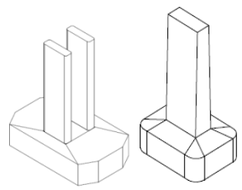
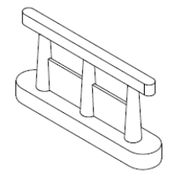
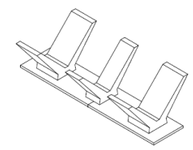
สะพานในช่วงหลังปี พ.ศ. 2510 เป็นสะพานข้ามแม่น้ำที่สร้างขึ้นเพื่ออำนวยความสะดวกในการคมนาคมและบรรเทาปัญหาการจราจรของสะพานที่มีอยู่แล้ว สะพานที่สร้างขึ้นมีความยาวตั้งแต่ 150 – 4,000 เมตร มีช่องจราจรมากขึ้น สะพานหลายแห่งสร้างเป็นทางยกระดับยาวต่อเนื่อง โครงสร้างของสะพานเป็นสะพานคอนกรีตเสริมเหล็ก และออกแบบโดยหน่วยงานของรัฐบาลหรือบริษัทเอกชน ซึ่งอาจมีที่ปรึกษาชาวต่างชาติ

ในปี พ.ศ. 2530 เริ่มมีการก่อสร้างสะพานขึงบริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยาเพื่อบรรเทาปัญหาการจราจรในพื้นที่กรุงเทพฯ ตอนใต้ และลดปัญหาที่เกิดจากตอม่อสะพานซึ่งเป็นอุปสรรคในการเดินเรือสินค้าบริเวณปากแม่น้ำ นอกจากนี้มีการสร้างสะพานคู่ขนาน หรือขยายผิวการจราจรสะพานบริเวณสะพานที่สร้างขึ้นในช่วงก่อนปี พ.ศ. 2530 เพื่อรองรับการจราจรที่เพิ่มมากขึ้นตามลำดับ โดยมีขนาดและรูปแบบที่ไม่แตกต่างกับสะพานเดิมที่มีอยู่

จากการทบทวนเอกสาร สัมภาษณ์และเทียบเคียงข้อมูลและรูปแบบของกลุ่มตัวอย่างที่นำมาศึกษาพบว่า สะพานที่มีสร้างในช่วงเวลาไล่เลี่ยกัน และมีรูปแบบของโครงสร้างสะพานส่วนบนเหมือนกัน เป็นแบบหรือมีแนวคิดในการออกแบบเดียวกัน แต่มีขนาดและความยาวสะพานรวมทางลาดต่างกัน เช่น สะพานปรีดี-ธำรงกับสะพานเดชาติวงศ์ สะพานกรุงเทพสะพานกรุงธนกับสะพานนนทบุรี สะพานปทุมธานีกับสะพานพระนั่งเกล้า เป็นต้น

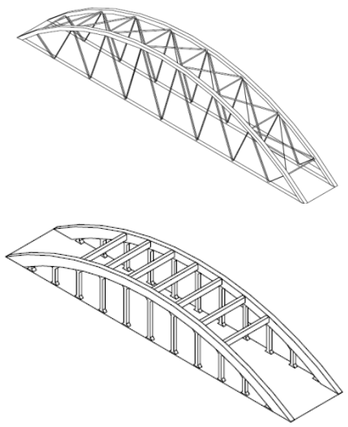
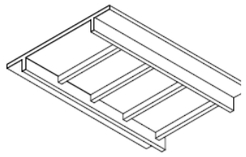
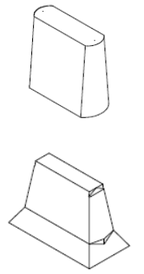
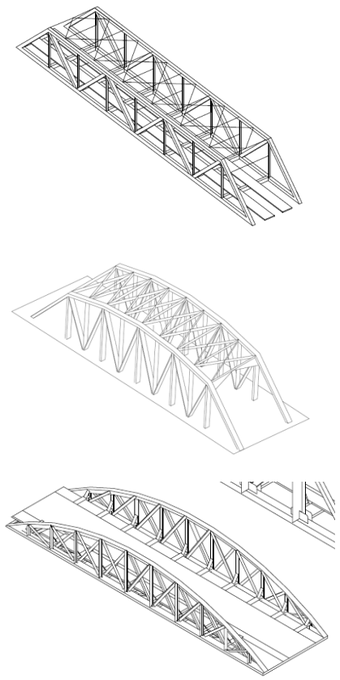
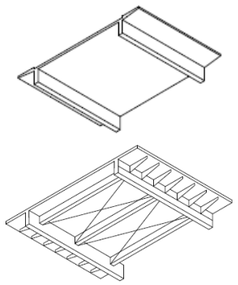
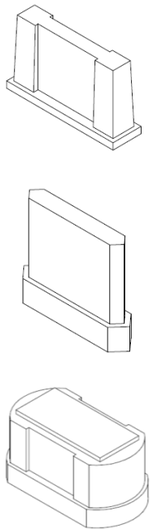
ตลอดกว่า 100 ปีที่ผ่านมา รูปแบบของสะพานข้ามแม่น้ำในประเทศไทยมีการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่อง เกิดขึ้นจากปัจจัยหลักคือ ความยาวของสะพานและเทคโนโลยีในการก่อสร้าง โดยสามารถจำแนกรูปแบบองค์ประกอบของสะพานที่ค้นพบ ดังแสดงในตารางที่ 6.1.1

ตารางที่ 6.1.1 ตารางแสดงรูปแบบขององค์ประกอบของสะพานข้ามแม่น้ำกลุ่มตัวอย่าง

รูปแบบสะพาน	โครงสร้างสะพานส่วนบน	ตัวสะพาน				ตอม่อสะพาน	
		ลักษณะกล่อง	พื้นและคานคู่	คานมากกว่า 2 คาน	ตาราง	ทึบตัน	รยางค์
สะพาน แบบคาน						   	 

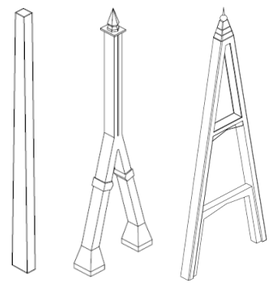
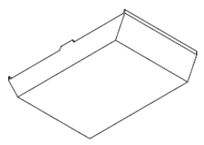
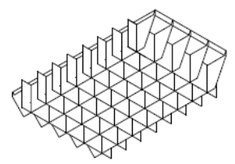
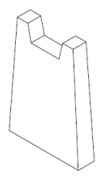
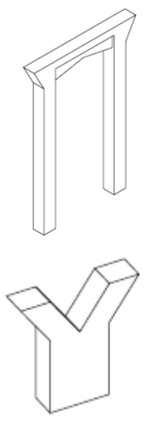
รูปประกอบในตารางไม่ได้เขียนในมาตราส่วนเดียวกัน

ตารางที่ 6.1.1 ตารางแสดงรูปแบบขององค์ประกอบของสะพานข้ามแม่น้ำกลุ่มตัวอย่าง (ต่อ)

รูปแบบสะพาน	โครงสร้างสะพานส่วนบน	ตัวสะพาน				ตอม่อสะพาน	
		ลักษณะกล่อง	พื้นและคานคู่	คานมากกว่า 2 คาน	ตาราง	ทึบตัน	รยางค์
สะพานโค้ง							
สะพานโครงถัก							

รูปประกอบในตารางไม่ได้เขียนในมาตราส่วนเดียวกัน

ตารางที่ 6.1.1 ตารางแสดงรูปแบบขององค์ประกอบของสะพานข้ามแม่น้ำกลุ่มตัวอย่าง (ต่อ)

รูปแบบสะพาน	โครงสร้างสะพานส่วนบน	ตัวสะพาน				ตอม่อสะพาน	
		ลักษณะกล่อง	พื้นและคานคู่	คานมากกว่า 2 คาน	ตาราง	ทึบตัน	รยางค์
สะพานขึง							

รูปประกอบในตารางไม่ได้เขียนในมาตราส่วนเดียวกัน

6.2 หลักเกณฑ์ในการออกแบบการส่องสว่างสำหรับประดับตกแต่งสะพานข้ามแม่น้ำ

6.2.1 หลักเกณฑ์ในการออกแบบในการออกแบบการส่องสว่าง

ผู้วิจัยพบว่าหลักเกณฑ์ที่นำมาใช้ในการออกแบบการส่องสว่างสำหรับสะพานข้ามแม่น้ำ ระดับความส่องสว่าง ความสว่างและความจ้า และมลภาวะทางแสง ดังแสดงในตารางที่ 6.2.1

ตารางที่ 6.2.1 ตารางแสดงหลักเกณฑ์หรือวิธีที่เลือกใช้ในการออกแบบการส่องสว่างสำหรับประดับตกแต่งสะพานข้ามแม่น้ำ

หัวข้อ	เกณฑ์ที่ใช้
ระดับความส่องสว่าง - ทางสัญจร - การสาดส่องอาคารและอนุสาวรีย์	 AASHTO IESNA -Illuminances for floodlighting building and monuments
ความสว่าง - ความสว่างของอาคารหรืออนุสาวรีย์ในที่โล่งแจ้ง - อัตราส่วนความสว่าง	 Santen, 2006 IESNA Handbook
มลภาวะทางแสง - แสงรบกวน	 CIE-Limitation of the Effects of Obtrusive Light from Outdoor Lighting Installation

ที่มา: ผู้วิจัย

โดยค่าระดับความส่องสว่างเฉลี่ยในแนวตั้งของวัตถุ ในกรณีที่พื้นหลังของวัตถุสว่างมีค่าระหว่าง 50-150 ลักซ์ และในกรณีที่พื้นหลังของวัตถุมืด มีค่าระหว่าง 20-50 ลักซ์ ขึ้นอยู่กับสีของวัตถุ โดยวัตถุที่มีสีสว่างจะยอมให้มีค่าระดับความส่องสว่างน้อยกว่าวัตถุที่มีสีมืด เช่น สะพานคอนกรีตสีเทาอ่อน ยอมให้มีระดับความส่องสว่างเฉลี่ยในแนวตั้งของวัตถุในกรณีที่พื้นหลังสว่าง 55 ลักซ์ และในกรณีที่พื้นหลังมืดมีค่า 35 ลักซ์ คอนกรีตสีเทาเข้ม ยอมให้มีระดับความส่องสว่างเฉลี่ยในแนวตั้งของวัตถุในกรณีที่พื้นหลังมืดมีค่า 160 ลักซ์ และในกรณีที่พื้นหลังสว่าง100 ลักซ์ ตามลำดับ สำหรับวัสดุชนิดอื่นสามารถเปรียบเทียบจากค่าสัมประสิทธิ์ การสะท้อนแสงในตารางที่ 2.9.2 และตารางที่ 2.9.3

ค่าความสว่างของสะพานควรมีค่าระหว่าง 3.2 - 6.5 แคนเดลาต่อตารางเมตร ในขณะที่เกณฑ์ของ CIE ยอมให้มีค่าความสว่างเฉลี่ยบนเปลือกอาคารในเขตเมือง (E3-E4) มีค่า 10-25 แคนเดลาต่อตารางเมตร และมีอัตราส่วนความสว่างของวัตถุกับสิ่งแวดล้อมไม่เกิน 20 เท่า เว้นแต่ว่าสะพานตั้งอยู่ย่านการค้า หรือมีกิจกรรมกลางคืน

สามารถยอมให้มีอัตราส่วนความสว่างมากกว่าปกติได้ ส่วนสะพานที่ตั้งอยู่ในเขตชนบท หรือสวนสาธารณะ ยอมให้มีค่าอัตราส่วนความสว่างน้อยกว่า 20 เท่า

ด้านมลภาวะทางแสงตามเกณฑ์ของ CIE ในเขตเมืองซึ่งอยู่ในเขตที่มีแสงในสภาพแวดล้อมปานกลางถึงมาก เช่น ชุมชนในเขตเมืองขนาดเล็ก หรือรอยต่อเขตเมืองและชานเมือง เมืองหลวง และย่านที่มีกิจกรรมกลางคืน ยอมให้มีปริมาณแสงที่ส่องขึ้นไปยังท้องฟ้าโดยตรง (ULR) ร้อยละ 5- 15 ของปริมาณแสงทั้งหมด และมีความเข้มแสงที่แหล่งกำเนิดแสง 30 กิโลแคนเดลาก่อนเวลาเวลา 23.00 น. และมีค่า 1.0-2.5 กิโลแคเดลา หลังเวลา 23.00 น.

6.3 รูปแบบการส่องสว่างสำหรับประดับตกแต่งสะพานข้ามแม่น้ำ

จากผลการวิเคราะห์และจัดกลุ่มองค์ประกอบของสะพานข้ามแม่น้ำแล้ว ผู้วิจัยได้ใช้หลักเกณฑ์ขององค์ประกอบพื้นฐานทางสถาปัตยกรรม ได้แก่ จุด เส้น ระนาบ และปริมาตร รวมทั้งมุมมองในการมองเห็นมาพิจารณา เพื่อวิเคราะห์รูปแบบการส่องสว่างสำหรับประดับตกแต่งสะพานข้ามแม่น้ำ ดังนี้

สะพานแบบคาน

การส่องสว่างสำหรับประดับตกแต่งสะพานแบบคาน ใช้การส่องสว่างเพื่อเน้นระนาบของตัวสะพานซึ่งทำหน้าที่เป็นทั้งโครงสร้างสะพานส่วนบน (หรือ โครงสร้างรับตัวสะพาน) และตัวสะพาน การส่องสว่างจึงเน้นไปที่ระนาบบริเวณผิวด้านนอกของตัวสะพาน ทว่าการส่องสว่างไปยังระนาบนี้ไม่สามารถแสดงโครงกรอบ รูปร่าง หรือรูปทรงของสะพานได้ แต่สามารถช่วยเน้นแนวเส้นนอน และสื่อความหมายของสะพานที่เชื่อมสองฝั่งแม่น้ำได้ วิธีที่ใช้ในการส่องสว่าง สามารถทำได้โดยใช้การสาดส่องด้วยดวงโคมแบบสาดย้อมผนัง (washlighting) หรือส่องลง (downlighting) และใช้ GOBO หรือ filter เพื่อสร้างสีสรรและลวดลายบนพื้นผิวซึ่งสามารถสร้างความน่าสนใจเพิ่มขึ้น

สะพานโค้ง

การส่องสว่างสำหรับประดับตกแต่งสะพานโค้ง ใช้การส่องสว่างเพื่อส่องเน้นโครงกรอบ เส้นโค้ง หรือระนาบโค้งซึ่งเป็นลักษณะที่โดดเด่นของสะพานโค้งเป็น 3 แนวทางคือ แนวทางที่ 1 การเน้นโครงกรอบสามารถใช้ไฟราว หรือ rope light ตามโค้ง แนวทางที่ 2 การส่องเน้นเส้นโค้งใช้ดวงโคมสาดย้อมผนังส่องขึ้นไปยังพื้นผิวด้านข้างของโค้ง แต่ต้องมีการป้องกันไม่ให้เกิดแสงในทิศทางที่ไม่ต้องการไปรบกวนผู้ใช้ทาง และแนวทางที่ 3 การเน้นระนาบโค้งซึ่งเป็นระนาบในความนึกคิด ด้วยการส่องสว่างองค์ประกอบที่ทำหน้าที่ถ่ายน้ำหนักสะพาน

ไปยังโค้งทั้งแบบที่เป็นโครงตั้ง และสลิงด้วยการใช้ไฟส่องขึ้น หรือส่องลง และการใช้ไฟราวหรือ rope light ประดับ

นอกจากนี้ยังสามารถใช้การส่องสว่างขึ้นไปยังระนาบบริเวณท้องโค้ง ด้วยดวงโคมส่องขึ้นที่มีลักษณะแคบยาว ติดตั้งบริเวณตัวสะพาน แต่ต้องระวังไม่ให้เกิดแสงรบกวนผู้ใช้ทาง โดยการส่องสว่างด้วยวิธีนี้มองเห็นเฉพาะมุมมองของผู้ใช้ถนน หรือมุมมองที่มีลักษณะคล้ายคลึงกัน

สะพานโครงถัก

การส่องสว่างสำหรับประดับตกแต่งสะพานโครงถัก เป็นการเน้นให้เห็นถึงโครงสร้างของโครงถักซึ่งเป็นลักษณะเด่นของสะพานประเภทนี้ การส่องเน้นโครงสร้างสะพานสามารถทำได้ด้วยการใช้ไฟราว หรือ rope light หรือใช้ดวงโคมมุมลำแสงแคบส่องเน้นตามชิ้นส่วนต่างๆ ในด้านหรือมุมที่ต้องการ สำหรับสะพานโครงถักที่ใช้เป็นทางรถไฟ สามารถพิจารณาใช้การสาดส่องโครงสร้างสะพานก็ได้

สะพานขึง

การส่องสว่างสำหรับประดับตกแต่งสะพานขึงแบ่งเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนเสาขึง และส่วนเคเบิล การส่องสว่างเสาขึงสามารถใช้การสาดส่องไปยังพื้นผิวในด้านที่ประชิดกัน โดยใช้ระดับความส่องสว่างที่ไม่เท่ากัน หรือส่องเน้นบริเวณขอบมุม เพื่อให้เกิดความเป็นสามมิติของรูปทรง นอกจากนี้ยังควรเน้นส่วนยอดของเสาขึงซึ่งเป็นองค์ประกอบที่มองเห็นได้ในระยะไกล แต่ต้องระมัดระวังการส่องสว่างไปยังพื้นผิวด้านที่สามารถมองเห็นขณะรถยนต์เคลื่อนผ่าน ไม่ให้มีความสว่างมากเกินไปจนเกิดอันตรายในการใช้ทางได้

การส่องสว่างสายเคเบิลสามารถทำได้สามารถแบ่งออกเป็น 3 วิธีดังนี้ วิธีที่ 1 เป็นการเน้นโครงกรอบด้วยไฟราว หรือ rope light วิธีที่สองเป็นการเน้นเส้นของเคเบิลด้วยไฟราว หรือ rope light เช่นเดียวกับวิธีที่ 1 และวิธีที่ 3 เป็นการสาดส่องเคเบิลให้เกิดระนาบในความนึกคิดจากทิศทางต่างๆกัน ไป การส่องสว่างวิธีที่ 1 และวิธีที่ 2 เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมที่พื้นหลังมีความสว่างน้อย หรือค่อนข้างมืด เนื่องจากมีระดับความส่องสว่างเฉลี่ยในแนวตั้งต่ำ ส่วนวิธีที่ 3 เหมาะกับสภาพแวดล้อมที่พื้นหลังมีความสว่างค่อนข้างมาก หรือมาก เช่นในเขตเมืองหลวงที่มีกิจกรรมกลางคืน เป็นต้น

การส่องสว่างสะพานขึงอาจเลือกส่องสว่างเฉพาะเสาขึง หรือเคเบิลอย่างใดอย่างหนึ่ง หรือทั้งสององค์ประกอบก็ได้ หากเสาขึงมีรูปทรงที่โดดเด่นเป็นเอกลักษณ์ที่จดจำได้ ก็อาจไม่จำเป็นต้องส่องสว่างเคเบิล หรือมีการส่องสว่างที่มีระดับความส่องสว่างในแนวตั้งต่ำกว่า

ตัวสะพาน

การส่องสว่างตัวสะพานสามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ ระนาบด้านข้างตัวสะพาน และระนาบด้านล่างหรือท้องสะพาน โดยระนาบด้านข้างเป็นส่วนที่มีโอกาสมองเห็นได้มากกว่าระนาบด้านล่างของตัวสะพาน การส่องสว่างระนาบด้านข้างตัวสะพานเป็นนการเน้นให้เส้นของตัวสะพานซึ่งมีหมายถึงการเชื่อมต่อระหว่าง 2 ฝั่งปรากฏชัดเจนยิ่งขึ้น สามารถทำได้โดยการใช้การสาดส่องด้วยดวงโคมส่องลงหรือดวงโคมสำหรับสาดย้อมผนัง ส่วนการส่องสว่างท้องสะพานเป็นการเน้นให้เห็นมิติ รูปทรงและที่ว่างของตัวสะพาน โดยการใช้ดวงโคมส่องขึ้นไปยังท้องสะพาน

เสาตอม่อ

จากการจัดกลุ่มหัวข้อขององค์ประกอบ ได้จำแนกเสาตอม่อออกเป็น 2 กลุ่มคือ เสาตอม่อที่มีลักษณะทึบตัน และเสาตอม่อที่มีลักษณะเป็นรยางค์ โดยการส่องสว่างเสาตอม่อที่มีลักษณะทึบตันสามารถใช้เทคนิคเดียวกันกับการส่องสว่างประติมากรรมทั่วไป เช่น การสาดส่องไปยังพื้นผิวโดยมีระดับความส่องสว่างเท่ากันซึ่งทำให้รู้สึกถึงความแบบเรียบ ไม่แสดงมิติของรูปทรง กลับกันหากมีการส่องสว่างจากหลายทิศทาง ด้วยระดับความส่องสว่าง สีของแสงหรือส่องสว่างตามขอบมุมของตอม่อสะพาน สามารถทำให้รู้สึกถึงความมีมิติ (modelling) และแสงเงาได้ชัดเจน

ดวงโคมที่ใช้ในการส่องสว่างตอม่อสะพานควรเป็นดวงโคมชนิดส่องลงโดยติดตั้งบริเวณท้องของตัวสะพาน เพื่อป้องกันดวงโคมได้รับความเสียหายจากอุทกภัย

6.4 แนวทางในการออกแบบการส่องสว่างสำหรับประดับตกแต่งสะพานข้ามแม่น้ำ

สะพานเป็นองค์ประกอบของเมืองที่มีความโดดเด่นและน่าสนใจ การส่องสว่างสามารถช่วยเพิ่มระยะในการมองเห็นและสร้างแรงดึงดูดให้แก่สะพาน โดยองค์ประกอบที่มีการส่องสว่างเป็นอันดับแรกคือ โครงสร้างสะพานส่วนบน ซึ่งสามารถเป็นองค์ประกอบที่มีลักษณะโดดเด่นที่แตกต่างกันไปตามประเภทของสะพาน แม้กระทั่งสะพานประเภทเดียวกัน โครงสร้างสะพานส่วนบนยังมีลักษณะที่เป็นเอกลักษณ์ของแต่ละสะพาน เช่นเดียวกับงานประติมากรรมหรืออนุสาวรีย์ซึ่งเป็นหลักหมายตาของเมือง

องค์ประกอบของสะพานลำดับที่สองที่มีการส่องสว่างคือตัวสะพาน ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความเป็นสะพานที่มีการเชื่อมพื้นที่สองฝั่งแม่น้ำเข้าด้วยกัน และองค์ประกอบลำดับที่สามที่มีการส่องสว่าง คือตอม่อสะพาน ซึ่งโดยทั่วไปตอม่อสะพานมักมีลักษณะค่อนข้างคล้ายคลึงกัน ยกเว้นสะพานบางแห่งซึ่งมีตอม่อสะพานเป็นองค์ประกอบที่โดดเด่นของสะพาน เช่น สะพานสมเด็จพระเจ้าตากสิน จึงควรเน้นที่ตอม่อของสะพาน

การส่องสว่างองค์ประกอบต่างๆของสะพานอาจมีการเน้นลักษณะขององค์ประกอบที่แตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับความโดดเด่นซึ่งเป็นที่จดจำได้ และแนวความคิดของผู้ออกแบบ โดยสามารถจำแนกแนวทางการส่องสว่างสะพานข้ามแม่น้ำออกเป็น 4 แนวทางดังนี้

แนวทางที่ 1 การส่องเน้นโครงกรอบ ใช้สำหรับองค์ประกอบที่มีรูปร่างชัดเจนเป็นที่จดจำได้ เช่น โครงสร้างสะพานส่วนบนของสะพานโค้ง เคเบิล หรือองค์ประกอบอื่นที่ต้องการเน้นให้ลักษณะความเป็นเส้นปรากฏชัดเจน

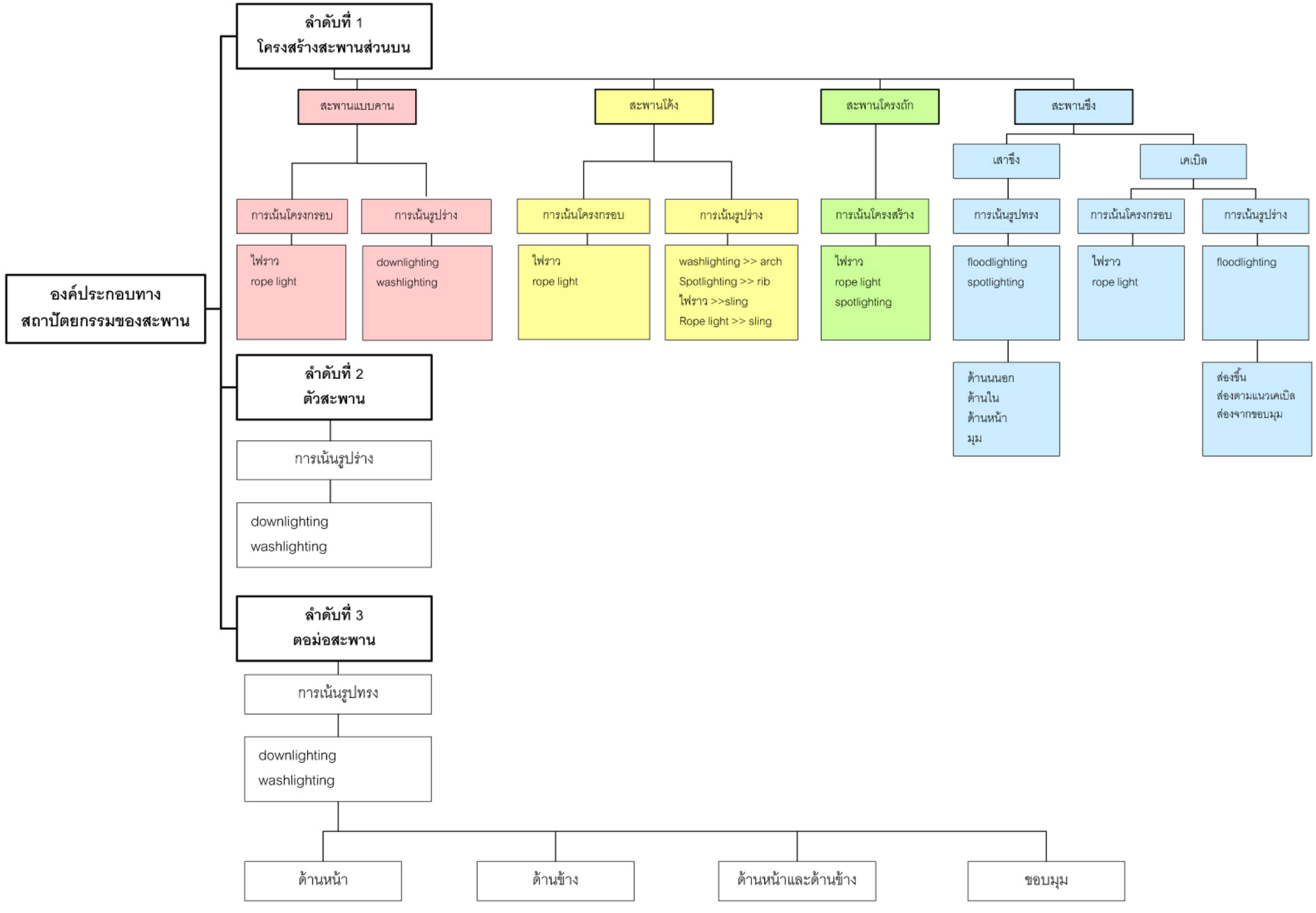
แนวทางที่ 2 การส่องเน้นระนาบ ใช้สำหรับองค์ประกอบที่มีรูปร่างชัดเจน ต้องการแสดงให้เห็นถึงความต่อเนื่องของระนาบและไม่ต้องการแสดงมิติ ของแสงเงาขององค์ประกอบ เช่น ตัวสะพาน โครงสร้างสะพานส่วนบนของสะพานโค้ง ระนาบเคเบิล เป็นต้น

แนวทางที่ 3 การส่องเน้นรูปทรง ใช้สำหรับองค์ประกอบที่ต้องการแสดง รูปทรง มิติที่ชัดเจน เช่น เสาขึง เสาตอม่อสะพาน เป็นต้น

แนวทางที่ 4 การส่องเน้นโครงสร้าง ใช้สำหรับองค์ประกอบที่มีโครงสร้างโดดเด่นในที่นี้ คือ โครงสร้างสะพานส่วนบนของสะพานโครงถัก

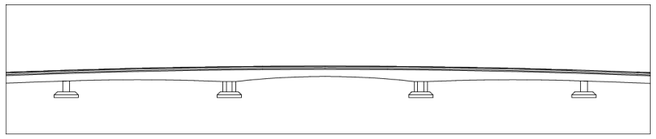
การส่องสว่างไปยังพื้นผิวของวัตถุที่ต้องการแสดงให้เห็นสีวัตถุที่ถูกต้อง จำเป็นต้องเลือกใช้แหล่งกำเนิดแสงที่สามารถขับสีได้เหมาะสม สะพานข้ามแม่น้ำในประเทศไทยกลุ่มตัวอย่างประกอบด้วยสะพานที่มีสี และวัสดุ คือ คอนกรีตเปลือย สีขาว สีดำ สีเทาอ่อน สีฟ้า และสีเขียวอมฟ้า ซึ่งสามารถใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ หลอดเมทัลฮาไลด์ และหลอดแอลอีดีส่องสว่างซึ่งสามารถขับสีของวัตถุได้ครบถ้วนและชัดเจน ส่วนหลอดปรอทความดันสูงสามารถขับเน้นสีเขียวอมฟ้าได้ถูกต้องและชัดเจนกว่าหลอดไฟฟ้าประเภทอื่น นอกจากนั้นยังมีองค์ประกอบที่ประดับตกแต่งสะพานซึ่งมีสีของวัตถุคือสีเหลือง สามารถใช้หลอดไส้ หลอดโซเดียมความดันสูง หรือหลอดเมทัลฮาไลด์ในการส่องสว่าง ซึ่งสามารถขับเน้นสีโทนเหลืองได้ครบถ้วนชัดเจนมากกว่า

แนวทางในการส่องสว่างองค์ประกอบของสะพานประภทต่าง ๆ



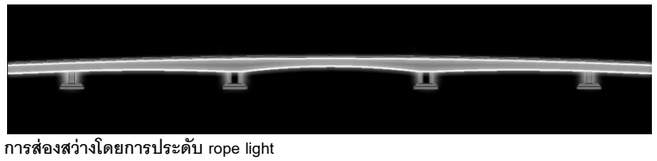
รูปที่ 6.4.1 แนวทางในการส่องสว่างองค์ประกอบของสะพานประภทต่าง ๆ
ที่มา: ผู้วิจัย

แนวทางการส่องสว่างของสะพานแบบคาน



ลำดับที่ 1 การส่องสว่างโครงสร้างสะพานส่วนบนและตัวสะพาน

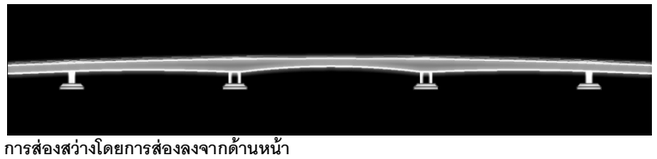
การส่องสว่างโดยการใช้ดวงโคมสาดย้อมผนังส่องลง



การส่องสว่างโดยการประดับ rope light

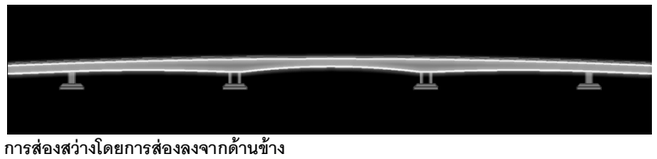
ลำดับที่ 2 การส่องสว่างตอม่อสะพาน

การส่องสว่างโดยการส่องลงจากด้านหน้า



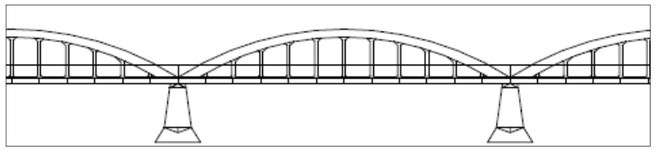
การส่องสว่างโดยการส่องลงจากด้านหน้า

การส่องสว่างโดยการส่องลงจากด้านข้าง



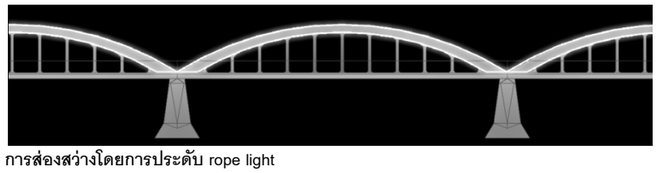
การส่องสว่างโดยการส่องลงจากด้านข้าง

แนวทางการส่องสว่างของสะพานโค้ง

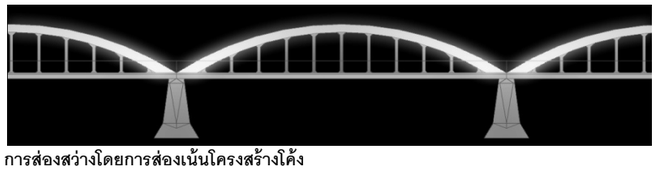


ลำดับที่ 1 การส่องสว่างโครงสร้างสะพานส่วนบน

1. โครงสร้างโค้ง



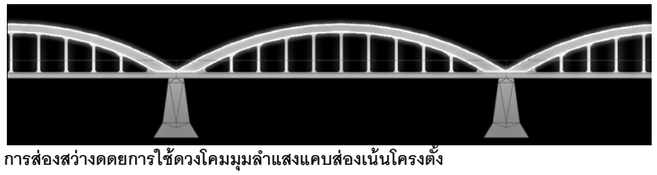
การส่องสว่างโดยการประดับ rope light



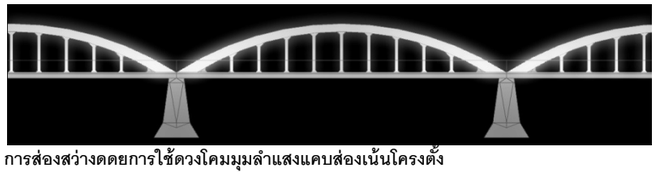
การส่องสว่างโดยการส่องเน้นโครงสร้างโค้ง

การส่องสว่างโดยใช้ดวงดคมส่องขึ้นไปยังท้องของโครงสร้างโค้ง

2. โครงตั้ง



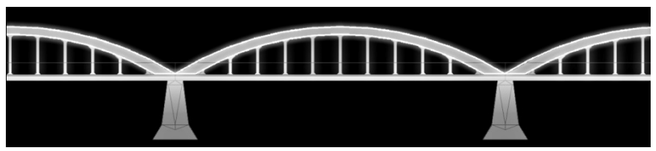
การส่องสว่างดดยการใช้ดวงโคมมุมลำแสงแคบส่องเน้นโครงตั้ง

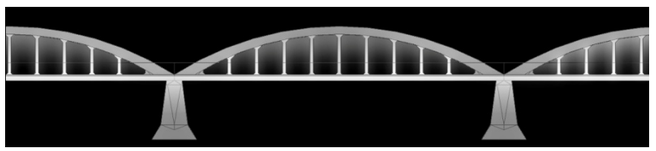


การส่องสว่างดดยการใช้ดวงโคมมุมลำแสงแคบส่องเน้นโครงตั้ง

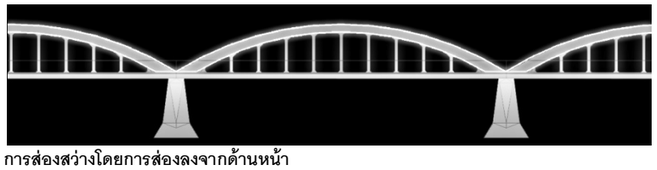
การส่องสว่างดดยการใช้ดวงโคมมุมลำแสงแคบส่องเน้นโครงตั้ง

ลำดับที่ 2 การส่องสว่างตัวสะพาน

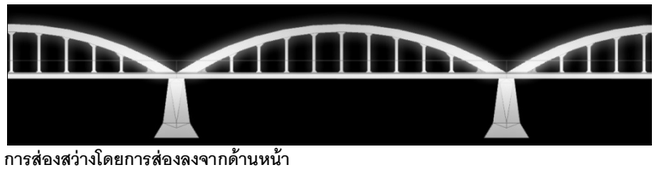




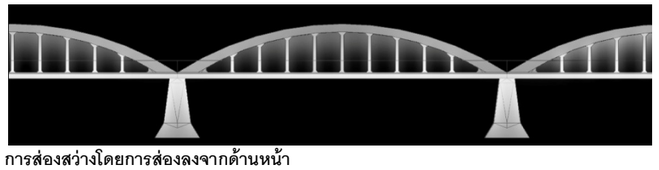
ลำดับที่ 3 การส่องสว่างตอม่อสะพาน



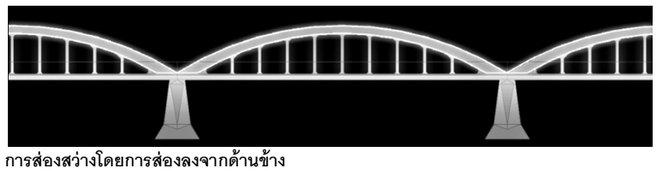
การส่องสว่างโดยการส่องลงจากด้านหน้า



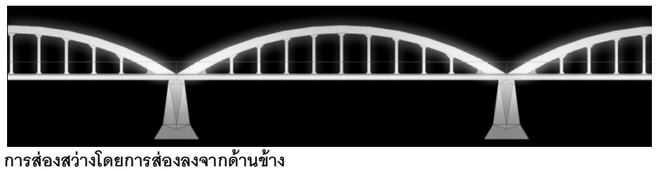
การส่องสว่างโดยการส่องลงจากด้านหน้า



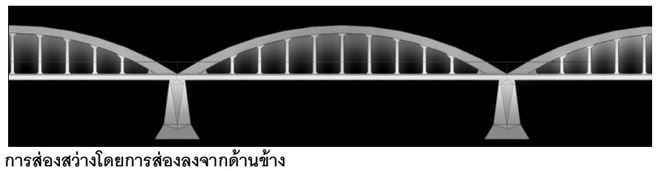
การส่องสว่างโดยการส่องลงจากด้านหน้า



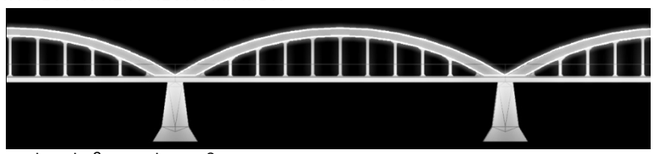
การส่องสว่างโดยการส่องลงจากด้านข้าง



การส่องสว่างโดยการส่องลงจากด้านข้าง



การส่องสว่างโดยการส่องลงจากด้านข้าง

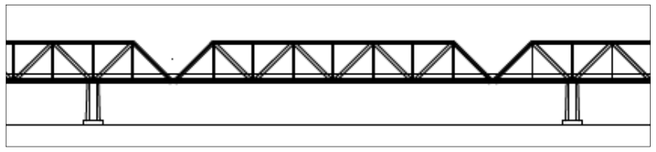


การส่องสว่างโดยการส่องลงบริเวณขอบมุม

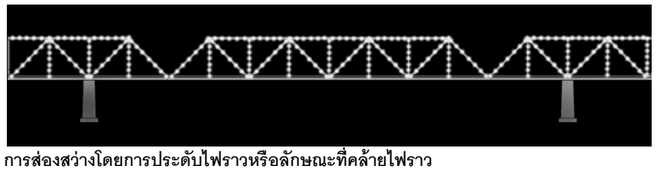
การส่องสว่างโดยการส่องลงบริเวณขอบมุม

การส่องสว่างโดยการส่องลงบริเวณขอบมุม

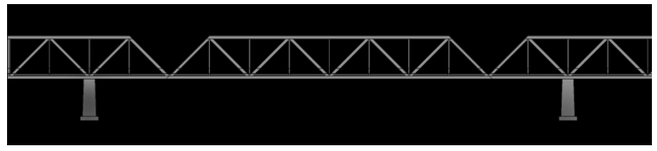
แนวทางการส่องสว่างของสะพานโครงถัก

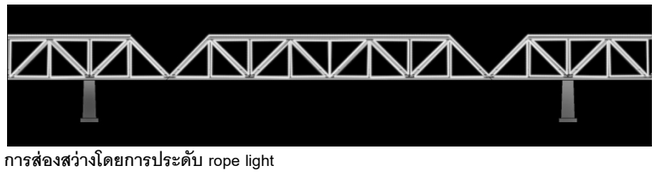


ลำดับที่ 1 การส่องสว่างโครงสร้างสะพานส่วนบน

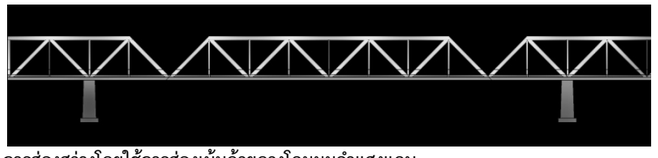


การส่องสว่างโดยการประดับไฟราวหรือลักษณะที่คล้ายไฟราว



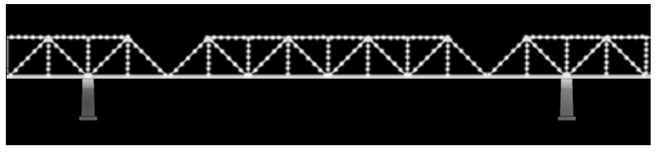


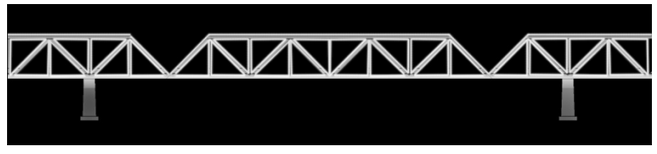
การส่องสว่างโดยการประดับ rope light

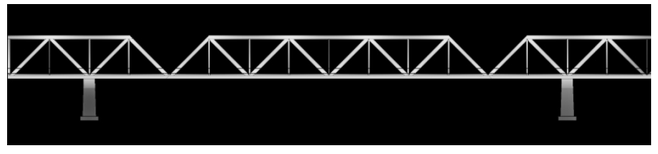


การส่องสว่างโดยใช้การส่องเน้นด้วยดวงโคมมุมลำแสงแคบ

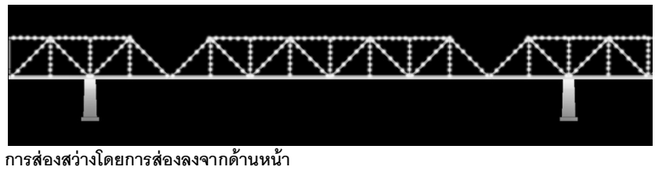
ลำดับที่ 2 การส่องสว่างตัวสะพาน



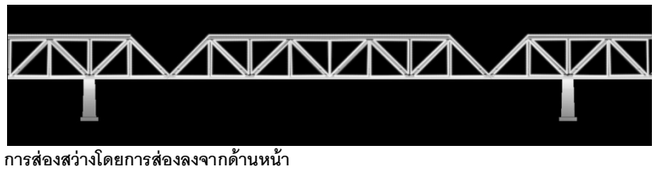




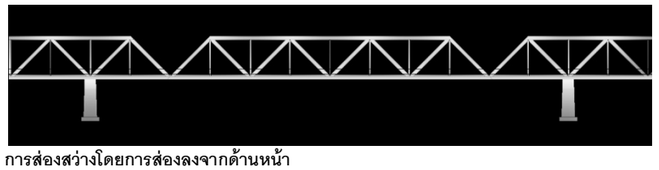
ลำดับที่ 3 การส่องสว่างตอม่อสะพาน



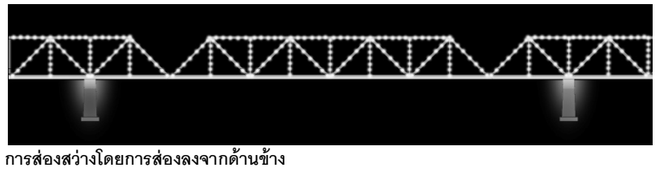
การส่องสว่างโดยการส่องลงจากด้านหน้า



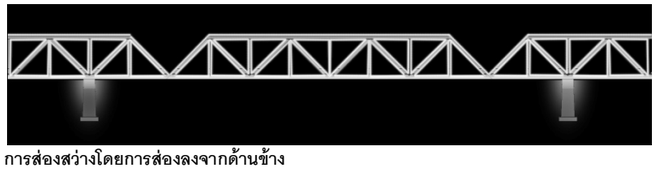
การส่องสว่างโดยการส่องลงจากด้านหน้า



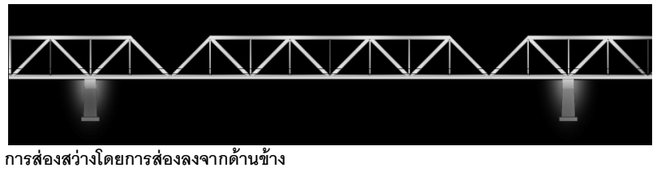
การส่องสว่างโดยการส่องลงจากด้านหน้า



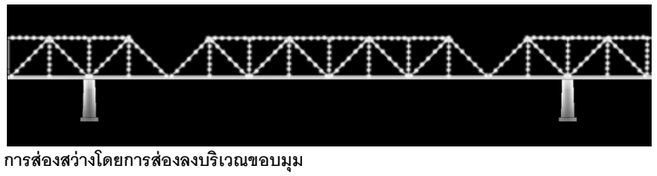
การส่องสว่างโดยการส่องลงจากด้านข้าง



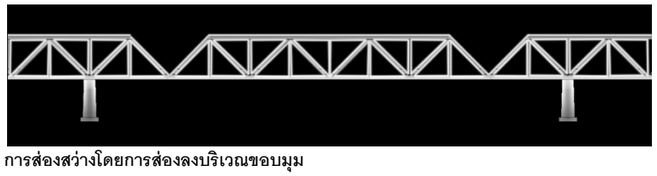
การส่องสว่างโดยการส่องลงจากด้านข้าง



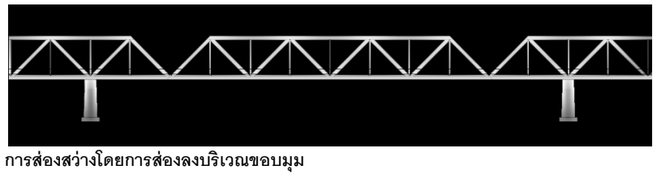
การส่องสว่างโดยการส่องลงจากด้านข้าง



การส่องสว่างโดยการส่องลงบริเวณขอบมุม

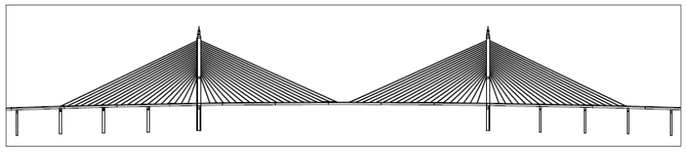


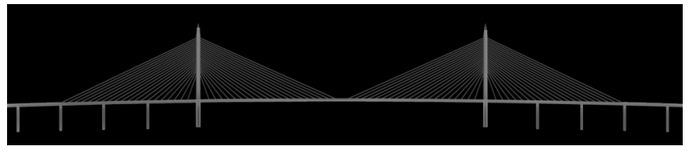
การส่องสว่างโดยการส่องลงบริเวณขอบมุม



การส่องสว่างโดยการส่องลงบริเวณขอบมุม

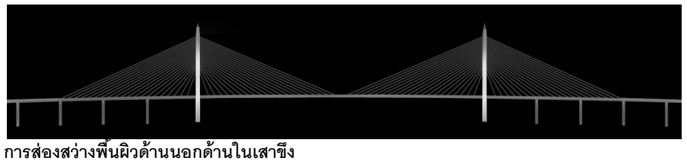
แนวทางการส่องสว่างของสะพานขึง



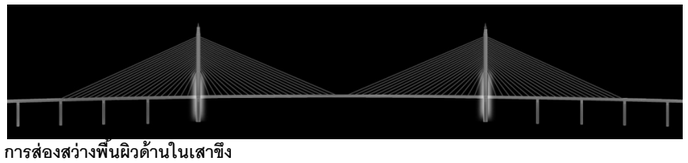


ลำดับที่ 1 การส่องสว่างโครงสร้างสะพานส่วนบน

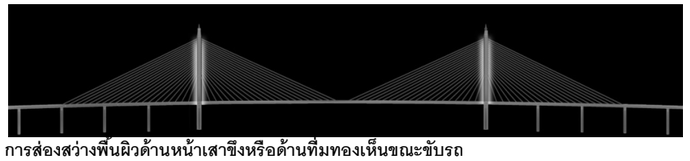
1. เสาขึง



การส่องสว่างพื้นผิวด้านนอกด้านในเสาขึง

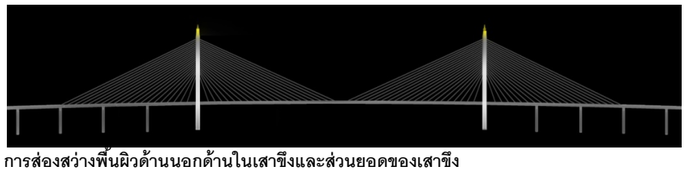


การส่องสว่างพื้นผิวด้านในเสาขึง

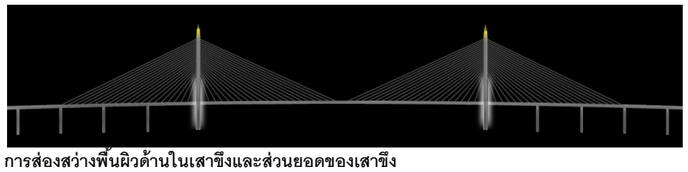


การส่องสว่างพื้นผิวด้านหน้าเสาขึงหรือด้านที่มทองเห็นขณะขับรถ

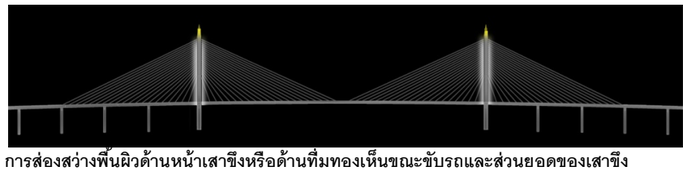
2. องค์ประกอบตกแต่งบริเวณยอดเสาขึง



การส่องสว่างพื้นผิวด้านนอกด้านในเสาขึงและส่วนยอดของเสาขึง

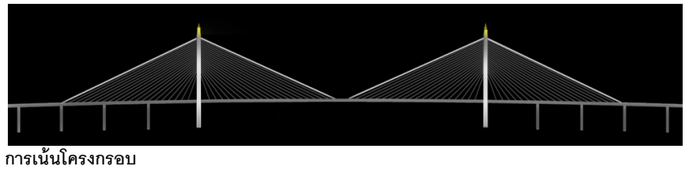


การส่องสว่างพื้นผิวด้านในเสาขึงและส่วนยอดของเสาขึง

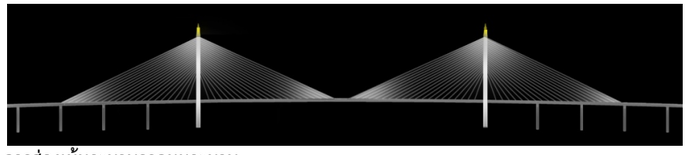


การส่องสว่างพื้นผิวด้านหน้าเสาขึงหรือด้านที่มทองเห็นขณะขับรถและส่วนยอดของเสาขึง

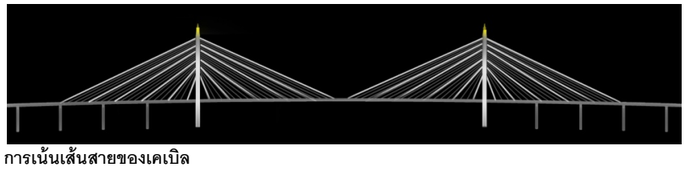
3. เคเบิล



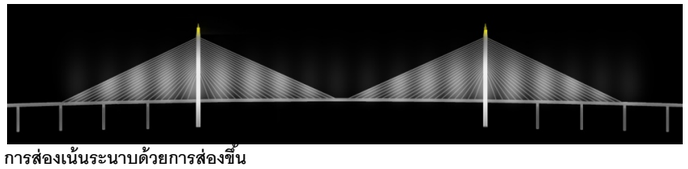
การเน้นโครงกรอบ



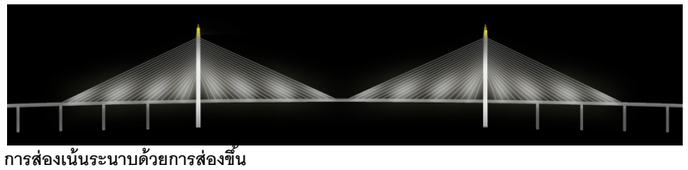
การส่องเน้นระนาบจากมุมระนาบ



การเน้นเส้นสายของเคเบิล

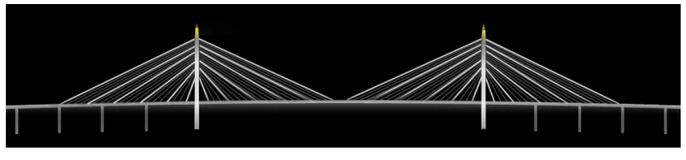


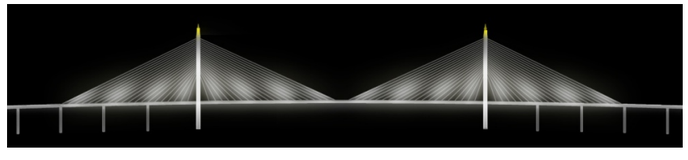
การส่องเน้นระนาบด้วยการส่องขึ้น



การส่องเน้นระนาบด้วยการส่องขึ้น

ลำดับที่ 2 การส่องสว่างตัวสะพาน





6.5 ข้อเสนอแนะ

6.5.1 นอกเหนือจากสะพานข้ามแม่น้ำแล้ว ยังพบว่ามีสะพานที่ก่อสร้างขึ้นเพื่อวัตถุประสงค์และการใช้งานอื่นอีก เช่น สะพานลอยสำหรับรถยนต์ (flyover) สะพานลอยสำหรับคน (overpass) สะพานสำหรับคน (footbridge) เป็นต้น ซึ่งมีลักษณะทางกายภาพไม่แตกต่างกับสะพานข้ามแม่น้ำมากนัก จึงสามารถนำการวิจัยนี้ไปประยุกต์ ปรับปรุง หรือใช้เป็นแนวทางการในการออกแบบการส่องสว่างสะพานประเภทอื่น

6.5.2 สะพานโครงยื่น และสะพานแขวน เป็นสะพานอีก 2 ประเภทซึ่งจำแนกด้วยลักษณะโครงสร้างสะพานส่วนบน ทว่าเมื่อทำการศึกษาแล้วพบว่า สะพานทั้ง 2 ชนิดนี้ไม่อยู่ในขอบเขตของการวิจัย ระหว่างการทบทวนเอกสารผู้วิจัยพบว่า มีสะพานประเภทดังกล่าวเป็นสะพานที่มีชื่อเสียง และยังเป็นแหล่งท่องเที่ยวที่สำคัญของท้องถิ่นกระจายอยู่ตามภาคต่างๆ ของประเทศไทย จึงควรนำมาศึกษาและวิเคราะห์ลักษณะและองค์ประกอบเพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบการส่องสว่าง

6.5.3 เกณฑ์ที่ใช้กำหนดระดับในการส่องสว่างที่นำมาใช้อ้างอิงในงานวิจัย กำหนดขึ้นโดยตั้งอยู่บนพื้นฐานแนวคิดที่วัตถุและผู้มองอยู่กับที่ ไม่ครอบคลุมถึงกรณีที่วัตถุอยู่นิ่งและผู้ชมมีการเคลื่อนไหว ซึ่งดวงตามีความสามารถในการรับรู้และการมองเห็นต่ำกว่าขณะอยู่กับที่ ผู้วิจัยจึงเห็นว่า เมื่อมีการคิดค้นหรือพัฒนาหลักเกณฑ์ที่เหมาะสมกับกรณีข้างต้นแล้ว ควรปรับปรุงเกณฑ์ที่ใช้ให้สอดคล้องกับผู้มองเห็น

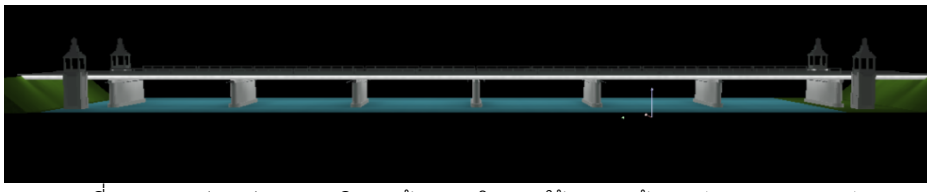
6.5.4 การจัดทำแนวทางและข้อเสนอแนะในการการออกแบบยังประกอบด้วยขั้นตอนอื่นหลังจากการออกแบบการส่องสว่าง ได้แก่ วิธีการเลือกและติดตั้งดวงโคม แนวคิดเรื่องการประหยัดพลังงาน การวิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ การบริหารจัดการและการบำรุงรักษา ซึ่งจะทำให้การวิจัยมีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

6.6 ตัวอย่างแบบทางเลือกในการส่องสว่างสำหรับประดับตกแต่งสะพาน

6.6.1 สะพานนวรัฐ

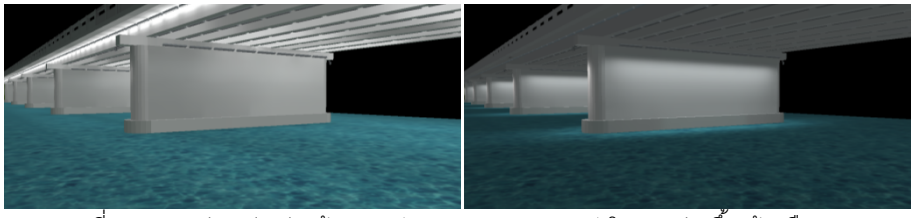
สะพานนวรัฐเป็นสะพานข้ามแม่น้ำปิงในตัวเมืองเชียงใหม่ ซึ่งมีรูปแบบโครงสร้างเป็นสะพานคอนกรีตเสริมเหล็กแบบคาน ลักษณะคานเป็นคานคอนกรีตรูปพรรณรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า และมีเสาตอม่อคอนกรีตอยู่ในแม่น้ำปิงจำนวน 7 เสา ที่ปลายสะพานทั้ง 2 ฝั่งมีกาเซโบ (gazebo) ทั้งสองฝั่ง

ตัวอย่างแนวทางเลือกในการส่องสว่างสะพานนวรัฐ ใช้การสาดย้อมผนังส่องสว่างไปยังระนาบของพื้นผิวคานด้านนอกดังแสดงในภาพที่ 6.6.1 หรืออาจมีการส่องสว่างบริเวณท้องของตัวสะพานโดยการส่องขึ้น ซึ่งเป็นการเน้นที่ว่างของตัวสะพานและคาน เพื่อสร้างความน่าสนใจให้กับสะพานเมื่อมีเรือลอดผ่าน ดังแสดงในภาพที่ 6.6.2 (ซ้ายมือ) ส่วนเสาตอม่อให้แสงสว่างโดยการส่องลง เพื่อแสดงให้เห็นระนาบของเสาตอม่อ ดังแสดงในภาพที่ 6.6.2 (ซ้ายมือ) และ 6.63 และอาจมีการเปลี่ยนสีของแสงที่ส่องสว่าง หรือส่องสว่างกาเซโบด้วยวิธีเดียวกับการส่องสว่างประติมากรรมเพื่อสร้างความน่าสนใจอีกทางหนึ่ง



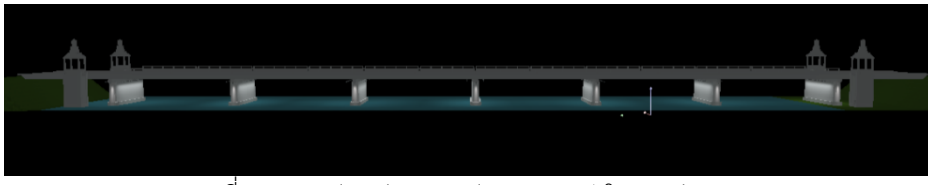
ภาพที่ 6.6.1 การส่องสว่างระนาบผิวคานด้านนอกโดยการใช้การสาดย้อมผนัง ของสะพานนวรัฐ

ที่มา: ผู้วิจัย



ภาพที่ 6.6.2 การส่องสว่างส่วนท้องของตัวสะพานของสะพานนวรัฐโดยการส่องขึ้น (ซ้ายมือ) และการส่องสว่างเสาตอม่อสะพานนวรัฐโดยการส่องลง (ขวามือ)

ที่มา: ผู้วิจัย



ภาพที่ 6.6.3 การส่องสว่างเสาตอม่อสะพานนวรัฐโดยการส่องลง

ที่มา: ผู้วิจัย

6.6.2 สะพานรัษฎาภิเศก

สะพานรัษฎาภิเศกเป็นสะพานข้ามแม่น้ำวังในตัวเมืองลำปาง มีลักษณะโครงสร้างสะพานส่วนบนเป็นโค้งคอนกรีตจำนวน 4 โค้ง ทาสีขาว ตัวสะพานเป็นพื้นและคานคู่ 2 คาน มีคานซอยเป็นระยะ ส่วนเสาตอม่อเป็นมีลักษณะทึบตัน

แนวทางเลือกในการส่องสว่างสะพานรัษฎาภิเศกเป็นการส่องสว่างเพื่อเน้นโครงสร้างโค้งของสะพาน โดยการใช้การส่องเน้นด้วยดวงโคมสาดย้อมผนัง และการเน้นโครงตั้งโดยใช้ดวงโคมมุมลำแสงแคบส่องขึ้น ดังแสดงในภาพที่ 6.6.4 6.6.5 และ 6.6.6 หรือแนวทางที่ 2 เป็นการใช้ดวงโคมที่มีลักษณะแคบยาวเช่น หลอดฟลูออ-เรสเซนต์ส่องไปยังระนาบด้านล่างของโครงสร้างโค้ง ดังแสดงในภาพที่ 6.6.7 ตัวสะพานด้านล่างนั้นไม่มีการส่องสว่างเนื่องจากไม่มีมุมมองที่มองเห็นได้ ส่วนตอม่อสะพานใช้ดวงโคมส่องเน้นส่องลงจากตัวสะพานบริเวณมุมเพื่อเน้นขอบและรูปทรงของตอม่อ

ภาพที่ 6.6.4 การส่องสว่างโครงสร้างโค้งของสะพานรัษฎาภิเศกโดยใช้การส่องเน้น

ที่มา: ผู้วิจัย

ภาพที่ 6.6.5 การส่องสว่างโครงสร้างโค้งของสะพานรัษฎาภิเศกโดยใช้การส่องเน้น

ที่มา: ผู้วิจัย

ภาพที่ 6.6.6 การส่องสว่างโครงสร้างโค้งสะพานรัษฎาภิเศกด้วย 6.64 และ 6.65

ที่มา: ผู้วิจัย

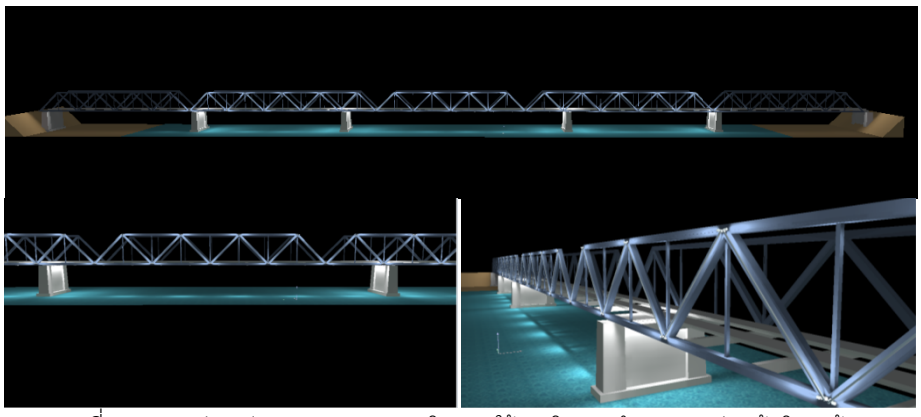
ภาพที่ 6.6.7 การส่องสว่างสะพานรัษฎาภิเศกโดยการใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ส่องไปยังระนาบด้านล่างโค้ง

ที่มา: ผู้วิจัย

6.6.3 สะพานพระราม 6

สะพานพระราม 6 เป็นสะพานข้ามแม่น้ำเจ้าพระยาสำหรับรถไฟ มีลักษณะโครงสร้างสะพานส่วนบนเป็นโครงถักเหล็กทาสีฟ้า ส่วนเสาตอม่อเป็นคอนกรีตทาสีขาว

การส่องสว่างสะพานพะราม 6 เป็นการส่องเน้นโครงสร้างสะพานส่วนบนซึ่งเป็นโครงถัก โดยการใช้ดวงโคมลำแสงแคบส่องเน้นไปตามโครงสร้างของสะพาน และใช้ดวงโคมส่องลง ส่องสว่างบริเวณตอม่อสะพานส่วนที่มีการลดรูปเพื่อเน้นรูปทรงของตอม่อดังแสดงในภาพที่ 6.6.8



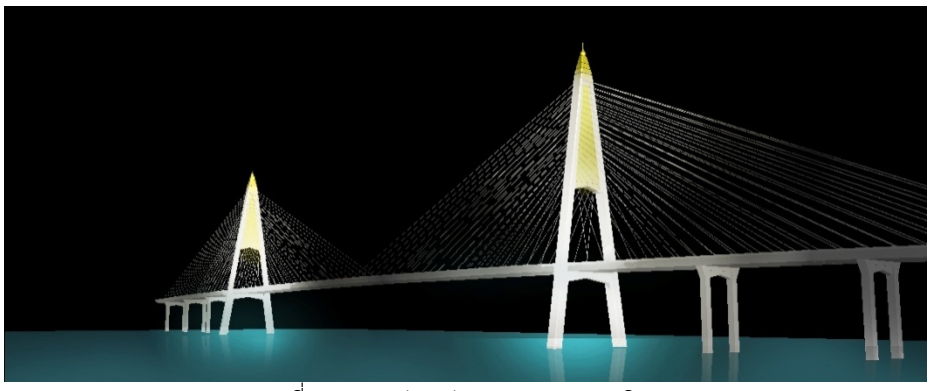
ภาพที่ 6.6.8 การส่องสว่างสะพานพระราม 6โดยการใช้ดวงโคมมุมลำแสงแคบส่องเน้นโครงสร้าง

ที่มา: ผู้วิจัย

6.6.4 สะพานกาญจนาภิเษก

สะพานกาญจนาภิเษก เป็นสะพานข้ามแม่น้ำจ้าพระยาที่มองเห็นเป็นสะพานแรก เมื่อเรือแล่นเข้าสู่แม่น้ำเจ้าพระยา มีโครงสร้างเป็นสะพานขึงแบบสมมาตร

แนวทางในการส่องสว่างสะพานกาญจนาภิเษก มีการส่องสว่างเฉพาะเสาขึงและองค์ประกอบประดับตกแต่งสะพาน เนื่องจากสะพานอยู่ในเขตที่ห่างไกลจากเมืองและท้องฟ้าค่อนข้างมืด



ภาพที่ 6.6.9 การส่องสว่างสะพานกาญจนาภิเษก

ที่มา: ผู้วิจั

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

การไฟฟ้านครหลวง. ประวัติความเป็นมาการไฟฟ้าในประเทศไทย (ออนไลน์). แหล่งที่มา: http://www.mea.or.th/menu1_2.htm (14 กุมภาพันธ์ 2555)

คมนาคม, กระทรวง. กรมทางหลวง. รายงานประจำเดือนพฤษภาคม 2552 โครงการก่อสร้างทางหลวงหมายเลข 302 สายบางใหญ่-แครย ส่วนที่ 2 (สะพานพระนั่งเกล้า). (คัดสำเนา)

คมนาคม, กระทรวง. กรมทางหลวง. รายงานประจำเดือนเมษายน 2549 โครงการก่อสร้างทางหลวงหมายเลข 346 ตอนแยกทางหลวงหมายเลข 347- ปทุมธานี (รวมสะพานข้ามแม่น้ำเจ้าพระยา) ตอน 1. (อัดสำเนา)

คมนาคม, กระทรวง. กรมทางหลวง. สะพานมิตรภาพ 3. 2553 (ม.ป.ท.).

คมนาคม, กระทรวง. สำนักนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร. โครงการศึกษาการจัดทำระบบมาตรฐานความปลอดภัยด้านการจราจรและขนส่งระยะที่ 2. 2546 (เอกสารไม่ตีพิมพ์)

จารุภัทร วิมุตเศรษฐ์. สะพานข้ามแม่น้ำเจ้าพระยา. กรุงเทพฯ : แม็ค, 2553.

ตุ้ม ชุมสาย, ม.ล. ค่าความใส่ใจของสิ่งเร้า. ใน จิตวิทยาในชีวิตประจำวัน. พระนคร: ไทยวัฒนาพานิช, 2508 อ้างถึงใน ผุสดี ทิพทัส. หลักเบื้องต้นในการจัดองค์ประกอบในงานสถาปัตยกรรม. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2540.

ทรงพล จารุวิศิษฐ์ และสุทธิพล วิวัฒนะทีปะ. เทคโนโลยีการออกแบบและก่อสร้างสะพานในปัจจุบัน. กลุ่มออกแบบโครงสร้าง สำนักสำรวจและออกแบบ กรมทางหลวงชนบท, 2551. (เอกสารไม่ตีพิมพ์)

ทิพย์สุดา ปทุมานนท์. ภาษาภาพ 1. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2541.

ธงไชย วีระสมัย. นายช่างโครงการ ก่อสร้างสะพาน กรมทางหลวง. สัมภาษณ์, 20 มีนาคม 2555.

บัณฑิต จุลาสัย. จุดเส้นระนาบในงานออกแบบสถาปัตยกรรม 1. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2541.

บัณฑิต จุลาสัย. จุดเส้นระนาบในงานออกแบบสถาปัตยกรรม 2. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2541.

ผุสดี ทิพทัส. หลักเบื้องต้นในการจัดองค์ประกอบในงานสถาปัตยกรรม. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2540.

พรรณชลัท สุริโยธิน. วัสดุและการก่อสร้างหลอดไฟฟ้า. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2548.

พรรณชลัท สุริโยธิน. สถาปนิกผู้ออกแบบ. สัมภาษณ์, 21 มกราคม 2555.

พรรณชลัท สุริโยธิน. เอกสารประกอบการสอนเรื่อง แหล่งกำเนิดแสง. 2551. (อัดสำเนา)

พรรณชลัท สุริโยธิน. LED ศักยภาพความสดใสของแสงและสี ที่ต้องพิสูจน์. วารสารวิชาการ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 60 (2554): 11-24.

พิสิฐ เจริญวงศ์. รายงานโครงการศึกษาความเหมาะสมและการออกแบบรายละเอียดการให้แสงสว่างโบราณสถานในกรุงเทพมหานคร. กรุงเทพฯ, 2530.

มรดกโลก, บริษัทจำกัด. รายงานโครงการศึกษาความเหมาะสมและออกแบบรายละเอียดการให้แสงสว่างโบราณสถานในตัวเมืองเชียงใหม่. กรุงเทพฯ: การท่องเที่ยวแห่งประเทศไทย, 2537.

มหาดไทย, กระทรวง. กรมโยธาธิการ. ที่ระลึกในวโรกาสสมเด็จพระบรมโอรสาธิราชฯสยามมกุฎราชกุมาร เสด็จพระราชำเนินแทนพระองค์ ทรงเปิดสะพานพระนั่งเกล้า. 2528.

ราชบัณฑิตยสถาน. พจนานุกรมศัพท์สถาปัตยกรรมศาสตร์ ฉบับราชบัณฑิตยสถาน. กรุงเทพฯ : ราชบัณฑิตยสถาน, 2554.

เลอสม สถาปิตานนท์. การออกแบบเบื้องต้น. กรุงเทพฯ : ด่านสุทธาการพิมพ์, 2540.

เลอสม สถาปิตานนท์. เทคนิคในการออกแบบ. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2539.

วีระพงศ์ เอี๋ยวพานิช. ความสัมพันธ์ระหว่างการส่องสว่างและส่วนประกอบหลักของงานสถาปัตยกรรมสะพาน, 2554 (เอกสารไม่ตีพิมพ์).

สแปน จำกัด, บริษัท. การสำรวจเบื้องต้นเพื่อคัดเลือกและจัดช่วงสะพาน. กลุ่มออกแบบโครงสร้าง สำนักสำรวจและออกแบบ กรมทางหลวงชนบท, 2551 (เอกสารไม่ตีพิมพ์)

สมาคมนิสิตเก่าคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. a+A: Lighting design(er)s. กรุงเทพฯ : สมาคมนิสิตเก่าคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2554.

โยธาธิการ, กรม. สะพานพระราม 5. กรุงเทพฯ : กรม, 2545.

ภาษาอังกฤษ

Beckett, D. Great buildings of the world. London : Hamlyn, 1969.

Boyce, P.R. Human factors in lighting. 2nd ed. London: Taylor & Francis, 2003.

Brandi, U. Light for cities- lighting design for urban spaces. A handbook. Basel: Birkhauser, 2007.

Brown, D.J. Bridges-three thousand year of defying nature. London : Mitchell Beazley, 1993.

Ching, F.D.K. Architecture : Form space and order. 3rd ed. Hoboken, NJ. : John Wiley & Sons, 1979.

Chou, L. Visual Perception in Lighting. Bangkok: School of Architecture and Design, King Momkut's University of technology, 2003.(Unpublished Manuscript)

Christmas Lights [Online]. Available from: http://www.christmaslightsetc.com/christmas-lights.html [2012, May 21]

Commission Internationle del'Eclairage (CIE). Guide on the Limitation of the Effects of Obtrusive

Descottes, H. with Ramos, C.E. Architectural lighting : Designing with light and space. New York : Princeton Architectural Press, 2011.

Adolf, G. Software. DIALux.By planners for planners [Online]. Ludenscheid: DIAL GmbH. Available from: http://www.dial.de/DIAL/en/dialux.html [2012, May 9]

ERCO. Guide[Online]. Available from: http://www.erco.com/download/data/30_media/25_guide_pdf /120_en/en_erco_guide.pdf [2012, May 9]

Finley, R. C. Five fundamentals of bridge design. CE News 13 (August 2001): 48-49.

Gauvreau, P. The Three Myths of Bridge Aesthetics. In Developments in Short and Medium Span Bridge Engineering 2002, pp. 49-56. Ed. P. H. Brett, N. Banthia, and P. G. Buckland. Montreal: Canadian Society for Civil Engineering, 2002.

Gottemmoeller, F. Bridgescape-the art of designing bridge. New York : Wiley, 1997.

Grunow, E. Colored accents on the river. Lumnious 3 (July 2009): 28-31.

How to light a masterpiece. Mondoarc (April-May 2011): 64-72.

Kersting, C. Licht.wissen 16 City Marketing with Light[Online]. Frankfurt am Main: Fördergemeinschaft Gutes Licht. Available from: http://www.licht.de/fileadmin/shop-downloads/lichtwissen16_City-Marketing.pdf [2011, September 15]

Licht.wissen 03 Roads, Paths and Squares [Online]. Frankfurt am Main: Fördergemeinschaft Gutes Licht. Available form: http://www.licht.de/fileadmin/shop-downloads/lichtwissen03_road_paths.pdf [2011, September 15]

Light from Outdoor Lighting Installations. CIE Publication 150-2003, Vienna: CIE.

Major, M. The made of light-the art of light and architecture. Basel: Birkauser, 2005.

Mangum, S.R. Effective constrained illumination of three dimensional, light-sensitive objects. Journal of Illuminating Engineer Society (1998).

Millet, M. S. Light revealing architecture. New York: Van nostrand reinhold, 1996.

Moyer, J. L. The landscape lighting book. Hoboken, N.J. : John Wiley, 2005.

Nameda, N. Modeling effect of shading: New approach. Lighting Research and Technology (1990), 95-101.

Philips Lighting BV. Lighting Manual: A Handbook of Lighting Installation Design. 5th ed. (n.p.), 1993.

Podolny, W. and Scalzi, J.B. Construction and design of cable-stayed bridges. New York: Wiley,1976.

Rea, M.S., editor. The IESNA lighting handbook: Reference & application. 9th ed. New York: Illuminating Engineering Society of North America, 2000.

Santen, Christa van. Light Zone City: Light Planning in the Urban Context. Basel: Birkhauser, 2006.

Schepetkov, N. Light and city- What is fundamental.

The society of light and lighting. Design and assessment of exterior lighting scheme. Factfile No.7 (January 2011)

Transportation research board. Bridge aesthetics-Practical ideals for short and medium span bridges.

Tural , M. and Yener, C. Lighting monuments: Reflections on outdoor lighting and environmental appraisal. Building and Environment 41 (2006): 775–782

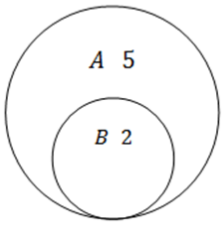
Victor, D.J. Essential of bridge engineering. New Dehli : Oxford &IBH, 1980.

Zuk, W. A Rating Index for Bridge Aesthetics. Concrete International 17(August 1995): 45-47.

ภาคผนวก

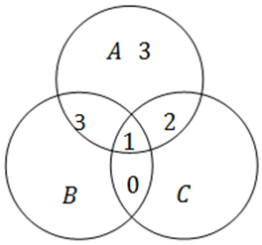
ภาคผนวก ก

ตารางที่ ก1 ตารางแสดงความสัมพันธ์ของส่วนประกอบของโครงสร้างรับตัวสะพานที่มีการส่องสว่าง



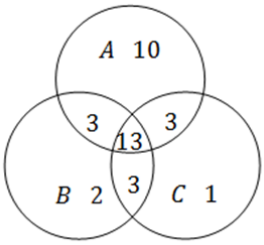
(ก) สะพานแขวน

Given S= Samplings
A= Tower
B= Main Cable
C= Suspender



(ข) สะพานขึง

Given S= Samplings
A= Pylon
B= Outline
C= Cable



(ค) สะพานโค้ง

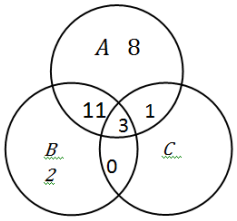
Given S= Samplings D= Rib/ Tie
A= Member E= Side
B= Outline F= Bottom
C= Whole

ลำดับ	เหตุการณ์	จำนวน
0	$n(S)$	25
1	$n(A)$	23
2	$n(B)$	16
3	$n(C)$	4
4	$n(A-(B\cup C))$	8
5	$n(B-(A\cup C))$	2
6	$n(C-(A\cup B))$	1
7	$n((A\cap B)-C)$	11
8	$n((A\cap C)-B)$	1
9	$n((B\cap C)-A)$	0
10	$n(A\cap B\cap C)$	3

ลำดับ	เหตุการณ์	จำนวน
0	$n(S)$	46
1	$n(A)$	46
2	$n(B)$	22
3	$n(C)$	31
4	$n(A-(B\cup C))$	15
5	$n(B-(A\cup C))$	0
6	$n(C-(A\cup B))$	0
7	$n((A\cap B)-C)$	0
8	$n((A\cap C)-B)$	29
9	$n((B\cap C)-A)$	1
10	$n(A\cap B\cap C)$	1

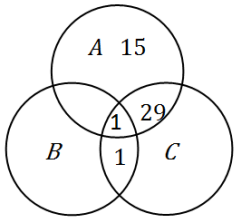
ลำดับ	เหตุการณ์	จำนวน
0	$n(S)$	52
1	$n(A)$	2
2	$n(B)$	6
3	$n(C)$	28
4	$n(D)$	10
5	$n(E)$	14
6	$n(F)$	8
7	$n(A\cap B)$	1
8	$n(B\cap C)$	1
9	$n(C\cap D)$	7
10	$n((D\cap E)-F)$	1
11	$n((E\cap F)-D)$	4
12	$n(D\cap E\cap F)$	1

ตารางที่ ก1 ตารางแสดงความสัมพันธ์ของส่วนประกอบของโครงสร้างรับตัวสะพานที่มีการส่องสว่าง (ต่อ)



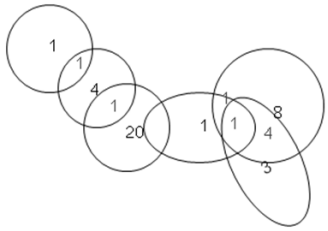
(ง) สะพานแบบยื่น

Given S= Samplings
A= Member
B= Outline
C= Whole



(จ) สะพานโครงถัก

Given S= Samplings
A= Member
B= Outline
C= Whole



(ฉ) สะพานแบบคาน

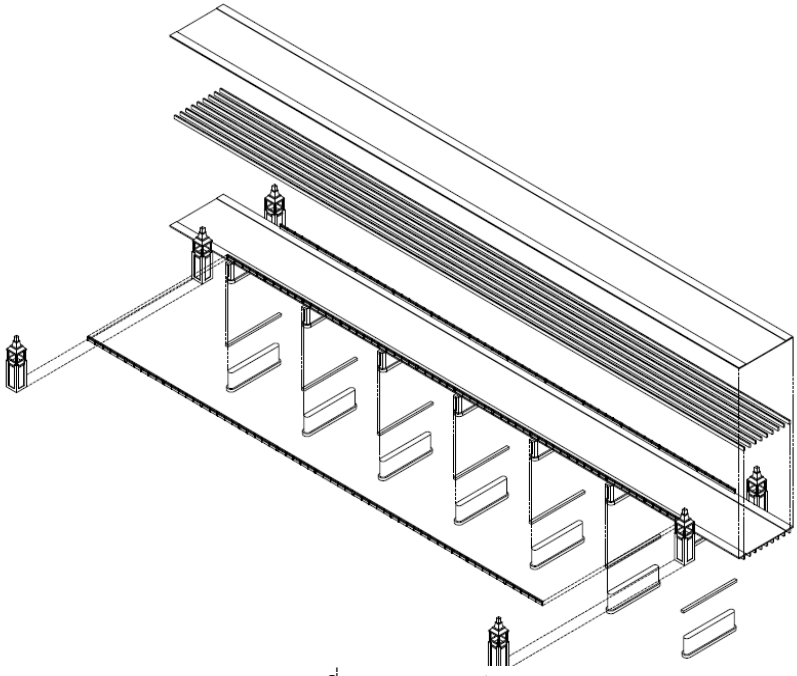
Given S= Samplings
A= Side
B= Bottom
C= Whole

ลำดับ	เหตุการณ์	จำนวน	ลำดับ	เหตุการณ์	จำนวน	ลำดับ	เหตุการณ์	จำนวน
0	$n(S)$	7	0	$n(S)$	9	0	$n(S)$	18
1	$n(A)$	3	1	$n(A)$	4	1	$n(A)$	14
2	$n(B)$	4	2	$n(B)$	3	2	$n(B)$	4
3	$n(C)$	2	3	$n(C)$	3	3	$n(C)$	2
4	$n(A-(B\cup C))$	2	4	$n(A-(B\cup C))$	4	4	$n(A-(B\cup C))$	12
5	$n(B-(A\cup C))$	2	5	$n(B-(A\cup C))$	2	5	$n(B-(A\cup C))$	2
6	$n(C-(A\cup B))$	1	6	$n(C-(A\cup B))$	2	6	$n(C-(A\cup B))$	2
7	$n((A\cap B)-C)$	1	7	$n((A\cap B)-C)$	0	7	$n((A\cap B)-C)$	2
8	$n((A\cap C)-B)$	0	8	$n((A\cap C)-B)$	0	8	$n((A\cap C)-B)$	0
9	$n((B\cap C)-A)$	1	9	$n((B\cap C)-A)$	2	9	$n((B\cap C)-A)$	0
10	$n(A\cap B\cap C)$	0	10	$n(A\cap B\cap C)$	0	10	$n(A\cap B\cap C)$	0

ภาคผนวก ข

การแยกองค์ประกอบทางสถาปัตยกรรมของสะพาน

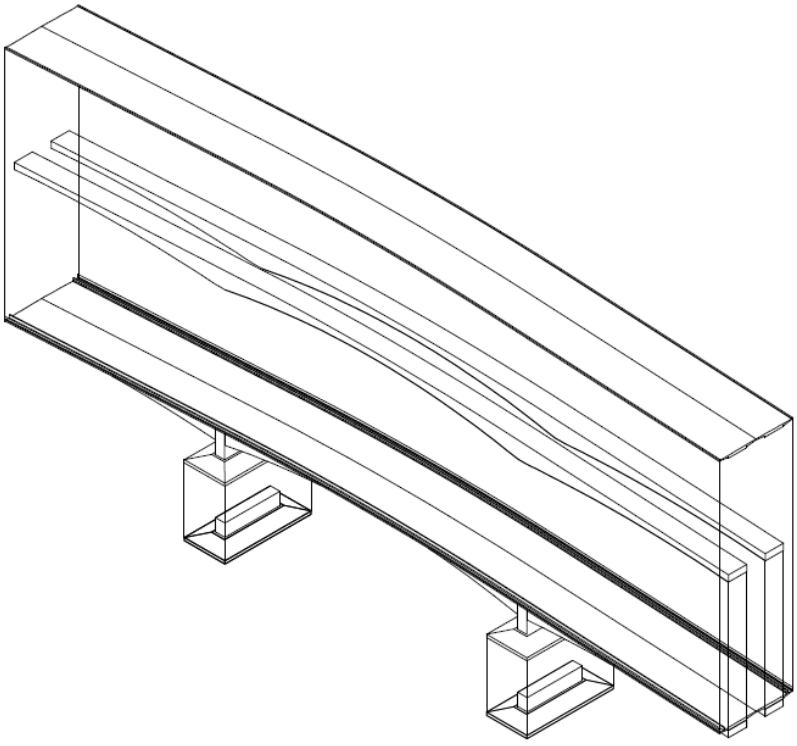
สะพานนวรัฐ



ภาพที่ ข1 สะพานนวรัฐ

ที่มา: ผู้วิจัย

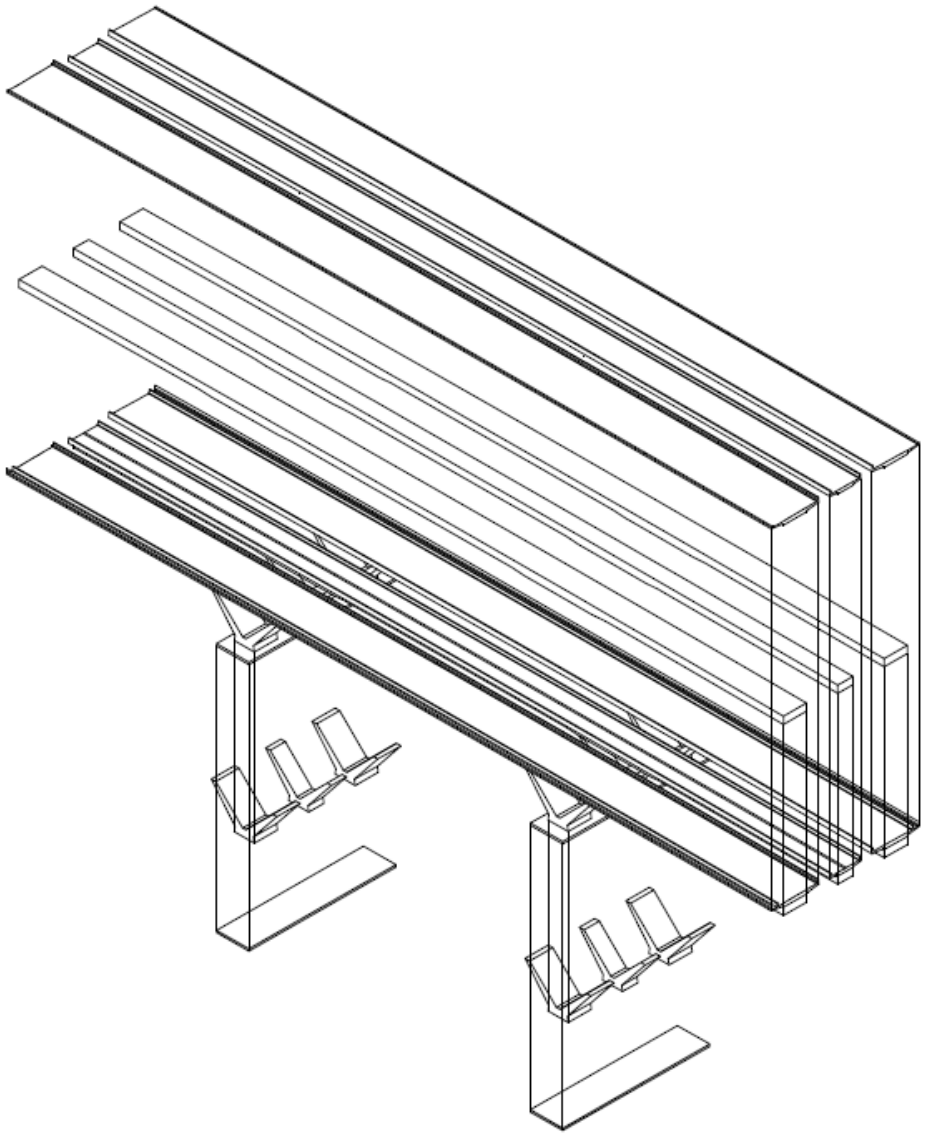
สะพานสมเด็จพระปิ่นเกล้า



ภาพที่ ข2 สะพานสมเด็จพระปิ่นเกล้า

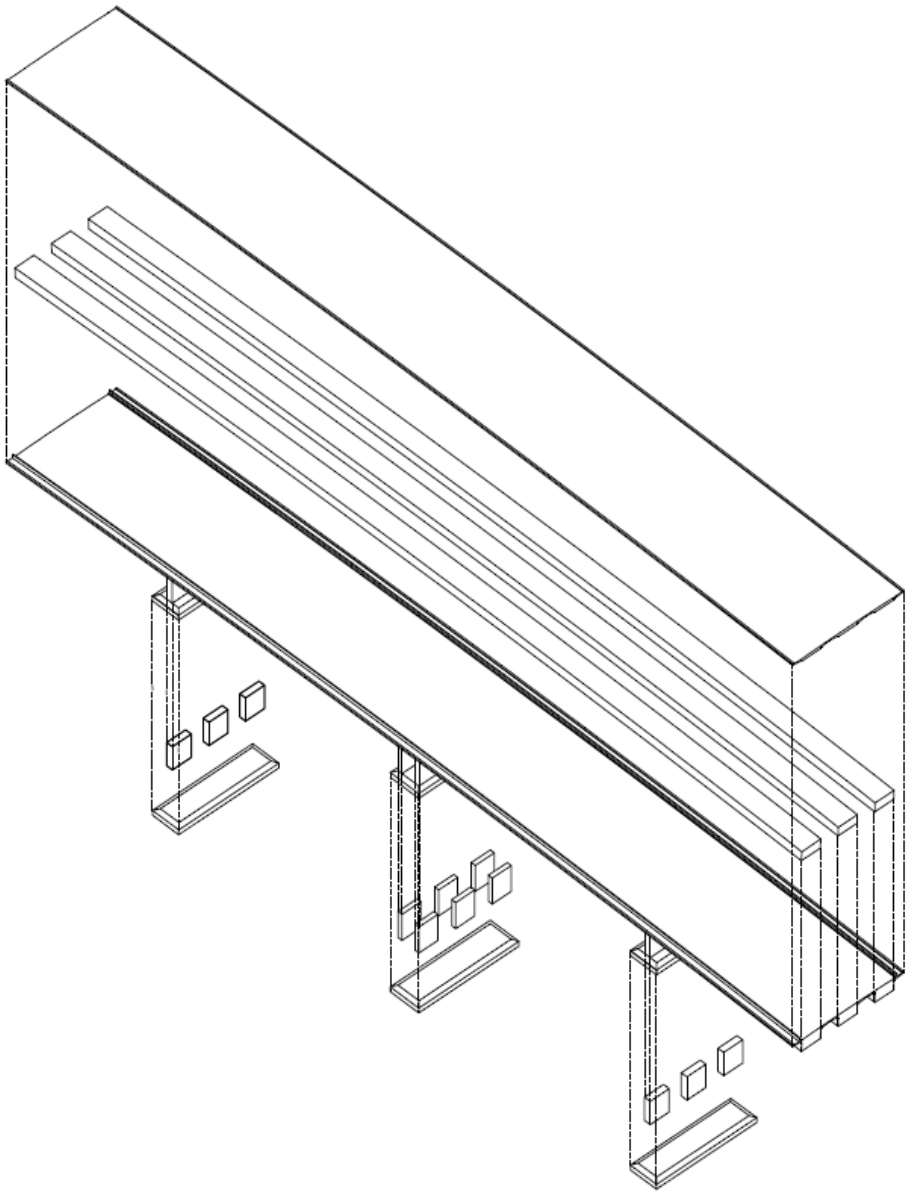
ที่มา: ผู้วิจัย

สะพานสมเด็จพระเจ้าตากสิน



ภาพที่ ข3 สะพานสมเด็จพระเจ้าตากสิน
ที่มา: ผู้วิจัย

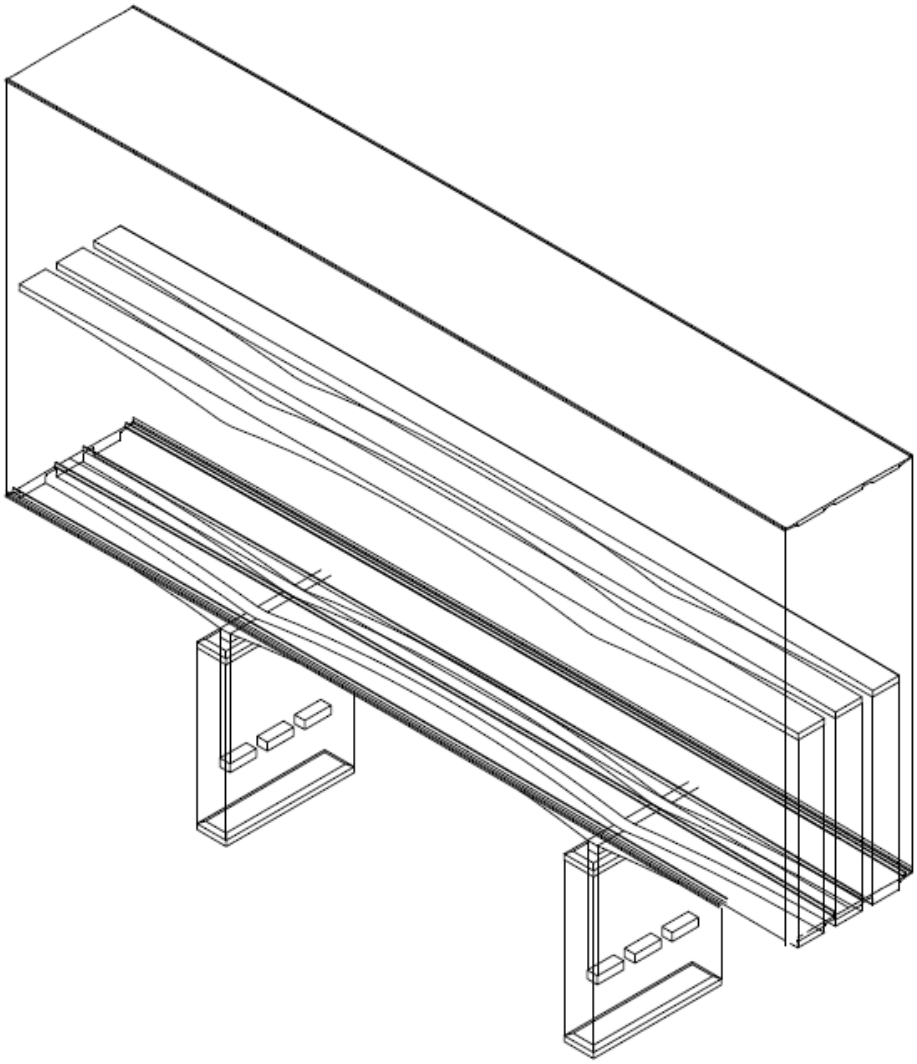
สะพานปทุมธานี



ภาพที่ ข4 สะพานปทุมธานี

ที่มา: ผู้วิจัย

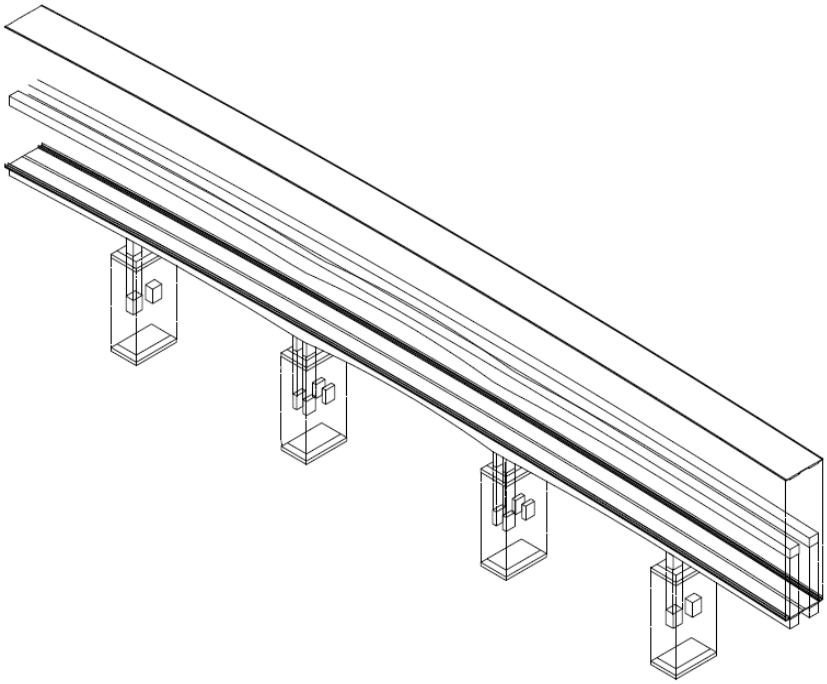
สะพานพระปกเกล้า



ภาพที่ ข5 สะพานพระปกเกล้า

ที่มา: ผู้วิจัย

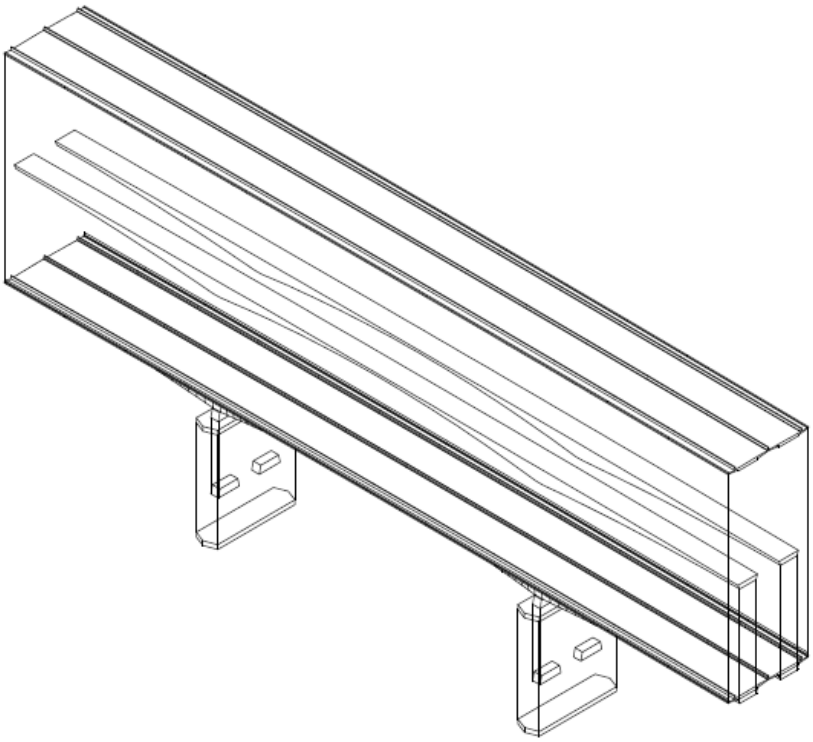
สะพานพระนั่งเกล้า



ภาพที่ ข6 สะพานพระนั่งเกล้า

ที่มา: ผู้วิจัย

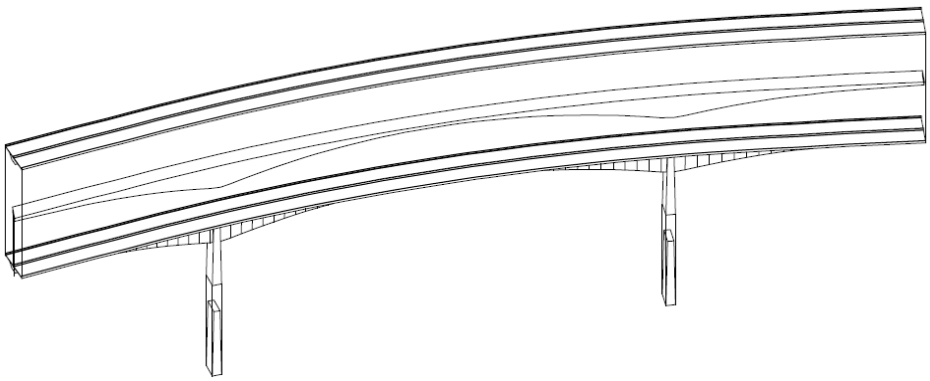
สะพานพระราม 7



ภาพที่ ข7 สะพานพระราม 7

ที่มา: ผู้วิจัย

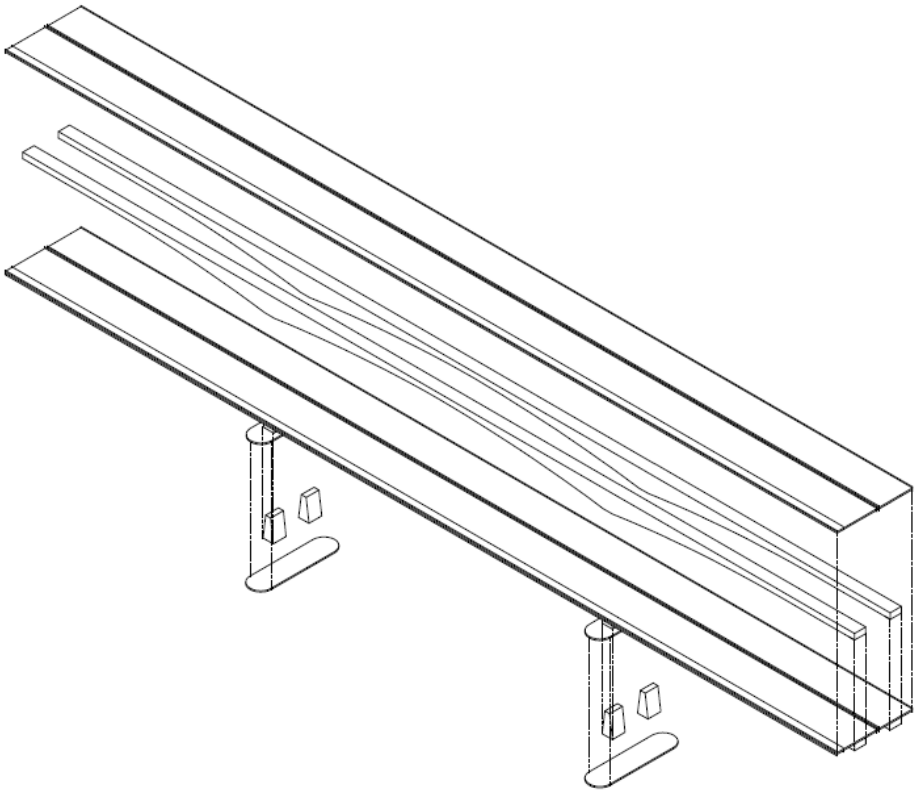
สะพานพระราม 3



ภาพที่ ข8 สะพานพระราม 3

ที่มา: ผู้วิจัย

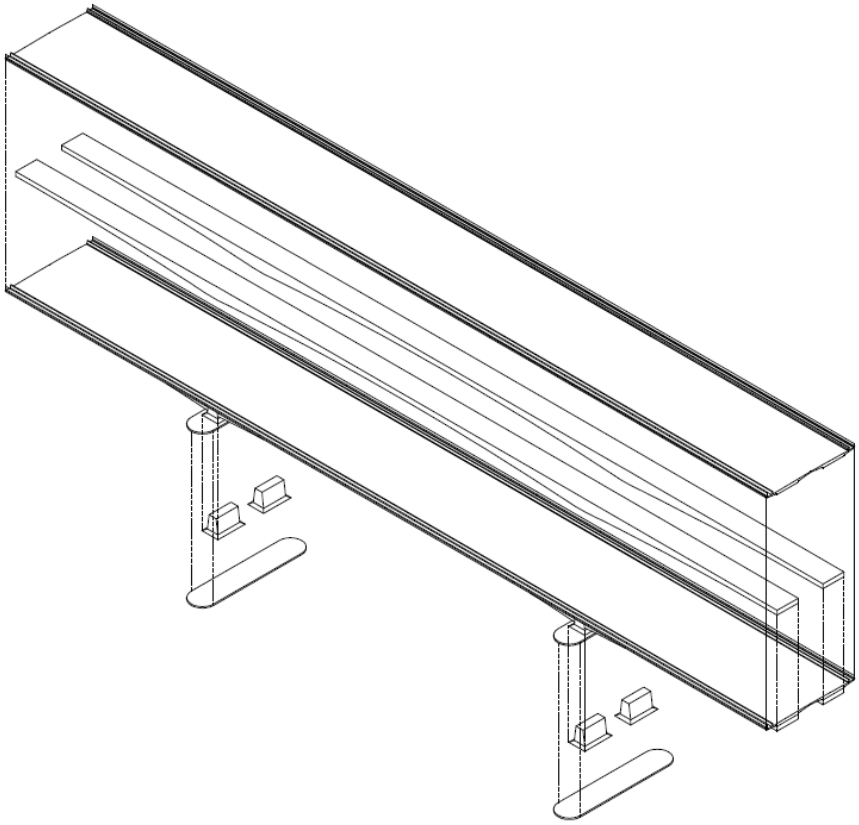
สะพานพระราม 5



ภาพที่ ข8 สะพานพระราม 3

ที่มา: ผู้วิจัย

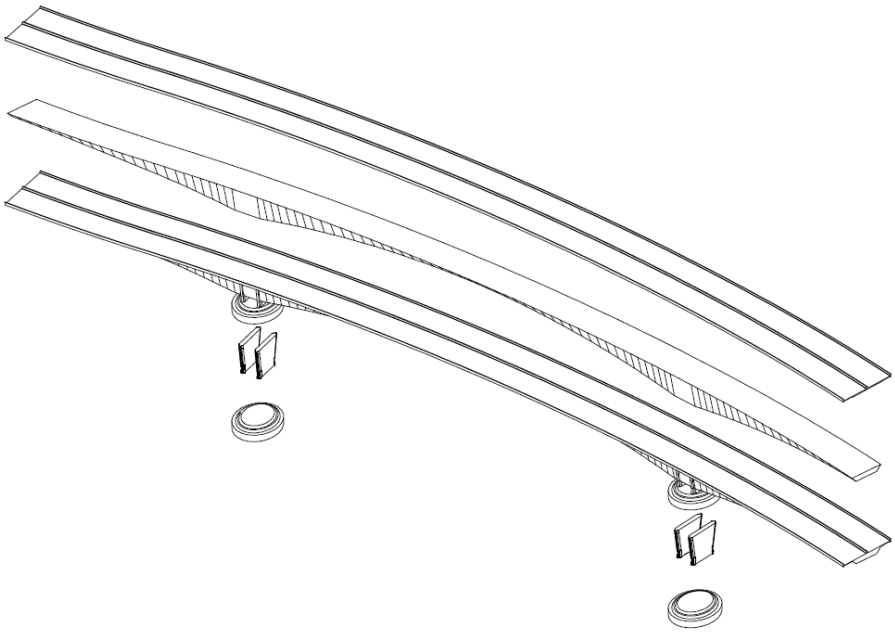
สะพานพระราม 4



ภาพที่ ข10 สะพานพระราม 4

ที่มา: ผู้วิจัย

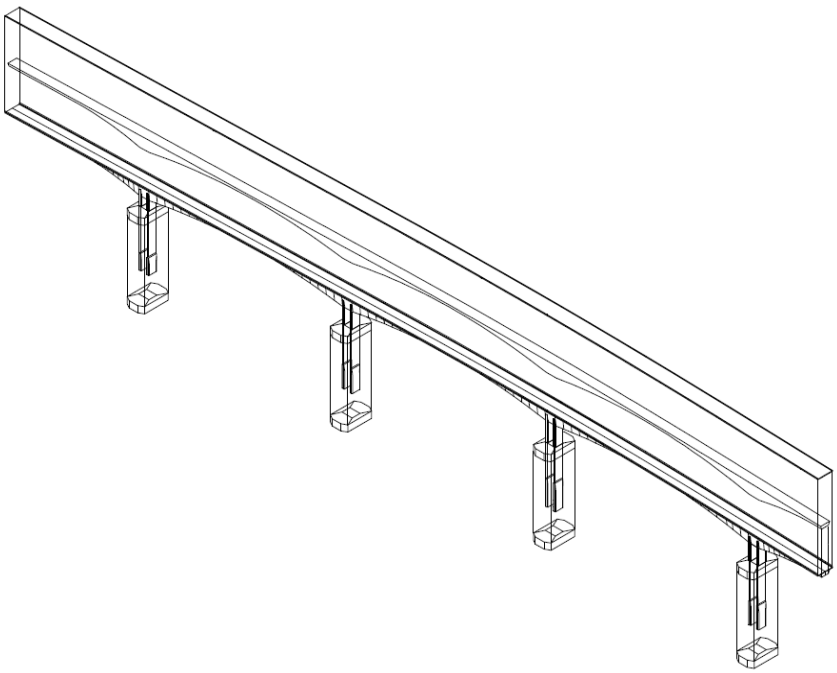
สะพานคู่ขนานพระนั่งเกล้า



ภาพที่ ข11 สะพานคู่ขนานพระนั่งเกล้า

ที่มา: ผู้วิจัย

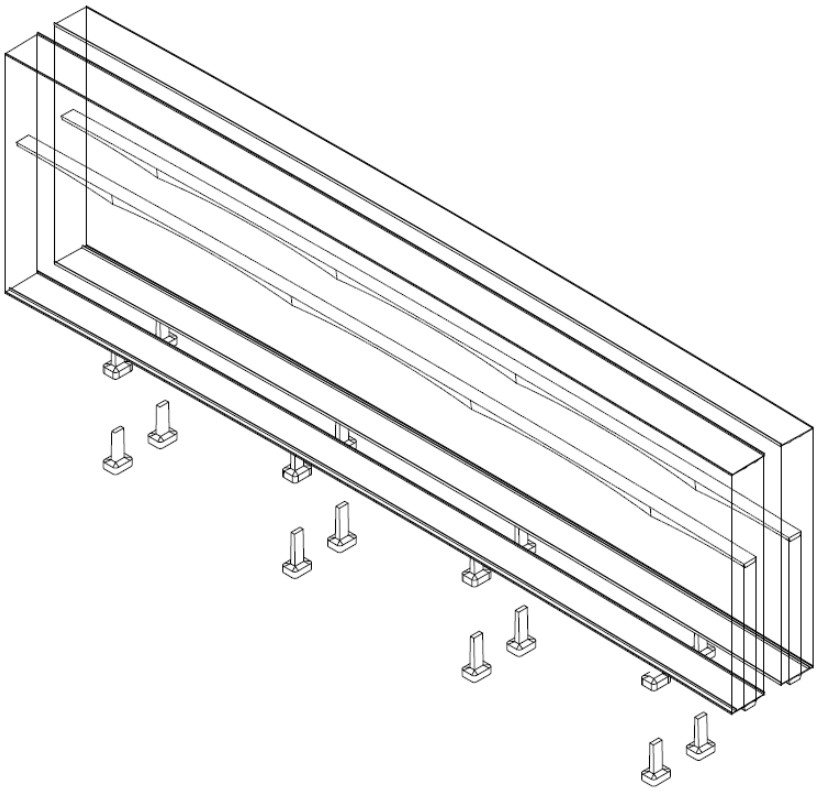
สะพานมิตรภาพ 3



ภาพที่ ข12 สะพานมิตรภาพ 3

ที่มา: ผู้วิจัย

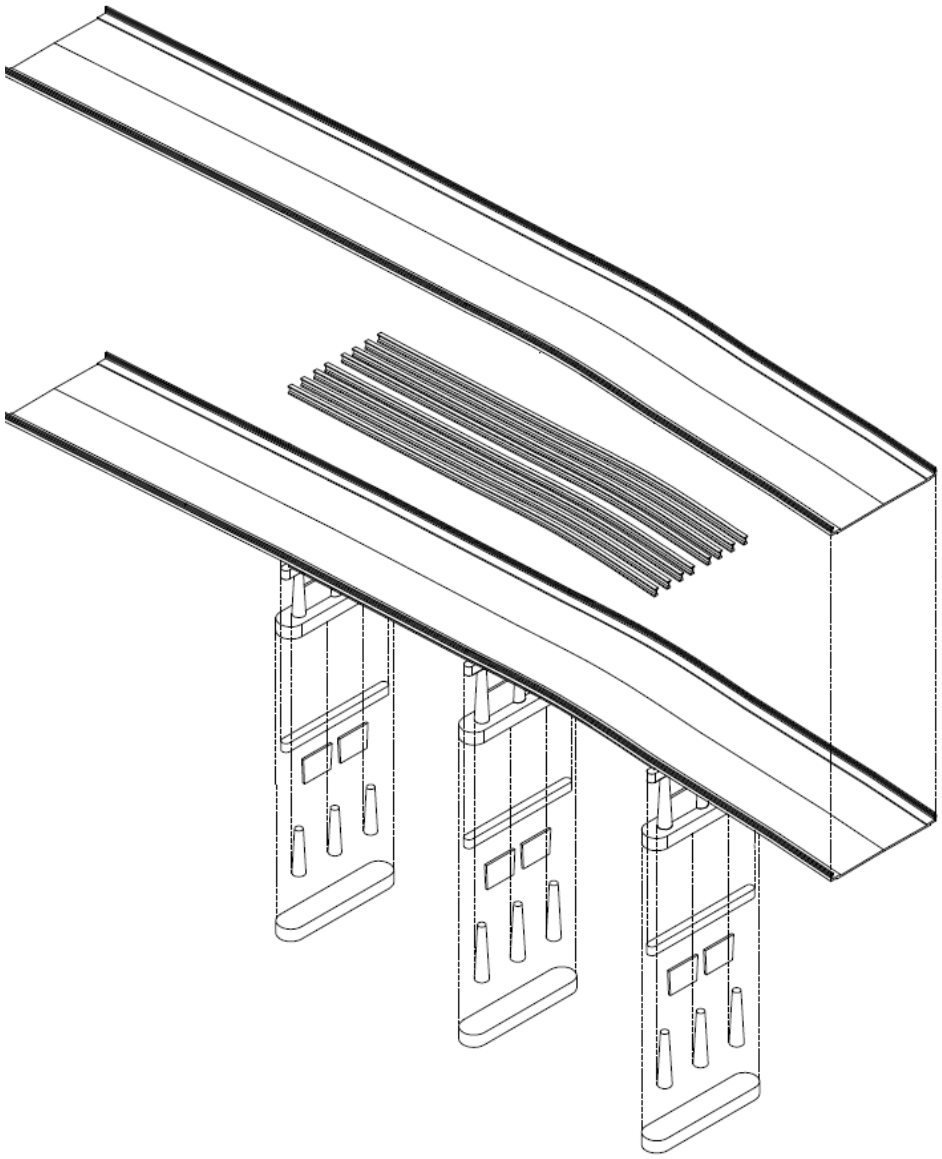
สะพานตาปี



ภาพที่ ข13 สะพานตาปี

ที่มา: ผู้วิจัย

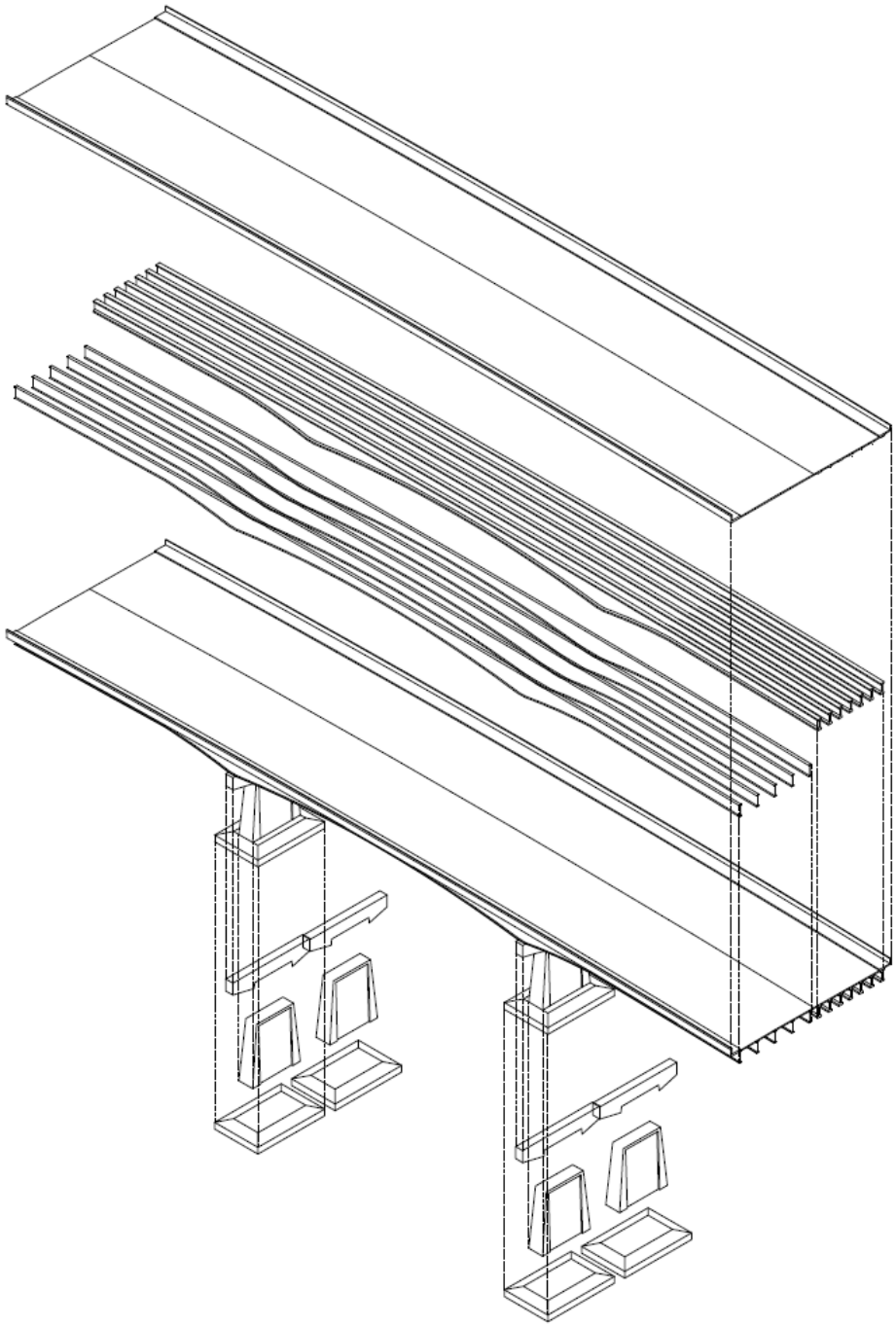
สะพานกษัตราธิราช



ภาพที่ ข14 สะพานกษัตราธิราช

ที่มา: ผู้วิจัย

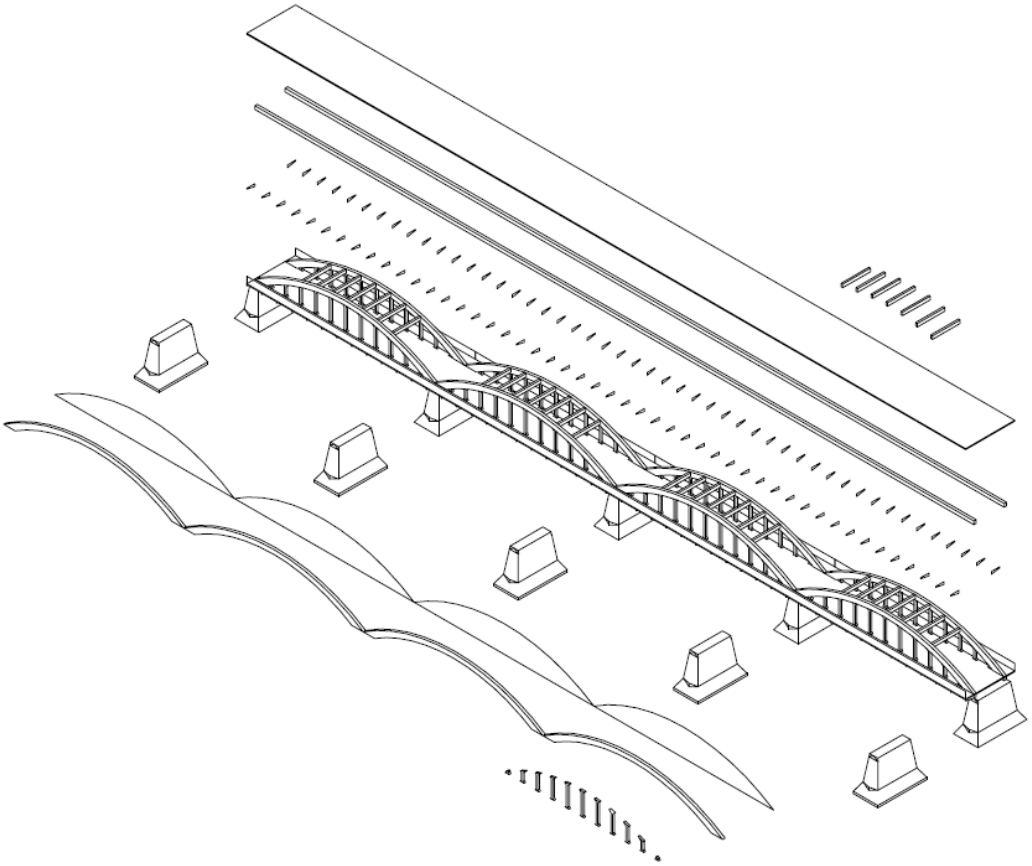
สะพานนเรศวร



ภาพที่ ข15 สะพานนเรศวร

ที่มา: ผู้วิจัย

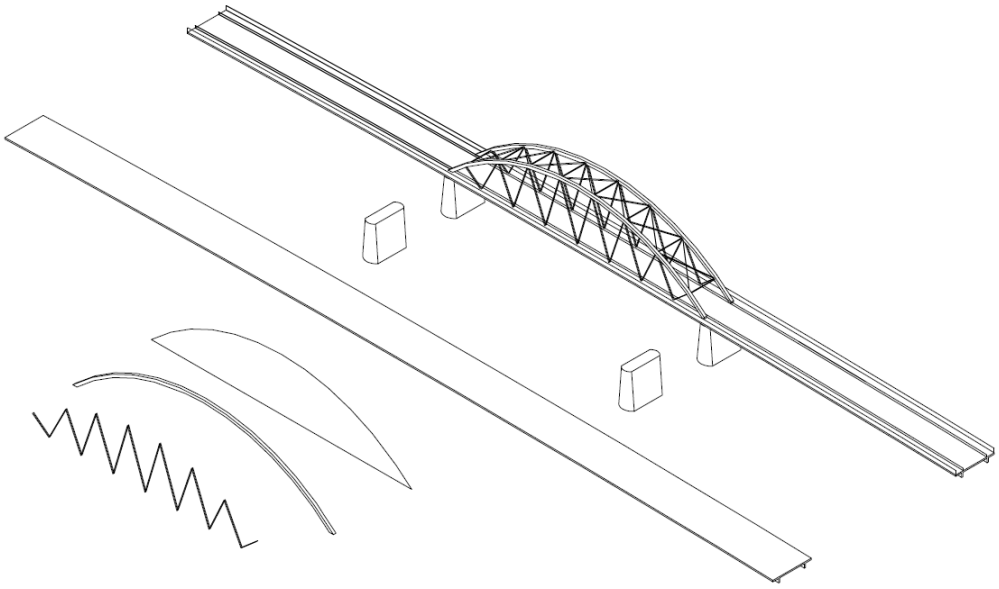
สะพานรัษฎาภิเศก



ภาพที่ ข16 สะพานรัษฎาภิเศก

ที่มา: ผู้วิจัย

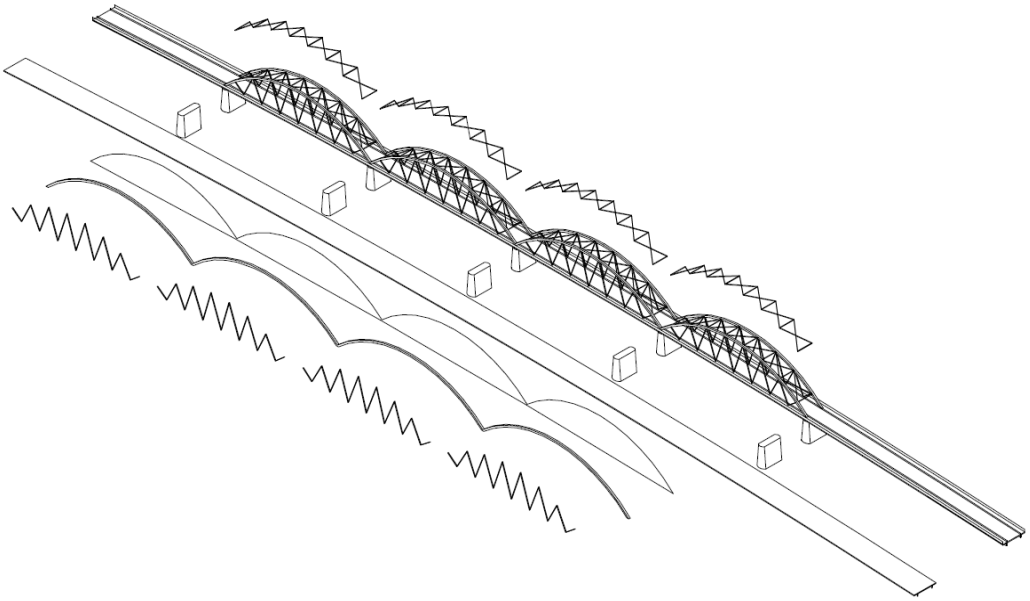
สะพานปรีดี-ธำรง



ภาพที่ ข17 สะพานปรีดี-ธำรง

ที่มา: ผู้วิจัย

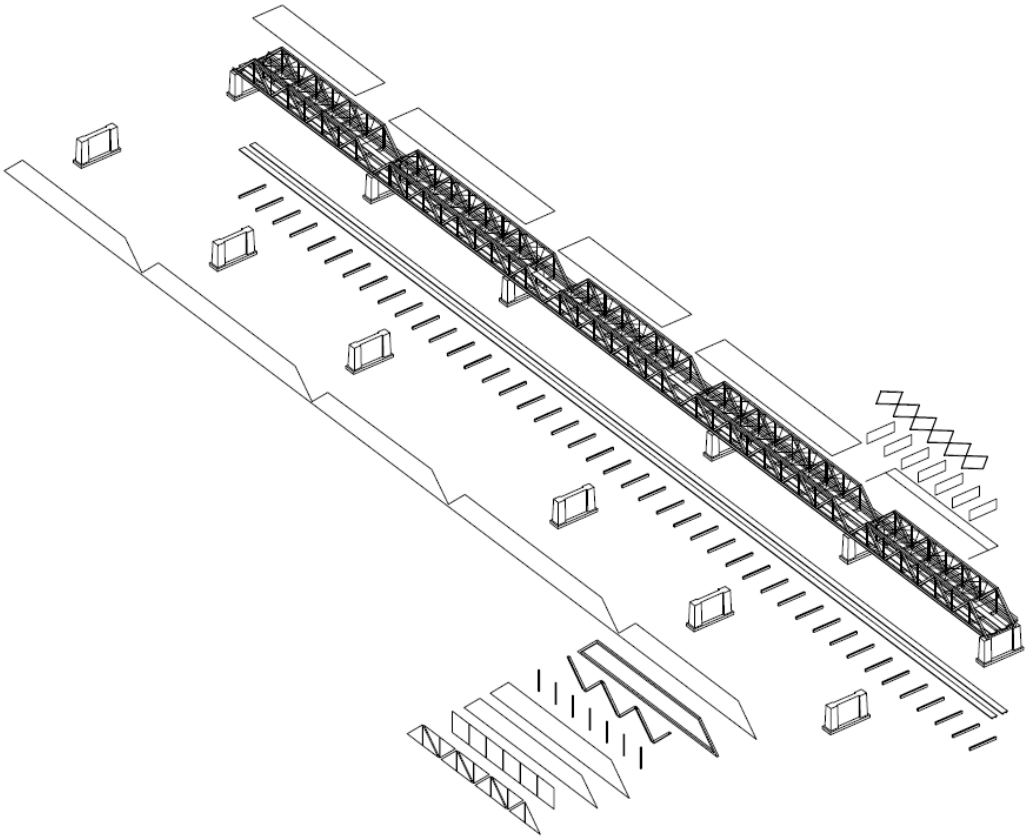
สะพานเดชาติวงศ์



ภาพที่ ข18 สะพานเดชาติวงศ์

ที่มา: ผู้วิจัย

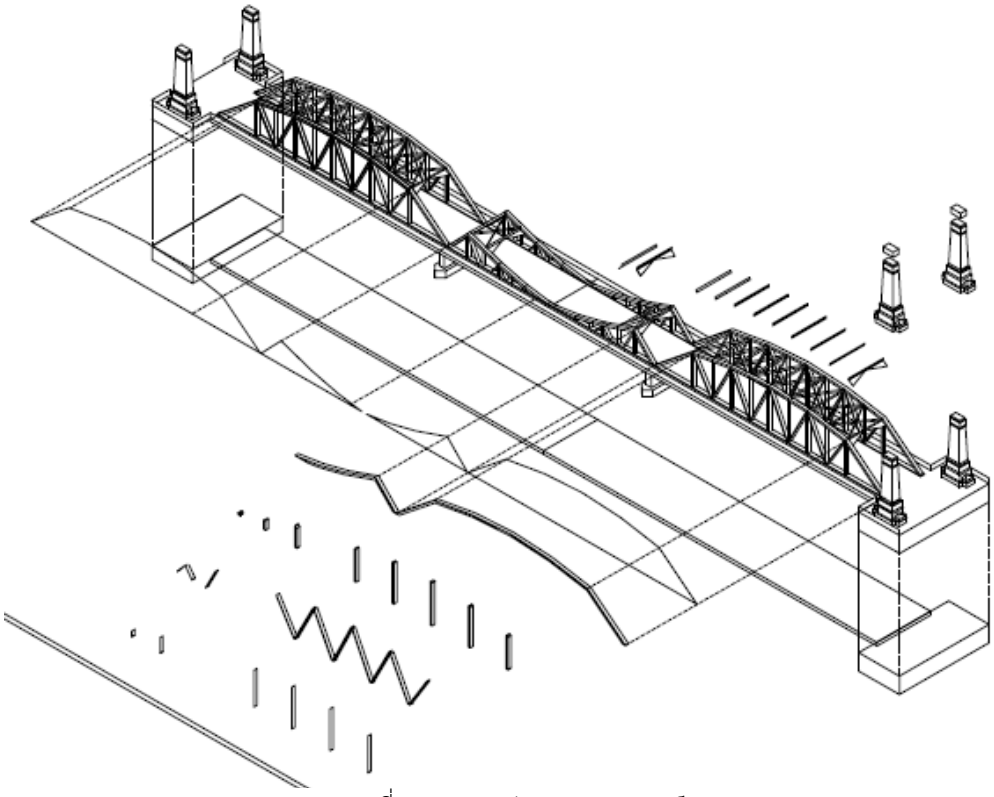
สะพานพระราม 6



ภาพที่ ข19 สะพานพระราม 6

ที่มา: ผู้วิจัย

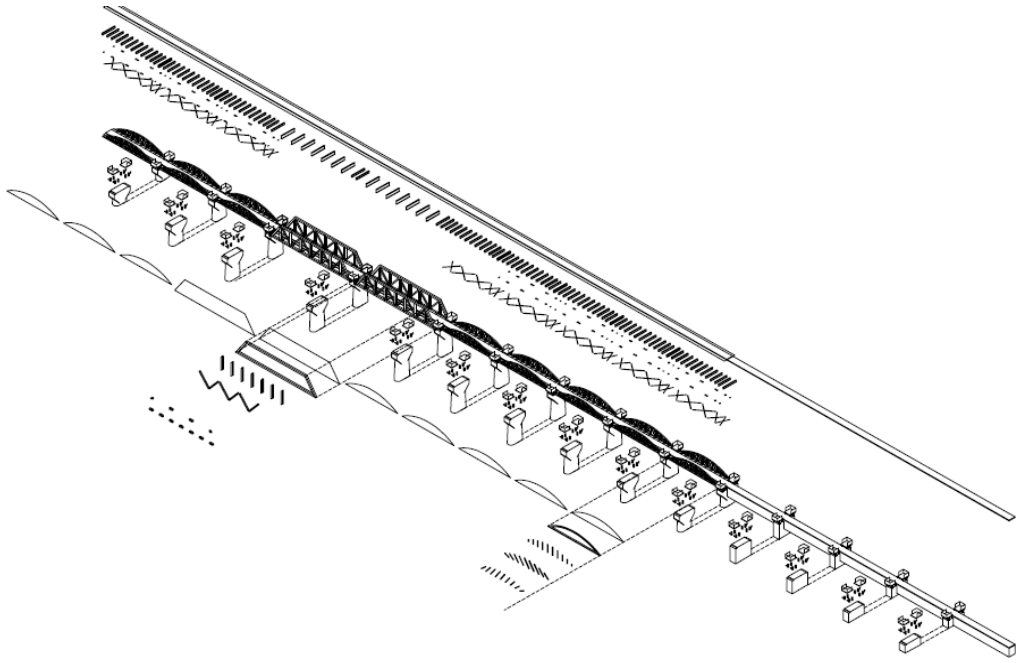
สะพานปฐมบรมราชานุสรณ์



ภาพที่ ข20 สะพานปฐมบรมราชานุสรณ์

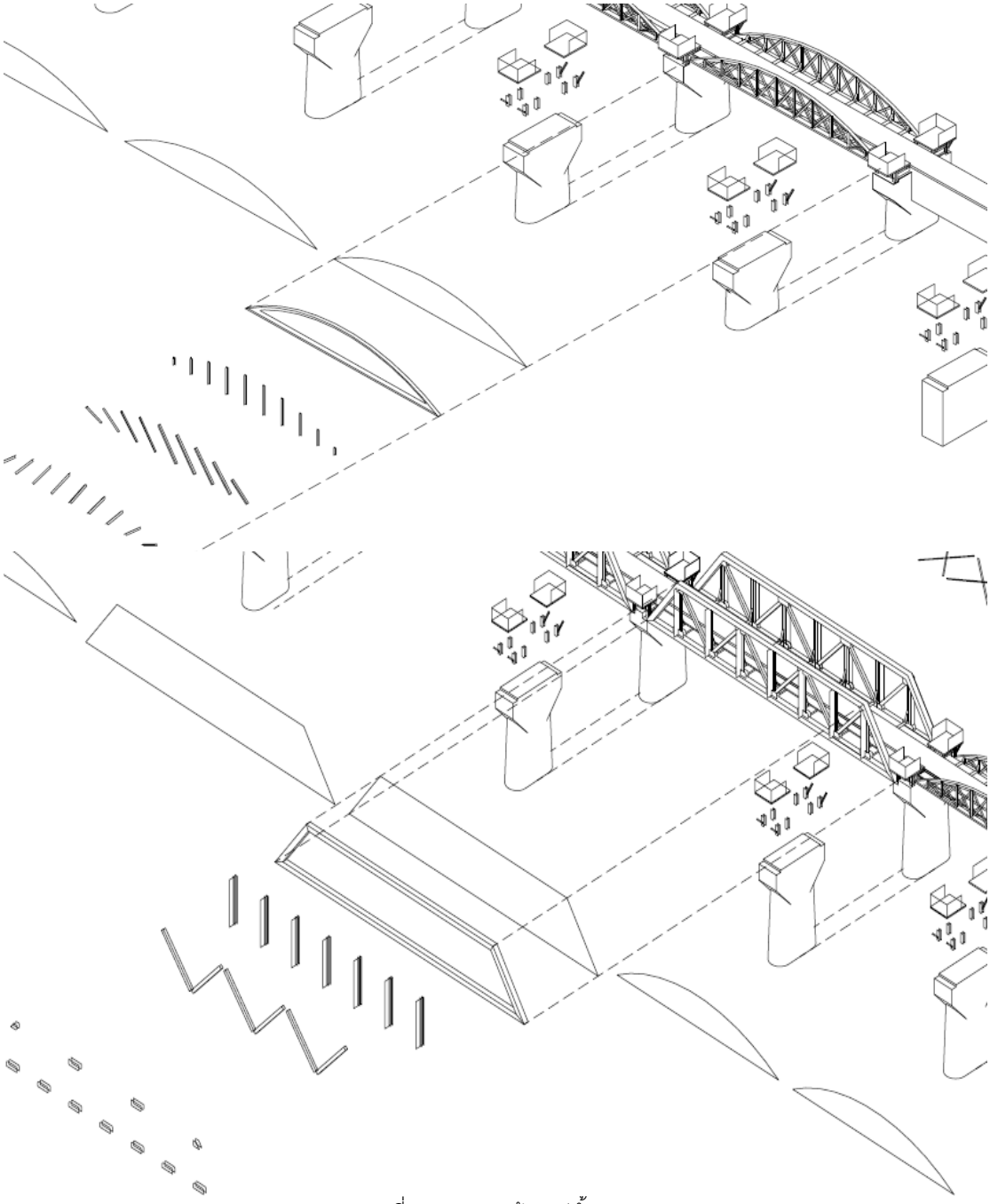
ที่มา: ผู้วิจัย

สะพานข้ามแม่น้ำแคว



ภาพที่ ข21ก สะพานข้ามแม่น้ำแคว

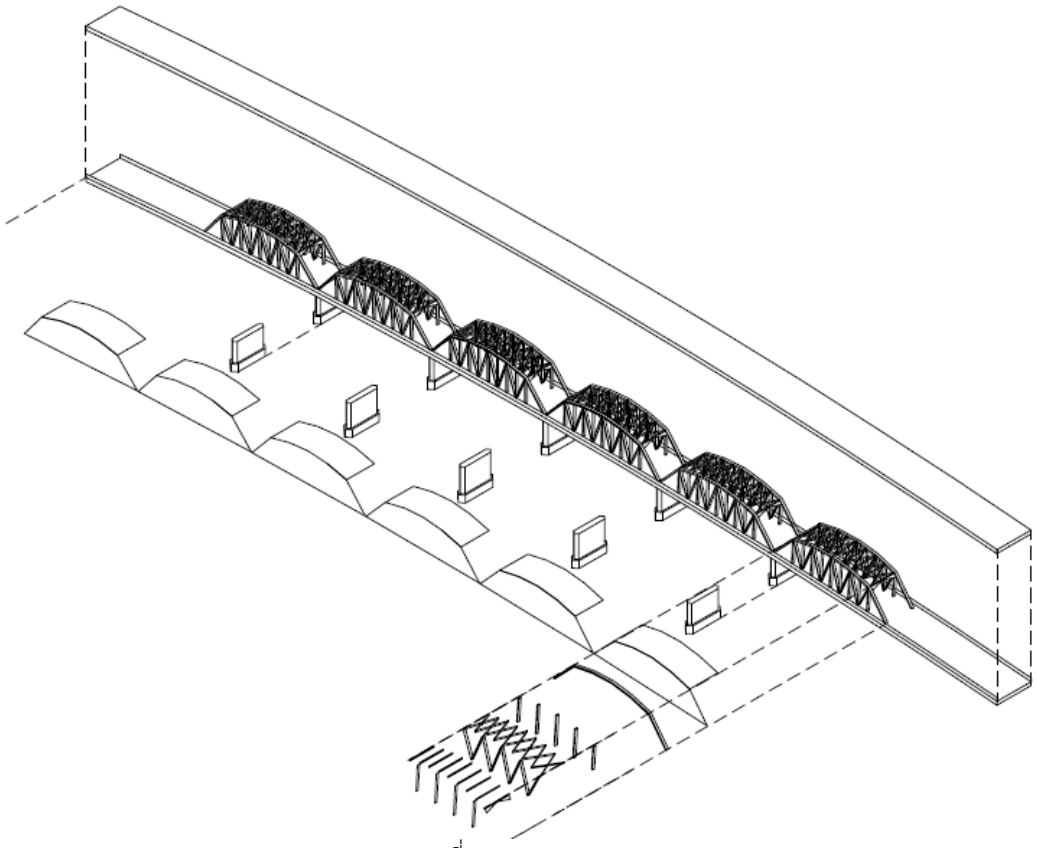
ที่มา: ผู้วิจัย



ภาพที่ ข21ข สะพานข้ามแม่น้ำแคว

ที่มา: ผู้วิจัย

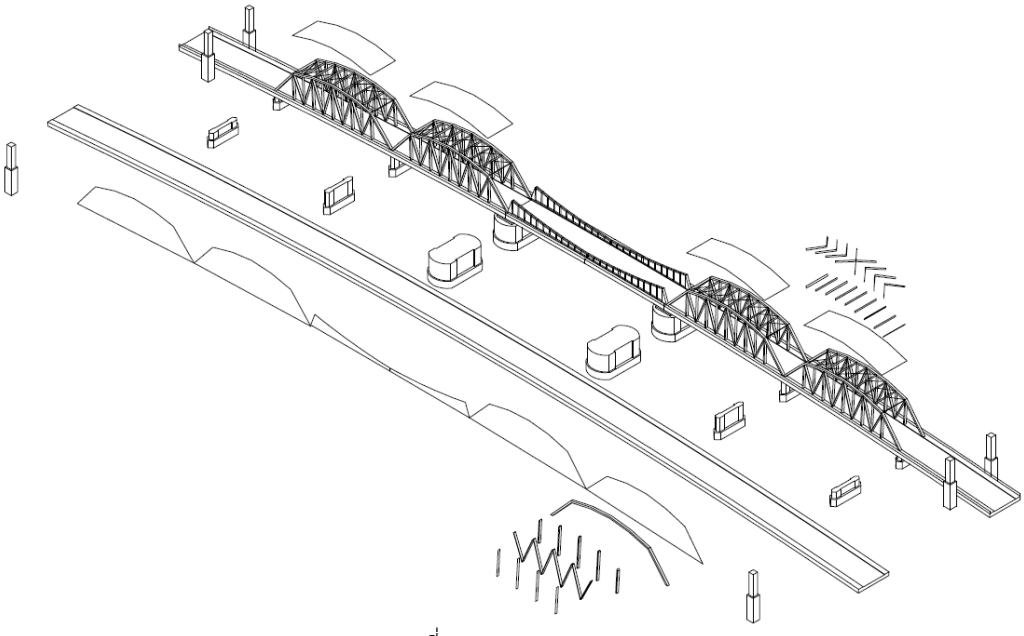
สะพานกรุงธน



ภาพที่ ข22 สะพานกรุงธน

ที่มา: ผู้วิจัย

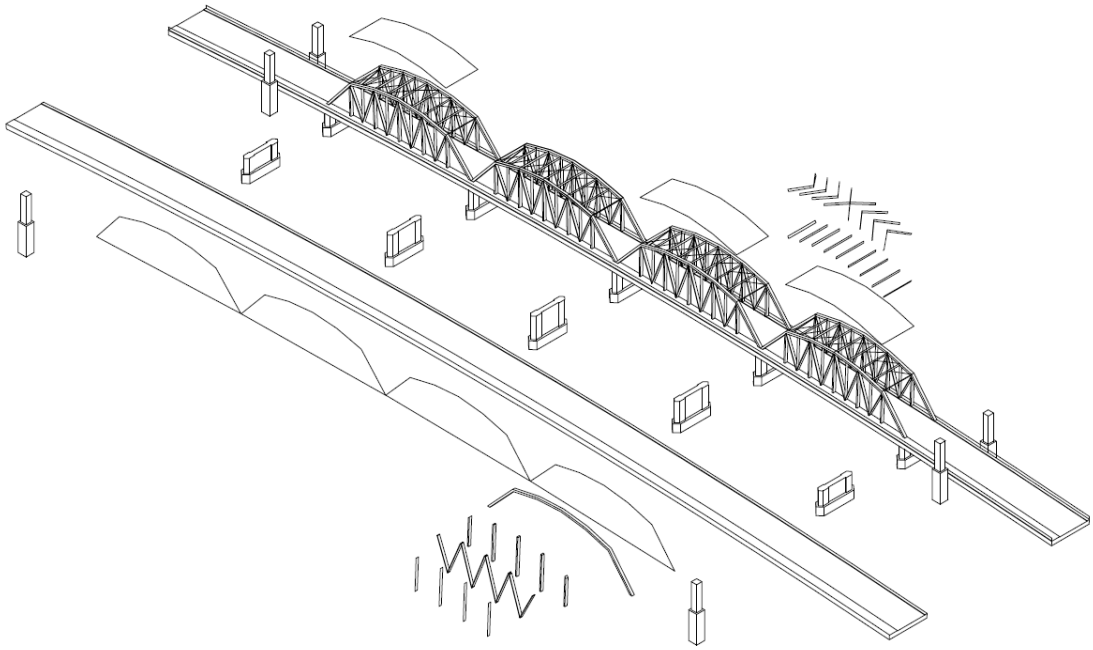
สะพานกรุงเทพ



ภาพที่ ข23 สะพานกรุงเทพ

ที่มา: ผู้วิจัย

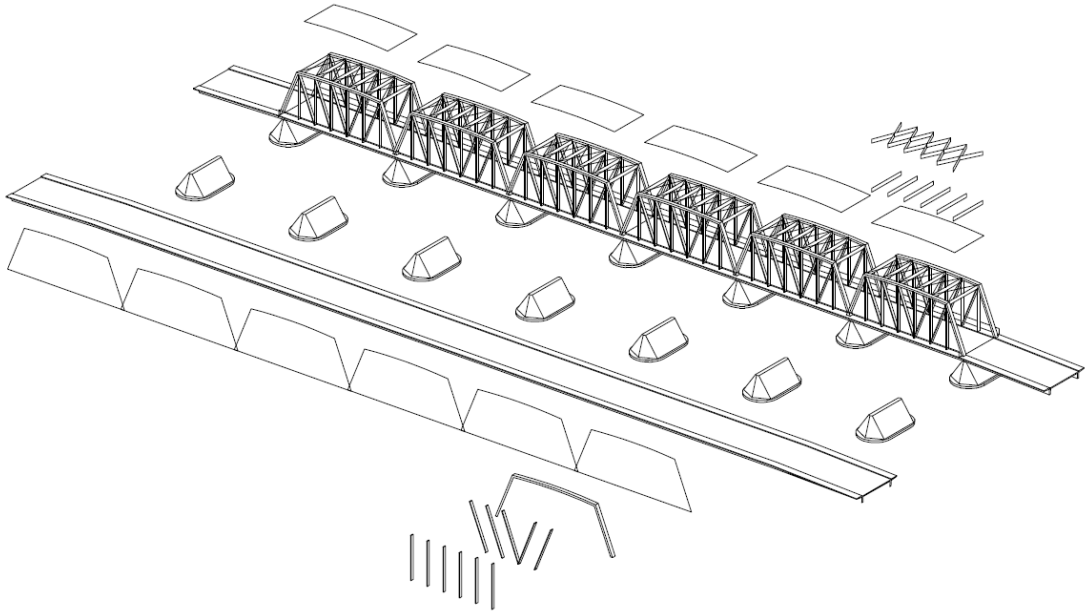
สะพานนนทบุรี



ภาพที่ ข24 สะพานนนทบุรี

ที่มา: ผู้วิจัย

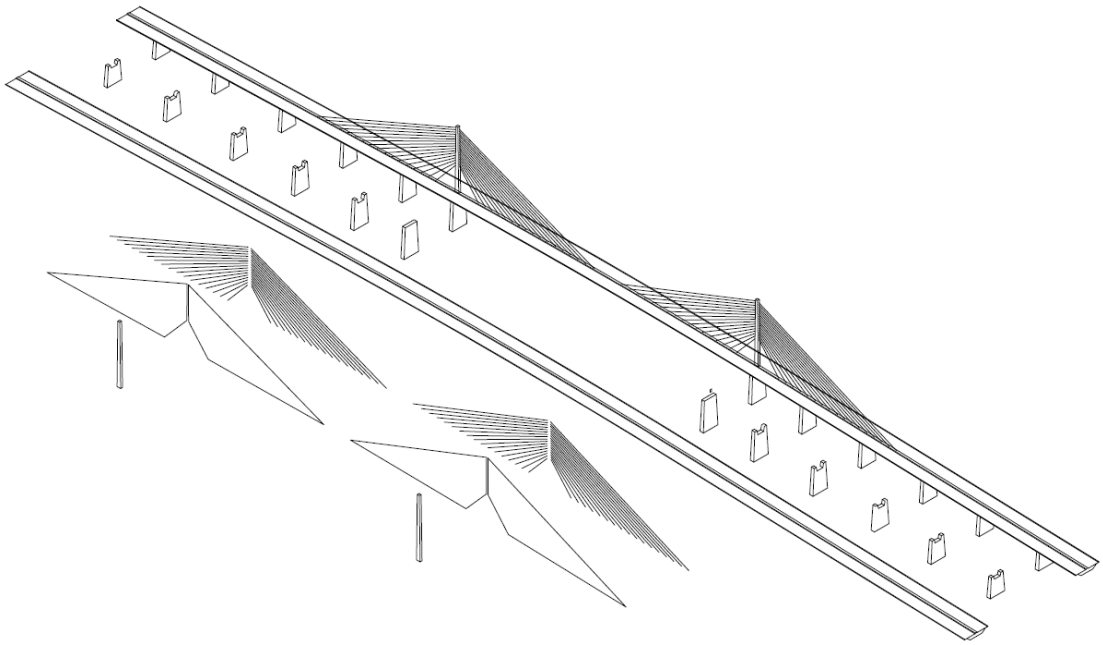
สะพานดำ เมืองเชียงใหม่



ภาพที่ ข25 สะพานดำ เมืองเชียงใหม่

ที่มา: ผู้วิจัย

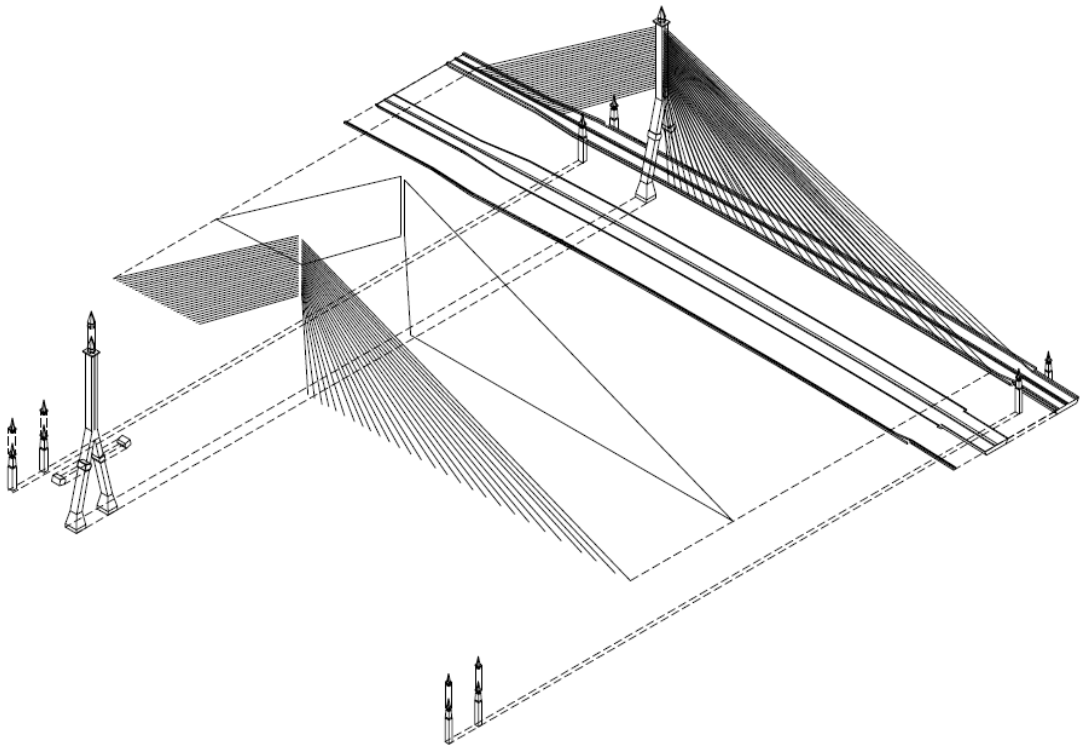
สะพานพระราม 9



ภาพที่ ข26 สะพานพระราม 9

ที่มา: ผู้วิจัย

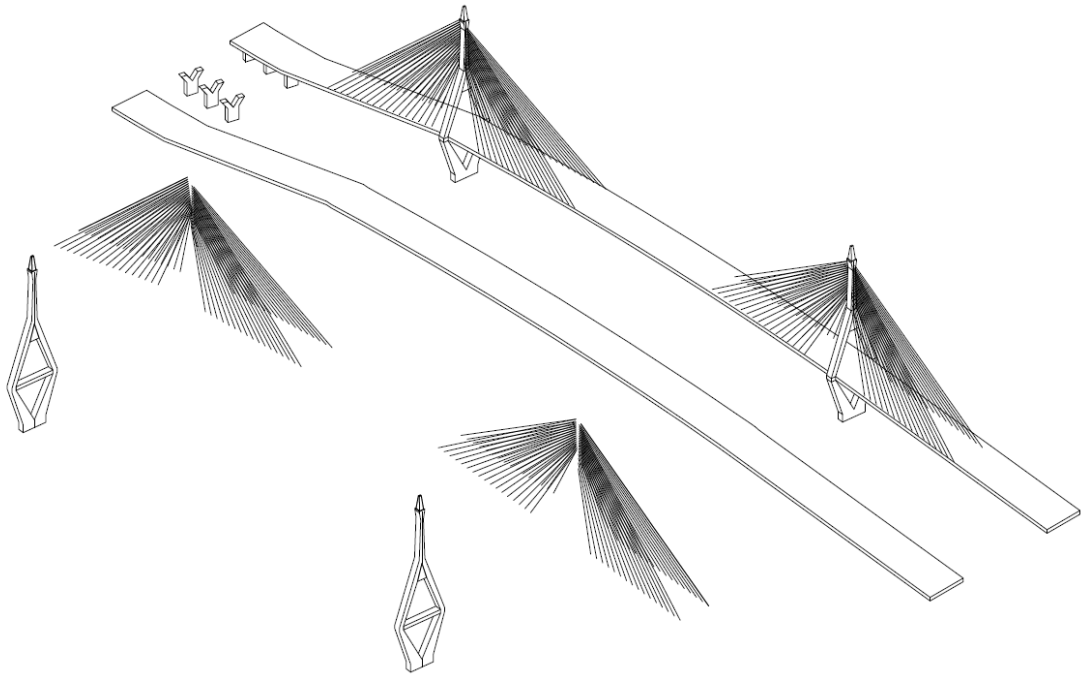
สะพานพระราม 8



ภาพที่ ข27 สะพานพระราม 8

ที่มา: ผู้วิจัย

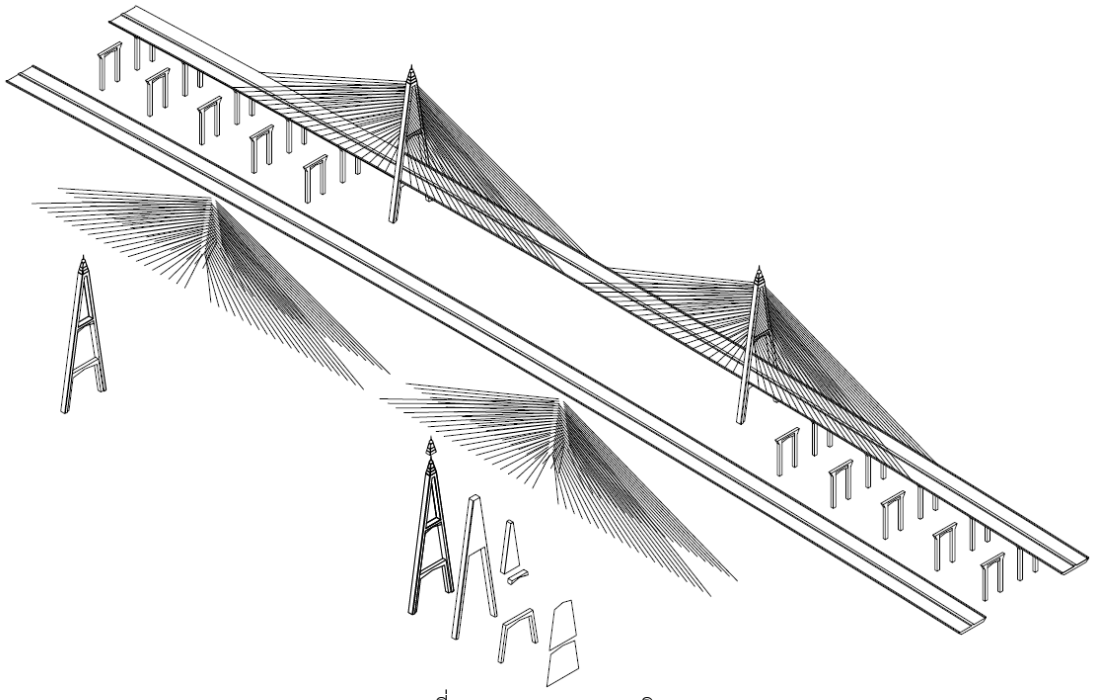
สะพานภูมิพล 1 และภูมิพล 2



ภาพที่ ข28 สะพานภูมิพล 1 และภูมิพล 2

ที่มา: ผู้วิจัย

สะพานกาญจนาภิเษก



ภาพที่ ข29 สะพานกาญจนาภิเษก

ที่มา: ผู้วิจัย

ภาคผนวก ค

การเปรียบเทียบต้นทุนในการออกแบบ (lighting cost comparisons)

ระเบียบวิธีวิเคราะห์ขั้นปฐมภูมิ (first-level analysis methods)

วิธี The cost of light

$$U = \frac{10}{Q}\left(\frac{P+h}{L} + WR\right) \quad (1)$$

U = ราคาต้นทุนรวมของหลอดไฟ- ดอลลาร์*/10*^{6} ลูเมน ชั่วโมง
(unit cost of light for a lamp- dollars/10^6 lm x h)

Q = ปริมาณแสงของหลอดไฟ-ลูเมน
(mean lamp flux- lumens)

P = ราคาหลอดไฟ- เซนต์
(lamp price- cents)

h = ค่าแรงในการเปลี่ยนหลอดไฟ 1 หลอด- เซนต์
(labor cost to replace one lamps- cents)

L = อายุการใช้งานของหลอดไฟ –1,000 ชั่วโมง
(average rated lamp life- thousand of hours)

W = กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยที่ใช้ต่อหลอด- วัตต์
(mean input power per lamp- watts)

R = อัตราค่าไฟฟ้า- เซนต์/ กิโลวัตต์ ชั่วโมง
(energy cost –cents/kilowatt-hour)

วิธี Simple payback

$$P = \frac{I}{A} \quad (2)$$

P = ระยะเวลาคืนทุน- ปี
(payback period- years)

I = ค่าใช้จ่ายในการลงทุนที่เพิ่มขึ้น- ดอลลาร์
(incremental investment-dollars)

A= กระแสเงินสดที่เพิ่มขึ้น
(incremental annual cash flow)

วิธี Simple rate of return

เป็นวิธีวิเคราะห์ที่มีลักษณะคล้ายกับวิธี payback period แต่เป็นปฏิภาคผกผัน (inverse) ของกันและกัน จึงมีข้อดีและข้อเสียในลักษณะเดียวกัน

$$ROR = \frac{A}{I} \quad (3)$$

ROR = อัตราการคืนทุน (rate of return)

A = ค่าใช้จ่ายในการลงทุนที่เพิ่มขึ้น- ดอลลาร์ (incremental annual cash flow)

I = ค่าใช้จ่ายในการลงทุนที่เพิ่มขึ้น- ดอลลาร์ (incremental investment-dollars)

ระเบียบวิธีวิเคราะห์ขั้นทุติยภูมิ (second-level analysis methods)

Life-cycle Cost-Benefit Analysis (LCCBA)

ขั้นตอนที่ 1 กรอกข้อมูลลงในแผ่นงาน (worksheet for LCCBA) (ดูตาราง) โดยข้อมูลในตารางแบ่งเป็น 3 ส่วน ได้แก่ ต้นทุนเริ่มต้น (initial cost) ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานและการบำรุงรักษาเป็นรายปี (annual power and maintenance costs) และการเปรียบเทียบ (comparisons) โดยใช้แผ่นงานสำหรับ LCCBA

ขั้นตอนที่ 2 ทำการเปรียบเทียบข้อมูลแต่ละส่วน สำหรับข้อมูลด้านค่าของเงินตามเวลาสามารถพิจารณาจากสมการดังต่อไปนี้

Single present-worth factor (แสดงความสัมพันธ์ระหว่างมูลค่าในปัจจุบันและมูลค่าในอนาคต)

$$P = F \times \frac{1}{(1+i)^y} \quad (4)$$

P = มูลค่าในปัจจุบัน หรือมูลค่าเทียบเท่าปัจจุบัน- ดอลลาร์ (present worth, or the equivalent value at present- dollars)

F = มูลค่าในอนาคต หรือมูลค่าเทียบเท่าในอนาคต –ดอลลาร์ (future worth, or the amount in the future- dollars)

y = จำนวนปี (numbers of years)

i = ดอกเบี้ยแสดงเป็นหน่วยทศนิยม (opportunity or interest rate as a decimal function e.g. 5%= 0.05)

Uniform present-worth factor (แสดงความสัมพันธ์ระหว่างมูลค่าปัจจุบันและจำนวนรายจ่ายประจำปี)

$$P = A \times \frac{(1+i)^y - 1}{i(1+i)^y} \quad (5)$$

P = มูลค่าในปัจจุบัน หรือมูลค่าเทียบเท่าปัจจุบัน- ดอลลาร์
(present worth, or the amount at present- dollars)

A = รายจ่ายประจำปี- ดอลลาร์
(amount of an annual payment- dollars)

y = จำนวนปี
(numbers of years)

i = อัตราดอกเบี้ยแสดงเป็นหน่วยทศนิยม
(opportunity or interest rate as a decimal function e.g. 5%= 0.05)

จากสมการ สามารถหาความสัมพันธ์ของมูลค่าในอนาคต (F) และรายจ่ายประจำปี (A) ได้ดังนี้

$$A = F \times \frac{i}{(1+i)^y - 1} \quad (6)$$

F = มูลค่าในอนาคต หรือมูลค่าเทียบเท่าในอนาคต –ดอลลาร์
(future worth, or the amount in the future- dollars)

A = รายจ่ายประจำปี- ดอลลาร์
(amount of an annual payment- dollars)

y = จำนวนปี
(numbers of years)

i = ดอกเบี้ยแสดงเป็นหน่วยทศนิยม
(opportunity or interest rate as a decimal function e.g. 5%= 0.05)

จากสมการนี้แสดงให้เห็นว่า รายจ่ายประจำปีมีค่าเท่ากับมูลต่าในอนาคตในเวลาเดียวกัน หรือหมายความว่า มูลค่าในอนาคต (F) เป็รนวลา y ปี มีค่าเท่ากับมูลค่า รายจ่ายประจำปี (A) ของแต่ละปีเป็นเวลา ปี

มูลค่าปัจจุบันของรายจ่ายประจำปีที่เพิ่มขึ้นในแต่ละปีสามารถหาได้จากสมการดังนี้

$$P = \sum_{k=1}^{y} A \frac{(1+r)^k}{(1+i)^k} \quad (6)$$

P = มูลค่าในปัจจุบัน หรือมูลค่าเทียบเท่าปัจจุบัน- ดอลลาร์
(present worth, or the amount at present- dollars)

A = รายจ่ายประจำปี- ดอลลาร์
(initial annual payment- dollars)

y = จำนวนปี
(numbers of years)

i = ดอกเบี้ยแสดงเป็นหน่วยทศนิยม
(opportunity or interest rate as a decimal function e.g. 5%= 0.05)

r = อัตราการขยายตัว เป็นร้อยละของอัตราส่วนรายจ่ายประจำปีแต่ละปี
(rate of escalation, or percentage by which the annual payment increases each year, as a decimal function)

ถ้าอัตราดอกเบี้ย (i) และอัตราการการขยายตัว (*r*) มีค่าเท่ากันสมการที่...จะมีค่าดังนี้

$$P = Ay \tag{7.1}$$

ถ้าอัตราดอกเบี้ย (i) และอัตราการการขยายตัว (*r*) มีค่าไม่เท่ากันสมการที่...จะมีค่าดังนี้

$$P = A \times \frac{(1+r)[(1+i)^y - (1+r)^y]}{(1-r)(1+i)^y} \tag{7.2}$$

แผ่นงานสำหรับ LCCBA

รายการ		ระบบ 1	ระบบ 2
ส่วนที่ 1 ต้นุทนเริ่มต้น (A. initial cost)			
A1	ค่าหลอดไฟ ดวงโคมและชิ้นส่วนอื่น รวมค่าแรงในการติดตั้ง Lighting system- Initial installed costs, all parts and labor		
A2	ค่ากำลังไฟฟ้าทั้งหมดที่ใช้ในระบบการส่องสว่าง (กิโลวัตต์) Total power used by lighting system (kW)		
A3	ปริมาณตันความเย็นในการปรับอากาศที่ใช้ในการกระจายความร้อนที่เกิดจากระบบการส่องสว่าง (กิโลวัตต์/3.516) Air-conditioning tons required to dissipate heat from lighting system (kW/3.516)		
A4	ค่าใช้จ่ายในการปรับอากาศ จากข้อ 1.3 (A3) (ดอลลาร์/ตัน) First cost of air-conditioning tons in line A3 ($/toms)		
A5	การลดลงของค่าใช้จ่ายของอุปกรณ์ทำความร้อน Reduction in first cost of heating equipment		
A6	utility rebates		
A7	ค่าใช้จ่ายอื่นที่เกิดขึ้นเนื่องจากการติดตั้งระบบการส่องสว่าง Other first cost engendered by the presence of the lighting systems		
A8	ค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับการติดตั้งระบบไฟฟ้าและเครื่องกล Subtotal mechanical and electrical installed cost		
A9	ภาษี Initail cost		
A10	ต้นทุนรวม Total costs		
A11	ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งต่อตารางเมตร Installed cost per square metre (memo)		
A12	ค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ต่อตารางเมตร Watts of lighting per square metre (memo)		
A13	มูลค่าของระบบหลังจากหมดอายุใช้งาน residual (salvage) value at end of economic life		

แผ่นงานสำหรับ LCCBA **(ต่อ)**

รายการ		ระบบที่ 1	ระบบที่ 2
ส่วนที่ 2 ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานและการบำรุงรักษารายปี (B. annual power and maintenance costs)			
B1	ค่าพลังงานไฟฟ้าจากระบบการส่องสว่าง Luminaire energy (operating hours x kW x $/kWh)		
B2	ค่าพลังงานไฟฟ้าจากระบบปรับอากาศ Air-conditioning energy (operating hours x tons x kW/ ton x $/kWh)		
B3	ค่าบำรุงรักษาระบบปรับอากาศ Air conditioning maintenance (tons x $/ton)		
B4	ค่าพลังงานของระบบความร้อนที่ลดลง Reduction in heating cost		
B5	ค่าบำรุงรักษาระบบทำความร้อนที่ลดลง Reduced heating maintenance (tons x $/ton)		
B6	ค่าใช้จ่ายรายปีอื่นที่เกิดขึ้นเนื่องจากการติดตั้งระบบการส่องสว่าง Other annual costs engendered by the lighting system		
B7	ต้นทุนของหลอดไฟ (ดูรายละเอียด) Cost of lamp annually		
B8	ต้นทุนในการเปลี่ยนบัลลาสต์ (ดูรายละเอียด) Cost of ballast replacement		
B9	ค่าทำความสะอาดดวงโคม Luminaire washing cost (number of luminaires x cost per luminaire)		
B10	ค่าประกันภัยประจำปี Annual insurance cost		
B11	ภาษีทรัพย์สินประจำปี Annual property tax cost		
B12	ผลรวมของค่าใช้จ่ายด้านพลังงานและการบำรุงรักษารายปี (รวมภาษีมูลค่าเพิ่ม) Subtotal, annual power and maintenance (with income tax)		
B13	ภาษีเนื่องจากค่าเสื่อมราคา Income tax effect of depreciation		

แผ่นงานสำหรับ LCCBA **(ต่อ)**

รายการ		ระบบที่ 1	ระบบที่ 2
ส่วนที่ 3 การเปรียบเทียบ (C. comparisons)			
C1	มูลค่า ณ ปัจจุบัน (A10+ P(A13)+P(B12+B13) Present worth		
C2	ค่าใช้จ่ายรายปี (A(A10)+ A(A13)+ B12+ B13 Annual cost		

คำอธิบายรายละเอียดแผ่นงานสำหรับ LCCBA

ส่วนที่ 1

1. ค่าวัสดุอุปกรณ์และค่าแรงในการติดตั้งทั้งหมด
2. ค่ากำลังไฟฟ้าที่เกิดจากหลอดไฟ บัลลาสต์ หม้อแปลงไฟฟ้า รวมทั้งอุปกรณ์ต่อพ่วงอื่น
3. ระบบไฟฟ้าแสงสว่างที่ติดตั้งทำให้เกิดพลังงานความร้อนขึ้น ทำให้เพิ่มภาระของระบบปรับอากาศในการลดอุณหภูมิให้เหมาะสม เครื่องปรับอากาศ 1 ตันหรือ 12,000 บีทียู สามารถลดความร้อนจากระบบไฟฟ้าแสงสว่างที่เกิดขึ้นได้ 3.516 กิโลวัตต์ หากมีการติดตั้งระบบปรับอากาศเพิ่มเติมเนื่องจากระบไฟฟ้าแสงสว่างให้กรอกข้อมูลในส่วนที่เพิ่มขึ้น หากไม่มีการเปลี่ยนแปลงให้กรอข้อมูลเป็นศูนย์
4. ต้นทุนของการติดตั้งระบบปรับอกากาศเพิ่มเติม หากจำนวนตันความเย็นแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ให้กำหนดให้ต้นทุนมีค่าเท่ากัน (นำหลักการเดียวกันนี้ไปใช้กับข้อ A5)
5. ความร้อนที่เกิดขึ้นจากรระบบไฟฟ้าแสงสว่างสามารถนำไปหักลบกับภาระการทำงานของอุปกรณ์การทำความร้อยได้ ซึ่งมีค่าประมาณ $15-$25 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง
6. บริษัทจำหน่ายพลังงานไฟฟ้าในสหรัฐอเมริกาลดค่าไฟฟ้าในชั่วโมงที่มีการใช้ไฟฟ้าสูง สำหรับอาคารที่มีการติดตั้งอุปกรณ์ระบบไฟฟ้าส่องสว่างที่มีประสิทธิผลสูง
7. ต้นทุนดำเนินการอื่นๆ เช่น แผงพลังงานแสงอาทิตย์ ฉนวนความร้อน
8. ผลรวมของ A1 A4 A5 และ A6
9. ภาษีมูลค่าเพิ่ม ของ A8
10. ผลรวมของ A8 และ A9
11. ไม่จำเป็นต้องนำมาแสดงในแผ่นงาน
12. ไม่จำเป็นต้องนำมาแสดงในแผ่นงาน
13. มูลค่าคงเหลือของอุปกรณ์ อาจเป็น รายได้จากการขายซาก หรือเป็นรายจ่ายในการทำลายทิ้ง

ส่วนที่ 2

1. จำนวนชั่วโมงการใช้งานและต้นทุนขึ้นอยู่กับจำนวนการทำงานของอาคารและราคาค่าพลังงานไฟฟ้าต่อหน่วยของโครงการ
2. จำนวนตันทำความเย็นของอาคารได้มาจากข้อ A3 สำหรับระบบปรับอากาศแบบรวม (central plant) ใช้พลังงานไฟฟ้าประมาณ 1.25 กิโลวัตต์ต่อตัน
3. ค่าบำรุงรักษาระบบปรับอากาศมีค่าประมาณ $150 ต่อตันความเย็น
4. ค่าเชื้อเพลิงที่ลดลงจากอุปกรณ์ทำความร้อน หาจากสมการดังนี้

$$heating\ hours = (lighting\ hours) \times 0.85 - (cooling\ hours)$$

ความร้อนที่เกิดจากระบบไฟฟ้าแสงสว่าง หาจากสมการดังนี้

$$heat\ form\ lighting\ system = (kW\ of\ \ lighting) \times (3.413\ Mbtu/kWh) \times (heating\ hours)$$

5. ค่าบำรุงรักษาระบบและอุปกรณ์ทำความร้อน มีค่าประมาณ $2ต่อเมกะบีทียู และประสิทธิภาพการทำความร้อนของแหล่งเชื้อเพลิงแต่ละชนิดมีค่าไม่เท่ากัน
6. รายจ่ายอื่นๆประจำปีที่เกิดขึ้นจากระบบไฟฟ้าส่องสว่าง
7. ค่าใช้จ่ายจากการเปลี่ยนหลอดไฟในแต่ละปี หาได้จากสมการดังนี้

$$annual\ reduction\ in\ heating\ energy\ cost = (Mbtu\ of\ heating\ from\ lighting) \times (fuel\ cost\ per\ Mbtu)$$

สำหรับการเปลี่ยนหลอดไฟเป็นกลุ่มใช้สมการดังนี้

$$lamp\ cost\ per\ year = (cost\ for\ spot\ replacement\ of\ one\ lamp) \times \frac{(number\ of\ lamps\ in\ the\ system)}{(lamp\ life)/(annual\ burning\ hours)}$$

8. ค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนบัลลาสต์ในแต่ละปี หาได้จากสมการดังนี้

. $$ballast\ cost\ per\ year\ = (cost\ cost\ to\ replace\ one\ ballast) \times \frac{(number\ of\ ballasts\ in\ the\ system)}{(ballast\ life)/(annual\ burning\ hours)}$$

9. -
10. มีค่าประมาณ 1-1.5% ของค่าใช้จ่ายเริ่มต้น (first cost*)
11. มีค่าประมาณ 4-6% ของค่าใช้จ่ายเริ่มต้น
12. ผลรวมของค่าใช้จ่ายรายปี หาได้จากผลรวมของ

$$(B1 + B2 + B3 + \cdots B11) \times (1 - ITR)$$

13. ค่าเสื่อมราคาสามารถใช้ลดภาษีประจำปีได้ โดยคำนวณจาก

$$D = \frac{initial\ cost\ from\ line\ A10}{economic\ life\ of\ system}$$

ส่วนที่ 3

1. การเปรียบเทียบมูลค่าปัจจุบันของแต่ละทางเลือก หาได้จากการหาค่า “time zero” ซึ่งมีค่าเท่ากับมูลค่าในอนาคตรวมกับต้นทุนรวมโครงการ (A10) โดยใช้สมการที่ ... ในการหารายจ่ายประจำปี และใช้สมการที่... ในการหามูลค่าคงเหลือ
2. การเปรียบเทียบรายจ่ายประจำปี หาได้จากการแปลงค่าผลรวมของต้นทุนรวมโครงการ (A10) และมูลค่าคงเหลือ (A13) รวมกับค่าใช้ด้านพลังงานและการบำรุงรักษาเป็นรายปี โดยใช้สมการที่ ... .ในการหาต้นทุมรวมโครงการ (A10) และใช้สมการ .... ในการหามูลค่าคงเหลือของโครงการ ณ เวลานั้น

หมายเหตุของผู้วิจัย

1. *ข้อมูลที่เป็นรายจ่ายหรือต้นทุน มีค่าเป็นบวก (positive value) และข้อมูลที่เป็นรายรับ รายได้หรือกำไร มีค่าเป็นลบ (negative value) เนื่องจากระเบียบวิธีวิเคราะห์นี้ให้ความสำคัญกับต้นทุนและรายจ่ายเป็นสำคัญ*
2. *วิธีวิเคราะห์ LCCBA เป็นข้อเสนอแนะของสมาคมวิศวกรไฟฟ้าส่องสว่าง (Illuminating Engineer Society of North America-IESNA) ได้ใช้ฐานข้อมูลและหน่วยเงินตราของประเทศสหรัฐอเมริกาสำหรับการนำวิธีวิเคราะห์นี้มาใช้ในประเทศไทยจึงต้องมีการปรับแก้ฐานข้อมูลบางส่วนและหน่วยเงินตราให้มีความถูกต้องและเหมาะสมกับประเทศไทย*
3. *วิธีวิเคราะห์แบบ LCCBA สามารถใช้กับงานก่อสร้าง งานปรับปรุง งานต่อตเมหรืองานซ่อมแซม*
4. *การออกแบบการส่องสว่างภายนอกอาคารอาจไม่คำนึงถึงข้อมูลบางส่วน อาจละไว้เป็น 0 เช่น ภาระการทำความเย็น ประสิทธิภาพของอุปกรณ์กันแดด*

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายวีระพงศ์ เอี๋ยวพานิช เกิดเมื่อวันที่ 16 ธันวาคม พ.ศ. 2530 ที่จังหวัดภูเก็ต สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนอัสสัมชัญศรีราชา ต่อมาเข้าศึกษาในหลักสูตรสถาปัตยกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2549 และเข้าศึกษาในหลักสุตรสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2554