

การปรับปรุงการใช้แสงธรรมชาติในอาคารพิพิธภัณฑ์จันเสน



นางสาว เบญจพร ศักดิ์เรืองแมน

วิทยานิพนธ์นี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีอาคาร ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2543

ISBN 974-346-527-8

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

23 เม.ย. 2546

I19.01522 A

THE IMPROVEMENT OF THE UTILIZATION OF NATURAL LIGHT IN CHANSEAN MUSEUM

Miss Benjaporn Sukruengmean

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Architecture in Building Technology

Department of Architecture

Faculty of Architecture


Chulalongkorn University

Academic Year 2000

ISBN 974-346-527-8

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การปรับปรุงการให้แสงธรรมชาติในอาคารพิพิธภัณฑ์ จันเสน
โดย นางสาว เบญจพร ศักดิ์เรืองแมน
ภาควิชา สถาปัตยกรรมศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ธนิต จินดาวงนิค
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม อาจารย์ พรรณชลัท สุริโยธิน

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต



.....คณบดีคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร. วีระ สักกุล)

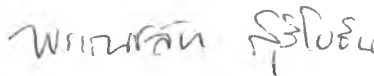
คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์



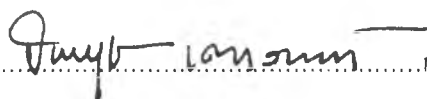
.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ สมสิทธิ์ นิตยะ)



.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ธนิต จินดาวงนิค)



.....อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(อาจารย์ พรรณชลัท สุริโยธิน)



.....กรรมการ
(อาจารย์ ปิยนุช เตาลานนท์)

เบญจพร ศักดิ์เรืองแมน : การปรับปรุงการใช้แสงธรรมชาติในอาคารพิพิธภัณฑน์จันเสน (THE IMPROVEMENT OF THE UTILIZATION OF NATURAL LIGHT IN CHANSEAN MUSEUM) อ. ที่ปรึกษา : ผศ. ธนิต จินดาวงศ์, อ. ที่ปรึกษาร่วม : อ. พรรณชลัท สุริโยธิน, 292 หน้า. ISBN 974-346-527-8

พิพิธภัณฑน์จันเสน ตั้งอยู่ที่อำเภอตากาลี จังหวัดนครสวรรค์ มีรูปแบบสถาปัตยกรรมสถาปัตยกรรมสมัยทวารวดี ส่วนฐานใช้เป็นพิพิธภัณฑน์ จัดแสดงโบราณวัตถุที่ขุดค้นพบได้จากเมืองโบราณจันเสน ภายในอาคารใช้แสงธรรมชาติที่ได้จากช่องแสงโดยรอบอาคาร การใช้แสงธรรมชาติในพิพิธภัณฑน์จันเสนนี้ทำให้เกิดความไม่สบายตาทั้งทางด้านปริมาณและคุณภาพแสง เช่น มีระดับความส่องสว่างและอัตราส่วนระดับความสว่างขององค์ประกอบต่างๆภายในอาคารไม่เหมาะสม มีปริมาณรังสีอัลตราไวโอเล็ตและอัตราความส่องสว่างสะสมเกินข้อกำหนด เกิดแสงแดดกระทบโบราณวัตถุ ซึ่งจะก่อให้เกิดความเสียหายต่อโบราณวัตถุได้ การศึกษานี้เป็นการนำเสนอแนวทางการปรับปรุงภายในอาคารที่มีการใช้งานอยู่จริงเพื่อแก้ไขปัญหาต่างๆที่เกิดจากการใช้แสงธรรมชาติภายในอาคาร

การศึกษาเริ่มจากการสำรวจอาคารเพื่อหาข้อดี ข้อเสีย ในเรื่องระดับความส่องสว่าง อัตราความส่องสว่างสะสม ความสม่ำเสมอของระดับความส่องสว่าง การปรับสายตา อัตราส่วนระดับความสว่าง ความเปรียบต่าง ปริมาณรังสีอัลตราไวโอเล็ต โอกาสการเกิดแสงแดดกระทบวัตถุ และแสงบาดตา โดยใช้ข้อกำหนดต่างๆที่เหมาะสมกับการจัดแสดงงานในอาคารพิพิธภัณฑน์เป็นเกณฑ์ ผลที่ได้นำมาประเมินเพื่อกำหนดแนวทางการปรับปรุงอาคาร จากการศึกษาพบว่าหัวข้อต่างๆที่ได้ทำการสำรวจไม่อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดไว้ทั้งสิ้น ทำให้เกิดความไม่สบายตาและความเสียหายต่อโบราณวัตถุที่จัดแสดง สาเหตุส่วนใหญ่มาจากช่องแสง ประตูทางเข้าอาคารทุกทาง และพื้นที่ผนังหินอ่อนภายในอาคาร

ทำการศึกษานหาแนวทางการปรับปรุงต่างๆ แล้วตรวจสอบและประเมินผลแนวทางการปรับปรุงโดยวิธีการจำลองสภาพอาคารด้วยหุ่นจำลอง ทำให้ได้ข้อสรุปคือ ออกแบบอุปกรณ์ปิดบังช่องแสงเหนือระดับสายตา ปิดประตูด้านที่ไม่ใช่ทางเข้า-ออกหลัก ปิดช่องแสงด้านข้างระดับสายตา ติดฟิล์มป้องกันรังสีอัลตราไวโอเล็ต และกันห้องบริเวณใกล้ทางเข้าอาคาร ซึ่งจะสามารถแก้ไขปัญหาเรื่องคุณภาพแสงดังกล่าวได้ทุกหัวข้อ แต่ผลจากการปรับปรุงทำให้ภายในอาคารมีระดับความส่องสว่างต่ำกว่าข้อกำหนด จึงต้องใช้แสงประดิษฐ์ช่วยเสริมให้มีระดับความส่องสว่างที่เหมาะสม

ภาควิชา สถาปัตยกรรมศาสตร์


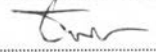
สาขาวิชา เทคโนโลยีอาคาร

ปีการศึกษา 2543

ลายมือชื่อนิสิต

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม


4174136125: MAJOR BUILDING TECHNOLOGY

KEYWORD: MUSEUM LIGHTING/ DAYLIGHTING/ DAYLIGHT FACTOR/ QUALITY OF LIGHT/BRIGHTNESS

BENJAPORN SUKRUENGMEAN: THE IMPROVEMENT OF NATURAL LIGHT UTILITY IN CHANSEAN MUSEUM. THESIS ADVISOR: ASSIST. PROF. THANIT CHINDAVANIG, THESIS CO-ADVISOR: PHANCHALATH SURİYOTHIN, 292 pp. ISBN 974-346-527-8

Chansean Museum is located at Takhli, Nakhon Sawan Province. It is a stupa, which has Dvaravadi Period style. Underneath the stupa is a museum space exhibiting the antiquities excavated from Chansean Ancient City. The natural light from fenestration around the museum causes visual discomfort of both light quantity and quality. Illuminance, brightness contrasts ratio and ultraviolet are all exceeded standard recommendation. The over maximum cumulative and direct sunlight exposure to the exhibited antiquities is very hazardous. This proposal study will be guidelines for improving of natural lighting of the exhibition area without external renovated.

The study began with the investigation of the building to identify its advantages and disadvantages with regard to illuminance, maximum cumulative exposure value, uniformity, eye adaptation, brightness contrast ratio, contrast, ultraviolet radiation, sunlight penetration and glare. All suitable standards for exhibition in the museum building were employed as criteria. The results were then evaluated to determine the guidelines for building improvement. According to the investigation, every aspect did not conform to the recommendation and consequent caused visual discomfort and hazard to the exhibited antiquities. The main problem was from the fenestration, entrances and white marble floor and wall of the exhibition space.

Many design solutions were studied and evaluated in model simulation. The proposed final solution is setting device to hide the clerestory, closing minor entrances and side windows, installing UV filter films, adding transient space between the entrance and exhibition hall. The proposed solution could solve lighting quality however the lighting quantity is still lower than the recommended standard. Some proper added artificial lighting was recommended in order to fulfill illumination level for the exhibition.

Department Architecture
Field of study Building Technology
Academic year 2000

Student's signature [Signature]
Advisor's signature [Signature]
Co-advisor's signature [Signature]

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลงได้ด้วยดี อันเนื่องด้วย ความกรุณา ความอนุเคราะห์ ความช่วยเหลือ และน้ำใจจากหลายบุคคล ดังนี้

ขอขอบพระคุณสถาบันวิจัยพลังงาน แห่งชาติที่ได้สนับสนุนให้ทุนในการวิจัยครั้งนี้

ขอขอบพระคุณในความกรุณาของพระครูวินัยธรรมชันธ์ เจ้าอาวาสวัดจันเสนองค์ปัจจุบัน รวมถึงคณะสงฆ์ อาจารย์ วนิดา พึ่งสุนทร อาจารย์ บัญชา ชุ่มเกษร และรองศาสตราจารย์ สมสิทธิ์ นิตยะ ที่ให้ความสะดวกและเป็นธุระในการเข้าทำการสำรวจภายในพิพิธภัณฑ์ ความอนุเคราะห์จาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ธนิต จินดาวนิก อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ อาจารย์ พรรณชลัท สุริโยธิน อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมวิทยานิพนธ์ และอาจารย์ ปิยนุช เตาลานนท์ กรรมการตรวจวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาให้กำลังใจ ให้คำแนะนำ คำปรึกษาที่มีประโยชน์อย่างยิ่งต่องานวิจัย

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ จิราภรณ์ อรรถยะนาถ ผู้อำนวยการส่วนวิทยาศาสตร์เพื่อการอนุรักษ์ กระทรวงศึกษาธิการ สังกัดกรมศิลปากร และคุณพัชวิสัย เอื้อวิวัฒน์สกุล ผู้จัดการฝ่ายขาย บริษัท เซ็นเทเซีย จำกัด ที่ให้ความช่วยเหลือในด้านอุปกรณ์ เครื่องมือในการวิจัย คุณณกนพร นุชแสง บริษัท พาลิคอน โปรดักส์ จำกัด ที่ให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัย

ขอขอบคุณ ลูกศิษย์วัดจันเสน ที่ให้ความสะดวกในการเข้าทำการสำรวจอาคาร คุณชัยยะ ศักดิ์เรืองแมน คุณสุนีพร ยินดีและน้องส้ม ที่ได้สละเวลามาช่วยในการเก็บข้อมูล

ขอขอบคุณ คุณสัมพันธ์ เทียนขาว พี่ๆและเพื่อนๆจาก บริษัท คอนซัลแทนท์ ออฟ เทคโนโลยี จำกัด และสำนักงานเขตประเวศ ที่ให้กำลังใจและอำนวยความสะดวกในทุกๆด้านมาโดยตลอด

ท้ายสุด ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ที่คอยห่วงใยและเป็นกำลังใจเสมอมา

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญตาราง	ฎ
สารบัญรูปภาพ	ด
บทที่ 1 บทนำ	
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
วัตถุประสงค์	2
ระเบียบวิธีวิจัย	2
ขอบเขตของการวิจัย	4
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	4
บทที่ 2 ทฤษฎีและแนวความคิดที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย	
2.1 นิยามและคำจำกัดความ	5
2.2 ทฤษฎีเกี่ยวกับแสง รังสีอัลตราไวโอเล็ต รังสีอินฟราเรด	6
2.3 ธรรมชาติของแสงและการมองเห็น	7
2.4 ขอบเขตการมองเห็น	9
2.5 ขนาดชิ้นงานและการมองเห็น	9
2.6 สเปกตรัมสีของแสง	10
2.7 พฤติกรรมแสง	11
2.8 ทฤษฎีเกี่ยวกับความส่องสว่าง	13
2.9 สภาพห้องฟ้า	15
2.10 ความสัมพันธ์ระหว่างแสงธรรมชาติกับปริมาณการแผ่รังสีดวงอาทิตย์	18
2.11 การวิเคราะห์หาค่าความส่องสว่างด้วยวิธี daylight factor	18
2.12 แหล่งกำเนิดแสงประดิษฐ์	19
2.13 การคำนวณระดับความส่องสว่างจากแสงประดิษฐ์ภายในอาคาร	24
2.14 หลักและข้อควรพิจารณาในการนำแสงเข้ามาใช้ในอาคารพิพิธภัณฑ์	28
2.15 ชนิดของหลอดไฟที่เหมาะสมกับอาคารพิพิธภัณฑ์	31
2.16 การพิจารณาระบบแสงสว่างในเชิงคุณภาพ	31
2.17 วิธีการใช้แสงประดิษฐ์ในส่วนจัดแสดงงาน	38
2.18 การใช้แสงธรรมชาติร่วมกับแสงประดิษฐ์	43
2.19 การควบคุมระบบแสง	43

สารบัญญ(ต่อ)

	หน้า
2.20 การทำความสะอาดบำรุงรักษาระบบไฟ	44
2.21 การใช้แสงในตู้จัดแสดง	44
2.22 แสงกับการอนุรักษ์	47
2.23 การสำรวจงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	50
บทที่ 3 รายละเอียดกรณีศึกษา	
3.1 การพิจารณาเลือกอาคารกรณีศึกษา	52
3.2 แนวความคิดในการออกแบบอาคาร	52
3.3 รายละเอียดอาคาร	55
3.4 ลักษณะและรายละเอียดทางสถาปัตยกรรม	57
บทที่ 4 ทุนจำลองที่ใช้ในการวิจัย	
4.1 ทุนจำลองที่ใช้ในการตรวจสอบ	68
4.2 การทดสอบเปรียบเทียบทุนจำลองกับอาคารจริง	71
บทที่ 5 วิธีการการสำรวจ ตรวจสอบสภาพทั่วไปและปัญหาของอาคาร	
5.1 การสำรวจสภาพแวดล้อมนอกอาคาร	81
5.2 การสำรวจลักษณะทางสถาปัตยกรรม	82
5.3 การสำรวจองค์ประกอบที่ใช้ในการจัดแสดงงานและวัตถุที่จัดแสดง	82
5.4 การสำรวจสภาพแสงธรรมชาติภายในอาคาร	83
5.5 การสำรวจปริมาณรังสีอัลตราไวโอเล็ต	88
5.6 การสำรวจรังสีอินฟราเรด	88
5.7 การสำรวจแสงประดิษฐ์ภายในอาคาร	88
5.8 การสำรวจแสงธรรมชาติร่วมกับแสงประดิษฐ์	88
5.9 การสำรวจสภาพแสงธรรมชาติภายในอาคารขณะปิดทำการ	88
บทที่ 6 วิเคราะห์ที่ได้จากการสำรวจอาคาร	
6.1 ระดับความส่องสว่างของแสงธรรมชาติภายในอาคาร	89
6.2 uniformity ของระดับความส่องสว่างของแสงธรรมชาติระนาบตั้งที่ผนังภาพจิตรกรรม	111
6.3 ระดับรังสีอัลตราไวโอเล็ต	112
6.4 อัตราส่วนระดับความสว่าง	116
6.5 ความเปรียบต่าง	130
6.6 การปรับสายตา	138
6.7 แสงบาดตา	145
6.8 การเกิดแสงแดดภายในอาคาร	146
6.9 อัตราความส่องสว่างสะสมของวัตถุที่จัดแสดงภายในอาคาร	154
6.10 สรุปปัญหาที่เกิดขึ้นอันเนื่องมาจากการใช้แสงธรรมชาติภายในอาคาร	172

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
บทที่ 7 การพิจารณาแนวทางการปรับปรุงอาคาร	
7.1 ขั้นตอนการแก้ไขปรับปรุงอาคาร.....	181
7.2 การหาแนวทางการใช้ผนังปิดบังสายตาที่เหมาะสม.....	183
7.3 ลักษณะการปรับปรุงอาคารโดยการกั้นห้องที่บริเวณภายใน ใกล้ทางเข้าอาคาร.....	207
7.4 ลักษณะการปรับปรุงอาคารโดยการเลื่อนบานกระจกที่ช่องแสงด้านข้างลง.....	208
7.5 ลักษณะการปรับปรุงอาคารโดยการปิดช่องแสงด้านข้างที่เป็นผนังไม่ฉลุ.....	208
7.6 การตรวจสอบผลการผสมผสานแนวทางการปรับปรุงทุกแนวทางที่ใช้ในการแก้ปัญหา.....	209
7.7 การคำนวณระดับความส่องสว่างเพื่อเป็นแนวทางในการใช้แสงประดิษฐ์ช่วยเสริม.....	219
7.8 ข้อเสนอแนะในการปรับปรุงเรื่อง "contrast".....	237
7.9 ข้อเสนอแนะในการปรับปรุงอาคารเรื่อง "การใช้แสงประดิษฐ์".....	240
7.10 ข้อเสนอแนะสำหรับการออกแบบอาคารพิพิธภัณฑ์ที่มีลักษณะคล้ายกันกับพิพิธภัณฑ์ จีนเลน.....	245
บทที่ 8 บทสรุปและข้อเสนอแนะ	
8.1 ปัญหาที่เกิดขึ้นภายในอาคารที่ได้จากการสำรวจ.....	247
8.2 การเสนอแนะแนวทางในการแก้ไขปัญหาโดยการปรับปรุงอาคาร.....	249
8.3 ข้อเสนอแนะ.....	251
รายการอ้างอิง.....	253
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก -1 ค่าระดับความส่องสว่างของแสงธรรมชาติระนาบนอนภายนอกอาคาร ขณะที่วัดระดับความส่องสว่างระนาบนอนภายในอาคาร สภาพท้องฟ้ามีเมฆมาก.....	257
ภาคผนวก ก -2 ค่าระดับความส่องสว่างของแสงธรรมชาติระนาบนอนภายนอกอาคาร ขณะที่วัดระดับความส่องสว่างระนาบนอนภายในอาคาร ช่วงปิดทำการอาคาร สภาพท้องฟ้ามีเมฆมาก.....	258
ภาคผนวก ข.-1 ค่าระดับความส่องสว่างระนาบนอนภายนอกอาคาร ขณะที่วัดระดับความ ส่องสว่างระนาบตั้งภายในอาคาร บริเวณผนังจัดแสดงงาน สภาพท้องฟ้ามีเมฆมาก.....	259
ภาคผนวก ค -1 ค่าระดับความส่องสว่างระนาบนอนภายนอกอาคาร ขณะที่วัดระดับความ ส่องสว่างระนาบตั้งบริเวณผนังจัดทรงกรม สภาพท้องฟ้ามีเมฆมาก.....	260
ภาคผนวก ค -2 ค่าระดับความส่องสว่างระนาบนอนภายนอกอาคาร ขณะที่วัดระดับความ ส่องสว่างระนาบตั้งบริเวณผนังจัดทรงกรม ช่วงปิดทำการอาคาร สภาพท้องฟ้ามีเมฆมาก.....	260

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
ภาคผนวก ง -1	ค่าระดับความส่องสว่างขององค์ประกอบต่างๆภายในอาคาร อันเนื่องจาก แสงธรรมชาติ มุมมองที่1-5 สภาพท้องฟ้ามีเมฆมาก..... 261
ภาคผนวก ง -2	ค่าระดับความส่องสว่างขององค์ประกอบต่างๆภายในอาคาร อันเนื่องจาก แสงธรรมชาติ มุมมองที่1-5 สภาพท้องฟ้าโปร่ง ช่วงเวลาเช้า 264
ภาคผนวก ง -3	ค่าระดับความส่องสว่างขององค์ประกอบต่างๆภายในอาคาร อันเนื่องจาก แสงธรรมชาติ มุมมองที่1-5 สภาพท้องฟ้าโปร่ง ช่วงเวลาบ่าย 267
ภาคผนวก ง -4	ค่าระดับความส่องสว่างขององค์ประกอบต่างๆภายในอาคาร อันเนื่องจาก แสงธรรมชาติร่วมกับแสงประดิษฐ์ มุมมองที่1-5 สภาพท้องฟ้ามีเมฆมาก..... 270
ภาคผนวก จ	ตารางแสดงค่าตำแหน่งของดวงอาทิตย์ในช่วงเวลาต่างๆของเส้นรุ้ง ที่ 16 องศาเหนือ..... 273
ภาคผนวก ฉ -1	ตารางแสดงค่า solar radiation ของจังหวัดนครสวรรค์ ปีพ.ศ. 2541..... 274
ภาคผนวก ฉ -2	ตารางสรุปค่า solar radiation ของจังหวัดนครสวรรค์ ปีพ.ศ. 2541..... 286
ภาคผนวก ช	ตารางแสดงค่าการสะท้อนแสงและค่าการยอมให้แสงส่องผ่านของวัสดุ ที่ได้จากการสำรวจอาคาร 287
ภาคผนวก ซ	เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 289
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	292

สารบัญรูปภาพ

รูปที่		หน้า
2.1	แสดง altitude angle, bearing angle และ profile Angle	5
2.2	แสดงสเปกตรัมของคลื่นต่าง ๆ เรียงลำดับความยาวคลื่น	8
2.3	แสดงกราฟความสามารถของตาในการเห็นในเวลากลางวันและกลางคืน	8
2.4	แสดง The visual field.....	9
2.5	ความเร็วในการเห็นเมื่อเทียบกับระดับของความสว่าง	9
2.6	แสดงสเปกตรัมสีของแสงที่เกิดจากการหักเหไม่เท่ากันของความยาวคลื่นแสงที่แตกต่างกัน	10
2.7	การผสมของแสงสีปฐมภูมิ.....	11
2.8	แสดงรูป luminous flux	13
2.9	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง candelas, lumens, lux and foot – candles	14
2.10	แสดงท้องฟ้าแบบ overcast sky.....	16
2.11	แสดงท้องฟ้าแบบ clear sky.....	17
2.12	แสดง daylight factor องค์ประกอบจากท้องฟ้า (SC) องค์ประกอบภายนอก (ERC) และองค์ประกอบภายใน (IRC).....	19
2.13	แสดงไดอะแกรมแสดงการแบ่งประเภทของหลอด	20
2.14	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิสีและลักซ์	24
2.15	แสดงรูปประกอบการคำนวณแสงสว่างแบบจุดต่อจุด	24
2.16	แสดงการคำนวณจุดต่อจุด	25
2.17	แสดงการหาค่าความส่องสว่างจากหลายๆดวงโคม	25
2.18	แสดงการแบ่งส่วนพื้นที่ภายในห้องตามวิธี zonal cavity method	27
2.19	แสดงขั้นตอนการหาค่า Coefficient of Utilization ตามวิธี zonal cavity method	28
2.20	แสดงข้อควรพิจารณาในการออกแบบแสงสว่างในอาคารพิพิธภัณฑ์	29
2.21	แสดงความจำที่ตาของคนเราสามารถยอมรับได้	33
2.22A	แสดงตำแหน่งที่ทำให้เกิดแสงบาดตากับวัตถุในแนวระนาบนอน	35
2.22B	แสดงองศาที่ทำให้เกิดแสงบาดตากับวัตถุในแนวระนาบนอน	36
2.23	แสดงตำแหน่งและองศาที่ทำให้เกิดแสงบาดตากับวัตถุในแนวระนาบตั้ง	36
2.24	แสดงการใช้แสงที่ทำให้เกิดความสม่ำเสมอของระดับความส่องสว่าง	41
2.25	แสดงการใช้แสงที่ทำให้เกิดความไม่สม่ำเสมอของระดับความส่องสว่าง	42
2.26	แสดงการออกแบบระบบแสงที่เหมาะสมกับประติมากรรม	43
2.27	แสดงผู้จัดแสดงกับบริเวณ offend zone	45
2.28A-D	แสดงการวางตำแหน่งผู้จัดแสดงที่ตำแหน่งต่างๆ	46
3.1	แสดงทัศนียภาพภายในอาคาร	53
3.2	แสดงทัศนียภาพภายในอาคาร	53
3.3	แสดงทัศนียภาพภายในอาคาร	53
3.4	แสดงช่องแสงระดับสายตาพร้อมอกเลา ของส่วนจัดแสดงงาน	53

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

รูปที่		หน้า
3.5	แสดงลักษณะของช่องแสงเหนือระดับสายตาและช่องแสงระดับสายตา	54
3.6ก-ข	แสดงตัวอย่างโคมไฟที่ใช้เพื่อตกแต่งและการมองเห็นสภาพแวดล้อมทั่วไป	54
3.7ก-ข	แสดงทัศนียภาพและบรรยากาศภายในขณะเปิดไฟประดิษฐ์เพื่อการส่องเน้นวัตถุและการมองเห็นสภาพแวดล้อมทั่วไป	55
3.8	แสดงทัศนียภาพภายในอาคาร บริเวณผนังจัดแสดงงาน ขณะเปิดไฟประดิษฐ์	55
3.9	แสดงทัศนียภาพภายนอกอาคาร ด้านทิศเหนือ	56
3.10	แสดงทัศนียภาพภายนอกอาคาร ด้านทิศใต้	56
3.11	แสดงทัศนียภาพภายนอกอาคาร ด้านทิศตะวันออก(ด้านหน้าอาคาร)	56
3.12	แสดงทัศนียภาพภายนอกอาคารด้านทิศตะวันตก	56
3.13	แสดงผังบริเวณภายในวัด จันเสน	57
3.14	แสดงลักษณะและสภาพด้านหน้าของอาคารพิพิธภัณฑ์ จันเสน	57
3.15	แสดงตัวอย่างภาพจิตรกรรมฝาผนัง ซึ่งอยู่ที่บริเวณใกล้ฝ้าเพดานภายในอาคาร	58
3.16	แสดงตัวอย่างวัตถุที่จัดแสดง	58
3.17	แสดงตัวอย่างวัตถุที่จัดแสดง	58
3.18	แสดงผังพื้นที่ชั้นล่าง ส่วนจัดแสดงงาน	59
3.19	แสดงผังพื้นที่ชั้นบน ส่วนมณฑป	60
3.20	แสดงรูปตัดตามยาว	61
3.21	แสดงรูปตัดขวางอาคาร	61
3.22	แสดงรูปด้านหน้าอาคาร(ทิศตะวันออก)	62
3.23	แสดงรูปด้านหลังของอาคาร(ทิศตะวันตก)	62
3.24	แสดงรูปด้านข้างขวาของอาคาร(ทิศเหนือ)	63
3.25	แสดงผังไฟฟ้าส่วนจัดแสดงงาน	64
3.26	แสดงผังตำแหน่งการจัดแสดงวัตถุภายในอาคาร	65
3.27	แสดงรูปตัดพร้อมตำแหน่งวัตถุที่จัดแสดง	66
3.28	แสดงรูปตัดพร้อมตำแหน่งวัตถุที่จัดแสดง	66
3.29	แสดงรูปตัดพร้อมตำแหน่งวัตถุที่จัดแสดง	67
3.30	แสดงรูปตัดพร้อมตำแหน่งวัตถุที่จัดแสดง	67
4.1	แสดงทัศนียภาพภายนอกของหุ่นจำลองมาตราส่วน 1:5	68
4.2ก-ข	แสดงทัศนียภาพภายนอกของหุ่นจำลองมาตราส่วน 1: 20	68
4.3ก-ค	แสดงทัศนียภาพภายในหุ่นจำลองมาตราส่วน 1 : 20	70
4.4	แสดงทัศนียภาพภายในหุ่นจำลองมาตราส่วน 1 : 5	70
4.5ก-ข	แสดงเปรียบเทียบผลที่ได้จากการทดสอบหุ่นจำลองในเรื่องระดับความส่องสว่างระนาบนอนกับอาคารจริง	73

สารบัญญักรูปภาพ(ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.6ก-ข	75
4.7	76
4.8ก-ข	77
4.9ก-ข	79
5.1	85
5.2	85
5.3	86
5.4	86
5.5	87
6.1ก-ค	94
6.2ก-ค	95
6.3ก-ค	96
6.4ก-ค	97
6.5ก-ข	99
6.6ก-ข	100
6.7ก-ข	101
6.8ก-ข	102
6.9	104
6.10ก-ข	106
6.11ก-ข	107

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

รูปที่	หน้า
6.12ก-๕ แสดงผลการตรวจสอบอาคารเรื่องระดับความส่องสว่างระนาบตั้งของแสงธรรมชาติที่บริเวณภาพจิตรกรรม สภาพท้องฟ้าโปร่ง ช่วงเวลาเช้า	108
6.13ก-๕ แสดงผลการตรวจสอบอาคารเรื่องระดับความส่องสว่างระนาบตั้งของแสงธรรมชาติที่บริเวณภาพจิตรกรรม สภาพท้องฟ้าโปร่ง ช่วงเวลาบ่าย	109
6.14 แสดงมุมมองโพรไฟล์ของดวงอาทิตย์ที่ทำให้เกิดการสะท้อนแสงธรรมชาติขึ้นสู่ภาพจิตรกรรม	110
6.15 แสดงผู้จัดแสดงที่ทำให้แสงธรรมชาติไม่สะท้อนขึ้นสู่ภาพจิตรกรรม	110
6.16ก-ค แสดงผลการทดสอบอาคารเรื่องระดับปริมาณรังสีUVของแสงธรรมชาติระนาบนอนภายในอาคาร สภาพท้องฟ้ามีเมฆมาก	113
6.17ก-ค แสดงผลการทดสอบอาคารเรื่องระดับปริมาณรังสีUVของแสงธรรมชาติระนาบตั้งภายในอาคาร สภาพท้องฟ้ามีเมฆมาก	114
6.18ก-ค แสดงผลการทดสอบอาคารเรื่องระดับปริมาณรังสีUVของแสงธรรมชาติระนาบตั้งที่บริเวณผนังภาพจิตรกรรมภายในอาคาร สภาพท้องฟ้ามีเมฆมาก	115
6.19ก-ข แสดงผลการตรวจสอบอาคารเรื่อง bghtness contrast ratio ของแสงธรรมชาติมุมมองที่1-2 หัวข้อช่องแสงและผนังที่ติดกัน สภาพท้องฟ้ามีเมฆมาก	118
6.20ก-ค แสดงผลการตรวจสอบอาคารเรื่อง bghtness contrast ratio ของแสงธรรมชาติมุมมองที่3-5 หัวข้อช่องแสงและผนังที่ติดกัน สภาพท้องฟ้ามีเมฆมาก	119
6.21ก-ค แสดงผลการตรวจสอบอาคารเรื่อง bghtness contrast ratio ของแสงธรรมชาติร่วมกับแสงประดิษฐ์ มุมมองที่1-2 หัวข้อช่องแสงและผนังที่ติดกัน สภาพท้องฟ้ามีเมฆมาก	120
6.22ก-ค แสดงผลการตรวจสอบอาคารเรื่อง bghtness contrast ratio ของแสงธรรมชาติร่วมกับแสงประดิษฐ์ มุมมองที่3-5 หัวข้อช่องแสงและผนังที่ติดกัน สภาพท้องฟ้ามีเมฆมาก	121
6.23ก-ข แสดงผลการตรวจสอบอาคารเรื่อง bghtness contrast ratio ของแสงธรรมชาติมุมมองที่1-2 หัวข้อช่องแสงและผนังที่ติดกัน สภาพท้องฟ้าโปร่ง ช่วงเวลาเช้า	122
6.24ก-ค แสดงผลการตรวจสอบอาคารเรื่อง bghtness contrast ratio ของแสงธรรมชาติมุมมองที่3-5 หัวข้อช่องแสงและผนังที่ติดกัน สภาพท้องฟ้าโปร่ง ช่วงเวลาเช้า	123
6.25ก-ข แสดงผลการตรวจสอบอาคารเรื่อง bghtness contrast ratio ของแสงธรรมชาติมุมมองที่1-2 หัวข้อช่องแสงและผนังที่ติดกัน สภาพท้องฟ้าโปร่ง ช่วงเวลาบ่าย	124
6.26ก-ค แสดงผลการตรวจสอบอาคารเรื่อง bghtness contrast ratio ของแสงธรรมชาติมุมมองที่3-5 หัวข้อช่องแสงและผนังที่ติดกัน สภาพท้องฟ้าโปร่ง ช่วงเวลาบ่าย	125
6.27ก-จ แสดงผลการตรวจสอบอาคารเรื่อง bghtness contrast ratio ของแสงธรรมชาติมุมมองที่1-5 หัวข้อความสว่างที่มากที่สุดและน้อยที่สุด สภาพท้องฟ้ามีเมฆมาก	126
6.28ก-จ แสดงผลการตรวจสอบอาคารเรื่อง bghtness contrast ratio ของแสงธรรมชาติร่วมกับแสงประดิษฐ์ มุมมองที่1-5 หัวข้อความสว่างที่มากที่สุดและน้อยที่สุด สภาพท้องฟ้ามีเมฆมาก	127
6.29ก-จ แสดงผลการตรวจสอบอาคารเรื่อง bghtness contrast ratio ของแสงธรรมชาติมุมมองที่1-5 หัวข้อความสว่างที่มากที่สุดและน้อยที่สุด สภาพท้องฟ้าโปร่ง ช่วงเวลาเช้า	128

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

รูปที่	หน้า
6.30ก-จ แสดงผลการตรวจสอบอาคารเรื่อง brightness contrast ratio ของแสงธรรมชาติมุมมองที่ 1-5 หัวข้อความสว่างที่มากที่สุดและน้อยที่สุด สภาพท้องฟ้าโปร่ง ช่วงเวลาบ่าย	129
6.31ก-ข แสดงลักษณะการจัดแสดงส่วนใหญ่ภายในอาคารและค่าความสว่างของวัสดุที่เหมาะสม	130
6.32ก-ข แสดงลักษณะการจัดแสดงโดยใช้ผนังไม้และค่าความสว่างของวัสดุที่เหมาะสม	130
6.33ก-ข แสดงลักษณะ contrast ratio ของวัสดุที่เหมาะสมสำหรับการจัดแสดงงาน	132
6.34ก-ข แสดงผลการตรวจสอบอาคารเรื่อง contrast ratio ของวัตถุที่จัดแสดงจากแสงธรรมชาติ สภาพท้องฟ้ามีเมฆมาก	133
6.35ก-ข แสดงผลการตรวจสอบอาคารเรื่อง contrast ratio ของวัตถุที่จัดแสดงจากแสงธรรมชาติ ร่วมกับแสงประดิษฐ์ สภาพท้องฟ้ามีเมฆมาก	134
6.36ก-ข แสดงผลการตรวจสอบอาคารเรื่อง contrast ratio ของวัตถุที่จัดแสดงจากแสงธรรมชาติ สภาพท้องฟ้าโปร่ง ช่วงเวลาเช้า	135
6.37ก-ข แสดงผลการตรวจสอบอาคารเรื่อง contrast ratio ของวัตถุที่จัดแสดงจากแสงธรรมชาติ สภาพท้องฟ้าโปร่ง ช่วงเวลาบ่าย	136
6.38ก-ค แสดงผลการตรวจสอบอาคารเรื่อง eye adaptation ของแสงธรรมชาติ สภาพท้องฟ้ามีเมฆมาก	140
6.39ก-ค แสดงผลการตรวจสอบอาคารเรื่อง eye adaptation ของแสงธรรมชาติ สภาพท้องฟ้าโปร่ง ช่วงเวลาเช้า	141
6.40ก-ค แสดงผลการตรวจสอบอาคารเรื่อง eye adaptation ของแสงธรรมชาติ สภาพท้องฟ้าโปร่ง ช่วงเวลาบ่าย	142
6.41ก-ค แสดงผลการตรวจสอบอาคารเรื่อง eye adaptation ของแสงธรรมชาติ ร่วมกับแสงประดิษฐ์ สภาพท้องฟ้ามีเมฆมาก	143
6.42ก-ค แสดงทัศนียภาพภายในอาคาร ขณะเกิด reflected glare	145
6.43ก-ข แสดงการเกิดแสงแดดส่องวัตถุที่จัดแสดงในตู้จัดแสดง	146
6.44ก แสดงโอกาสที่จะเกิดแสงแดดส่องเข้าสู่ช่องแสงด้านข้างระดับสายตาส่วนล่างของผนังจัดแสดง	149
6.44ข แสดงโอกาสที่จะเกิดแสงแดดส่องเข้าสู่ช่องแสงด้านข้างระดับสายตาส่วนบนของผนังจัดแสดง	149
6.44ค แสดงโอกาสที่จะเกิดแสงแดดส่องเข้าสู่ช่องแสงเหนือระดับสายตา	151
6.44ง แสดงโอกาสที่จะเกิดแสงแดดส่องเข้าสู่ช่องแสงเหนือระดับสายตา ทางด้านทิศเหนือและทิศใต้ กรณีที่เป็นช่วงที่มีอาคารข้างเคียงหรือต้นไม้ภายนอกอาคาร	151
6.44จ แสดงโอกาสที่จะเกิดแสงแดดส่องเข้าสู่ประตูด้านทิศตะวันตก	152
6.45ก-ค แสดงผลการตรวจสอบอาคารเรื่องระดับความส่องสว่างของแสงธรรมชาติระนาบนอนภายใน อาคาร ขณะปิดทำการ สภาพท้องฟ้ามีเมฆมาก	156
6.46ก-ข แสดงผลการตรวจสอบอาคารเรื่องระดับความส่องสว่างระนาบตั้งของแสงธรรมชาติระนาบตั้ง ที่บริเวณภาพจิตรกรรม ขณะปิดทำการ สภาพท้องฟ้ามีเมฆมาก	163

สารบัญรูปลูกภาพ(ต่อ)

รูปที่		หน้า
6.47	แสดงทัศนียภาพภายในอาคารและระดับความส่องสว่างของแสงธรรมชาติระนาบตั้งบริเวณ ผนังภาพจิตรกรรม	171
6.48	แสดงปัญหาที่ได้จากการสำรวจอาคารเรื่อง "ระดับความส่องสว่างระนาบนอน"	172
6.49	แสดงปัญหาที่ได้จากการสำรวจอาคารเรื่อง "ระดับความส่องสว่างระนาบตั้งที่ผนังจัดแสดงงาน"	172
6.50	แสดงปัญหาที่ได้จากการสำรวจอาคารเรื่อง "ระดับความส่องสว่างระนาบตั้งที่ผนังภาพจิตรกรรม"	173
6.51	แสดงปัญหาที่ได้จากการสำรวจอาคารเรื่อง "ปริมาณรังสีอัลตราไวโอเล็ต"	173
6.52	แสดงปัญหาที่ได้จากการสำรวจอาคารเรื่อง "อัตราส่วนระดับความสว่าง"	174
6.53	แสดงปัญหาที่ได้จากการสำรวจอาคารเรื่อง "ความเปรียบต่าง(contrast ratio)"	174
6.54	แสดงปัญหาที่ได้จากการสำรวจอาคารเรื่อง "การปรับสายตา(eye adaptation)"	175
6.55	แสดงปัญหาที่ได้จากการสำรวจอาคารเรื่อง "แสงบาดตา(reflected glare)"	175
6.56	แสดงปัญหาที่ได้จากการสำรวจอาคารเรื่อง "ระดับรังสีอินฟราเรด(infrared)"	176
6.57	แสดงปัญหาที่ได้จากการสำรวจอาคารเรื่อง "อัตราความส่องสว่างสะสม"	176
6.58	แสดงปัญหาที่ได้จากการสำรวจอาคารเรื่อง "uniformity"	177
6.59	แสดงสรุปปัญหาต่างๆที่เกิดขึ้นภายในอาคาร	178
7.1ก-ข	แสดงตำแหน่งที่สามารถเจาะช่องแสงด้านบนได้	182
7.2	แสดงลักษณะของผนังปิดบังสายตาของแนวทางเลือกที่ 1.1	184
7.3	แสดงลักษณะของผนังปิดบังสายตาของแนวทางเลือกที่ 1.2	185
7.4	แสดงลักษณะของผนังปิดบังสายตาของแนวทางเลือกที่ 1.3	185
7.5ก-ค	แสดงผลการตรวจสอบค่าระดับความส่องสว่างระนาบนอน, ระนาบตั้ง, ระดับUVภายใน หุ่นจำลอง แนวทางการปรับปรุงที่ 1.1-1.3	186
7.6	แสดงลักษณะของผนังปิดบังสายตาของแนวทางเลือกที่ 2.1	188
7.7	แสดงลักษณะของผนังปิดบังสายตาของแนวทางเลือกที่ 2.2	189
7.8ก-ค	แสดงผลการตรวจสอบค่าระดับความส่องสว่างระนาบนอน, ระนาบตั้ง, ระดับUVภายใน หุ่นจำลอง แนวทางการปรับปรุงที่ 2.1-2.2	190
7.9	แสดงลักษณะของผนังปิดบังสายตาของแนวทางเลือกที่ 3.1	192
7.10	แสดงลักษณะของผนังปิดบังสายตาของแนวทางเลือกที่ 3.2	193
7.11ก-ค	แสดงผลการตรวจสอบค่าระดับความส่องสว่างระนาบนอน, ระนาบตั้ง, ระดับUVภายใน หุ่นจำลอง แนวทางการปรับปรุงที่ 3.1-3.2	194
7.12	แสดงลักษณะของผนังปิดบังสายตาของแนวทางเลือกที่ 4.1	196
7.13	แสดงลักษณะของผนังปิดบังสายตาของแนวทางเลือกที่ 4.2	197
7.14	แสดงลักษณะของผนังปิดบังสายตาของแนวทางเลือกที่ 4.3	197
7.15	แสดงลักษณะของผนังปิดบังสายตาของแนวทางเลือกที่ 4.4	198
7.16	แสดงลักษณะของผนังปิดบังสายตาของแนวทางเลือกที่ 4.5	198

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

รูปที่	หน้า
7.17ก-ค แสดงผลการตรวจสอบค่าระดับความส่องสว่างระนาบนอน, ระนาบตั้ง, ระดับUVภายใน หุ่นจำลอง แนวทางการปรับปรุงที่ 4.1-4.5	199
7.18 แสดงลักษณะของผนังปิดบังสายตาของแนวทางเลือกที่ 5.1	201
7.19 แสดงลักษณะของผนังปิดบังสายตาของแนวทางเลือกที่ 5.2	202
7.20ก-ค แสดงผลการตรวจสอบค่าระดับความส่องสว่างระนาบนอน, ระนาบตั้ง, ระดับUVภายใน หุ่นจำลอง แนวทางการปรับปรุงที่ 5.1-5.2	203
7.21ก-ข แสดงลักษณะและตำแหน่งของการกั้นห้องที่บริเวณโถงใกล้ทางเข้าด้านหน้าอาคาร	207
7.21ค-จ แสดงลักษณะการปรับปรุงอาคารโดยการเลื่อนกระจกที่ช่องแสงด้านข้างลง	208
7.21ฉ-ฉ แสดงลักษณะการปรับปรุงอาคารโดยการปิดช่องแสงที่เป็นผนังไม้ฉลุ	208
7.22ก-ค แสดงผลการตรวจสอบอาคารเรื่องระดับความส่องสว่างระนาบนอนภายในหุ่นจำลอง หลังจากปรับปรุงอาคาร	210
7.23ก-ข แสดงผลการตรวจสอบอาคารเรื่องระดับความส่องสว่างระนาบนอน เฉพาะบริเวณส่วน โถงใกล้ทางเข้า และบริเวณส่วนจัดแสดงงาน ภายในหุ่นจำลอง ภายหลังจากปรับปรุง	211
7.24ก-ข แสดงผลการตรวจสอบอาคารเรื่องระดับแสงธรรมชาติระนาบตั้งภายในหุ่นจำลอง ภายหลังจากปรับปรุงอาคาร	212
7.25ก-ข แสดงผลการตรวจสอบอาคารเรื่องระดับความส่องสว่างระนาบตั้งที่บริเวณผนังภาพ จิตรกรรม ภายในหุ่นจำลอง ภายหลังจากปรับปรุงอาคาร	213
7.26ก-จ แสดงผลการตรวจสอบอาคารเรื่อง brightness contrast ratio ของมุมมองที่1-2 หัวข้อ ช่องแสงและผนังที่ติดกันภายในมุมมอง ภายหลังจากปรับปรุงอาคาร	214
7.26ฉ-ช แสดงทัศนียภาพภายในหุ่นจำลองภายหลังจากปรับปรุงอาคาร	216
7.27ก-จ แสดงผลการตรวจสอบอาคารเรื่อง brightness contrast ratio ของแสงธรรมชาติ ของมุมมองที่ 1-5 หัวข้อเรื่องความแตกต่างของความสว่างมากที่สุดและน้อยที่สุด ภายในมุมมอง ภายหลังจากปรับปรุงอาคาร	217
7.27ฉ แสดงผลการตรวจสอบอาคารเรื่อง eye adaptation ภายในหุ่นจำลอง หลังการปรับปรุง	218
7.28ก-ข แสดงระดับความส่องสว่างระนาบนอนของแสงธรรมชาติ ภายในอาคาร ภายหลังจาก ปรับปรุงอาคาร สภาพห้องฟ้ามีเมฆมาก	220
7.29ก-ข แสดงระดับความส่องสว่างระนาบนอนของแสงประดิษฐ์ภายในอาคาร ที่ได้จากการสำรวจ	221
7.30ก-ข แสดงระดับความส่องสว่างระนาบนอนของแสงธรรมชาติร่วมกับแสงประดิษฐ์ภายในอาคาร ภายหลังจากปรับปรุงอาคาร สภาพห้องฟ้ามีเมฆมาก	222
7.31ก-ค แสดงระดับความส่องสว่างระนาบนอนที่เหมาะสมในการจัดแสดงงาน	223
7.32ก-ค แสดงระดับความส่องสว่างระนาบนอนของแสงประดิษฐ์ที่ต้องใช้เสริม ภายในส่วนจัดแสดงงาน ภายหลังจากปรับปรุงอาคาร	224
7.33ก-ข แสดงระดับความส่องสว่างระนาบตั้งของแสงธรรมชาติที่ผนังจัดแสดงงาน สภาพห้องฟ้า มีเมฆมาก ภายหลังจากปรับปรุงอาคาร	225

สารบัญญรูปภาพ(ต่อ)

รูปที่	หน้า
7.34ก-ข แสดงระดับความส่องสว่างระนาบตั้งของแสงประดิษฐ์ที่ผนังจัดแสดงงาน ที่ได้จากการสำรวจ	226
7.35ก-ข แสดงระดับความส่องสว่างระนาบตั้งของแสงธรรมชาติร่วมกับแสงประดิษฐ์ที่ผนังจัดแสดงงาน สภาพห้องฟ้ามีเมฆมาก ภายหลังการปรับปรุงอาคาร	227
7.36ก-ข แสดงระดับความส่องสว่างระนาบตั้งที่ผนังจัดแสดงที่เหมาะสม	228
7.37ก-ข แสดงระดับความส่องสว่างระนาบตั้งของแสงประดิษฐ์บริเวณผนังจัดแสดงงานที่ต้องการเพิ่ม ภายหลังการปรับปรุงอาคาร	229
7.38ก-ข แสดงระดับความส่องสว่างระนาบตั้งของแสงธรรมชาติ ที่ผนังจัดกรรม สภาพห้องฟ้ามีเมฆมาก	230
7.39ก-ข แสดงระดับความส่องสว่างระนาบตั้งของแสงประดิษฐ์ที่ผนังจัดกรรม ที่ได้จากการสำรวจ	231
7.40ก-ข แสดงระดับความส่องสว่างระนาบตั้งของแสงธรรมชาติร่วมกับแสงประดิษฐ์ที่ผนังจัดกรรม สภาพห้องฟ้ามีเมฆมาก ภายหลังการปรับปรุงอาคาร	232
7.41ก-ข แสดงระดับความส่องสว่างระนาบตั้งบริเวณผนังจัดกรรมที่เหมาะสม	233
7.42ก-ข แสดงระดับความส่องสว่างระนาบตั้งของแสงประดิษฐ์ที่ต้องให้เสริม บริเวณผนังภาพจัดกรรม ภายหลังการปรับปรุงอาคาร	234
7.42ค แสดงพื้นที่และระดับความส่องสว่างของบริเวณที่ต้องการแสงประดิษฐ์เสริม	236
7.42ง แสดงรูปตัดส่วน C	236
7.43 แสดงค่าการสะท้อนที่ปรับปรุงโดยการแก้ไขค่าการสะท้อนของผนัง หรือบริเวณที่ติดกัน	238
7.44ก แสดงค่าการสะท้อนที่ปรับปรุงโดยการแก้ไขพื้นหรือจากหลังของรูปภาพ	239
7.44ข แสดงค่าการสะท้อนที่ปรับปรุงโดยการทำกรอบของรูปภาพ	240
7.45ก-ค แสดงทัศนียภาพภายในส่วนจัดแสดงงาน ขณะเปิดใช้แสงประดิษฐ์	241
7.45ง แสดงลักษณะของโคมไประย้าที่ติดตั้งบริเวณกลางอาคารเหนือองค์พระ	241
7.45จ แสดงลักษณะของโคมไปที่ติดตั้งอยู่ข้างเสานหินอ่อนภายในอาคาร	241
7.46 แสดงมุมที่ดวงโคมกระทบกับระดับสายตาในตำแหน่งต่างๆภายในส่วนจัดแสดงงาน	242
7.47 แสดงการเกิดแสงบาดตาอันเกิดจากไฟประดิษฐ์	243
7.48 แสดงตำแหน่งที่ติดตั้งโคมไฟเพื่อส่องเน้นวัตถุที่จัดแสดงที่ผนัง	244
7.49 แสดงแสงบาดตาที่เกิดจากหลอดไฟที่ติดตั้งภายในผู้จัดแสดงทางตั้ง	245
7.50 แสดงแสงบาดตาที่เกิดจากหลอดไฟที่ติดตั้งภายในผู้จัดแสดงแนวนอน	245

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า	
2.1	แสดงความยาวคลื่นต่างๆ.....	7
2.2	แสดงระดับความส่องสว่าง ที่เหมาะสมกับวัตถุชนิดต่างๆ	49
4.1	แสดงวัสดุที่ใช้ในการทำหุ่นจำลองเปรียบเทียบกับวัสดุที่ใช้ในอาคารจริง	69
4.2ก	แสดงค่า DF ของระดับความส่องสว่างระนาบตั้งที่ผนังจัดแสดงภายในหุ่นจำลอง	75
4.2ข	แสดงค่า DF ของระดับความส่องสว่างระนาบตั้งที่ผนังจัดแสดงภายในอาคารจริง	75
4.2ค	แสดงเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของค่า DF ของระดับความส่องสว่างระนาบตั้งของแสงธรรมชาติที่ผนังจัดแสดงภายในหุ่นจำลอง	75
4.3ก	แสดงค่า DF ของระดับความส่องสว่างระนาบตั้งบริเวณผนังภาพจิตรกรรมภายในหุ่นจำลอง	76
4.3ข	แสดงเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของ DF ของระดับความส่องสว่างระนาบตั้งบริเวณภาพจิตรกรรมภายในหุ่นจำลอง	76
6.1	สรุปค่า DF ของระดับความส่องสว่าง (illuminance) ของแสงธรรมชาติที่คิดได้จากค่า solar radiation ตลอดทั้งวันของ จังหวัด นครสวรรค์ ปี พ.ศ. 2541	90
6.2	แสดงการเปรียบเทียบค่าระดับความส่องสว่างภายในที่ได้จากการคำนวณและจากการวัดอาคารจริงโดยใช้ DF ค่าเดียวกัน	90
6.3	สรุปค่า DF ของระดับความส่องสว่าง(illuminance)ของแสงธรรมชาติที่เหมาะสมกับการจัดแสดงงานภายในพิพิธภัณฑ์ จันเสนจังหวัด นครสวรรค์	91
6.4	แสดงค่าระดับ $DF_{max} : DF_{min}$ และ $E_{max} : E_{min}$ บริเวณผนังภาพจิตรกรรม	111
6.5	แสดงสรุปผลการตรวจสอบอาคารเรื่อง brightness contrast ratio	117
6.6	แสดงค่าการสะท้อนของวัสดุที่ใช้ในการจัดแสดงงาน	131
6.7	แสดงสรุปผลการตรวจสอบอาคารเรื่อง contrast	137
6.8	แสดงสรุปผลการตรวจสอบอาคารเรื่อง eye adaptation	144
6.9	แสดงค่าระดับความส่องสว่างสะสมตลอดทั้งปีของแสงธรรมชาติระนาบนิมภายในอาคาร บริเวณจุดที่ 22 ณ เวลา 6.00น.	155
6.10	แสดงค่า solar radiation เฉลี่ยตลอดปีพ.ศ. 2541 ของจังหวัดนครสวรรค์	157
6.11	แสดงค่าระดับความส่องสว่างของแสงธรรมชาติระนาบนอนภายในอาคาร จุดที่ 22 ตลอดปีพ.ศ. 2541.....	158
6.12	แสดงค่าระดับความส่องสว่างของแสงธรรมชาติระนาบนอนภายในอาคาร จุดที่ 23 ตลอดปีพ.ศ. 2541.....	158
6.13	แสดงค่าระดับความส่องสว่างของแสงธรรมชาติระนาบนอนภายในอาคาร จุดที่ 24 ตลอดปีพ.ศ. 2541.....	159
6.14	แสดงค่าระดับความส่องสว่างของแสงธรรมชาติระนาบนอนภายในอาคาร จุดที่ 56 ตลอดปีพ.ศ. 2541.....	159

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่		หน้า
6.32	แสดงผลรวมของค่าระดับความส่องสว่างของแสงธรรมชาติระนาบตั้งที่บริเวณผนังภาพจิตรกรรม จุดที่ 13 ตลอดปีพ.ศ. 2541	170
6.33	แสดงสรุปผลอัตราความส่องสว่างสะสมของแสงธรรมชาติระนาบตั้ง ณ จุดต่างๆ บริเวณผนังภาพจิตรกรรม ตลอดทั้งปี พ.ศ. 2541	171
6.34	แสดงสรุปปัญหาและวิธีการแก้ไข	179
7.1ก	แสดงค่า DF ของระดับความส่องสว่างระนาบนอนภายในหุ่นจำลอง แนวทางปรับปรุงที่ 1.1-1.3	187
7.1ข	แสดงค่า DF ของระดับความส่องสว่างระนาบตั้งที่บริเวณผนังจัดแสดง ภายในหุ่นจำลอง แนวทางการปรับปรุงที่ 1.1-1.3	187
7.1ค	แสดงค่าอัตราส่วนของระดับ UVของแสงธรรมชาติระนาบนอนภายในต่อภายนอกหุ่นจำลอง แนวทางการปรับปรุงที่ 1.1-1.3	187
7.2ก	แสดงค่า DF ของระดับความส่องสว่างระนาบนอนภายในหุ่นจำลอง แนวทางปรับปรุงที่ 2.1-2.2	191
7.2ข	แสดงค่า DF ของระดับความส่องสว่างระนาบตั้งที่บริเวณผนังจัดแสดง ภายในหุ่นจำลอง แนวทางการปรับปรุงที่ 2.1-2.2	191
7.2ค	แสดงค่าอัตราส่วนของระดับ UVของแสงธรรมชาติระนาบนอนภายในต่อภายนอกหุ่นจำลอง แนวทางการปรับปรุงที่ 2.1-2.2	191
7.3ก	แสดงค่า DF ของระดับความส่องสว่างระนาบนอนภายในหุ่นจำลอง แนวทางปรับปรุงที่ 3.1-3.2	195
7.3ข	แสดงค่า DF ของระดับความส่องสว่างระนาบตั้งที่บริเวณผนังจัดแสดง ภายในหุ่นจำลอง แนวทางการปรับปรุงที่ 3.1-3.2	195
7.4ก	แสดงค่า DF ของระดับความส่องสว่างระนาบนอนภายในหุ่นจำลอง แนวทางปรับปรุงที่ 4.1-4.5	200
7.4ข	แสดงค่า DF ของระดับความส่องสว่างระนาบตั้งที่บริเวณผนังจัดแสดง ภายในหุ่นจำลอง แนวทางการปรับปรุงที่ 4.1-4.5	200
7.4ค	แสดงค่าอัตราส่วนของระดับ UVของแสงธรรมชาติระนาบนอนภายในต่อภายนอกหุ่นจำลอง แนวทางการปรับปรุงที่ 4.1-4.5	200
7.5ก	แสดงค่า DF ของระดับความส่องสว่างระนาบนอนภายในหุ่นจำลอง แนวทางปรับปรุงที่ 5.1-5.2	204
7.5ข	แสดงค่า DF ของระดับความส่องสว่างระนาบตั้งที่บริเวณผนังจัดแสดง ภายในหุ่นจำลอง แนวทางการปรับปรุงที่ 5.1-5.2	204
7.5ค	แสดงค่าอัตราส่วนของระดับ UVของแสงธรรมชาติระนาบนอนภายในต่อภายนอกหุ่นจำลอง แนวทางการปรับปรุงที่ 5.1-5.2	204

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่		หน้า
7.6ก	แสดงค่า DF ของระดับความส่องสว่างระนาบนอนภายในหุ่นจำลอง : ของแนวทางปรับปรุงที่เลือกนำมาพิจารณา	205
7.6ข	แสดงค่า DF ของระดับความส่องสว่างระนาบตั้งที่บริเวณผนังจัดแสดง ภายในหุ่นจำลอง ของแนวทางปรับปรุงที่เลือกนำมาพิจารณา	205
7.6ค	แสดงค่าอัตราส่วนของระดับ UVของแสงธรรมชาติระนาบนอนภายในต่อภายนอกหุ่นจำลอง ของแนวทางปรับปรุงที่เลือกนำมาพิจารณา	206
7.7	แสดงตารางการให้คะแนนแนวทางการปรับปรุงผนังปิดบังสายตา	206
7.8	แสดงการปรับปรุงค่าการสะท้อนแสงของวัสดุที่ใช้ในการจัดแสดง โดยการเปลี่ยนแปลงการ สะท้อนของผนังที่ใช้ติดรูปภาพ	238
7.9	แสดงการปรับปรุงค่าการสะท้อนแสงของวัสดุที่ใช้ในการจัดแสดง โดยการปรับปรุงค่าการ สะท้อนของพื้นหรือฉากหลังของรูปภาพ	239