การศึกษาเปรียบเทียบรูปลักษณะโคมสะท้อนแสงธรรมชาติต่อประสิทธิภาพของแสง กรณีศึกษาห้องแสดงภาพศิลปะในกรุงเทพมหานคร

นางสาว ชนิดา ประชาศิลป์ชัย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสถาปัตยกรรม ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2552
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

COMPARATIVE STUDY OF DAYLIGHTING REFLECTOR CONFIGURATION ON LIGHTING PERFORMANCE A PILOT STUDY OF ART GALLERY IN BANGKOK

Ms. Chanida Prachasilchai

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

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 2009

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การศึกษาเปรียบเทียบรูปลักษณะโคมสะท้อนแสงธรรมชาติต่อประสิทธิภาพของแสง กรณีศึกษาห้องแสดงภาพศิลปะในกรุงเทพมหานคร
โดย	นางสาว ชนิดา ประชาศิลป์ชัย
สาขาวิชา	สถาปัตยกรรม
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	อาจารย์ ดร.วรภัทร์ อิงคโรจน์ฤทธิ์

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์

(ศาสตราจารย์ ดร.บัณฑิต จุลาสัย)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.วีระ สัจกุล)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(อาจารย์ ดร.วรภัทร์ อิงคโรจน์ฤทธิ์)

.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ พรรณชลัท สุริโยธิน)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรรจน์ เศรษฐบุตร)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปรีชญา มหัทธนทวี)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ชนิดา ประชาศิลป์ชัย : การศึกษาเปรียบเทียบรูปลักษณะโคมสะท้อนแสงธรรมชาติต่อประสิทธิภาพของแสง กรณีศึกษาห้องแสดงภาพศิลปะในกรุงเทพมหานคร (Comparative Study of Daylighting Reflector Configuration on Lighting Performance : A Pilot Study of Art Gallery in Bangkok) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : อ.ดร.วรภัทร์ อิงคโรจน์ฤทธิ์, 184 หน้า.

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษารูปลักษณะของโคมสะท้อนแสงธรรมชาติที่มีผลต่อประสิทธิภาพของแสงภายในห้องแสดงภาพศิลปะในกรุงเทพมหานคร โดยทำการศึกษาตัวแปร 2 ตัวแปร คือ 1.ตัวแปรด้านรูปลักษณะโคมทั้งสิ้น 4 แบบ ได้แก่ ลักษณะตรง ลักษณะโค้งคว่ำ ลักษณะโค้งปีกนก และลักษณะโค้งหงาย 2.ตัวแปรด้านคุณสมบัติทางพื้นผิวของโคม ได้แก่ พื้นผิวเรียบแบบโลหะเงา พื้นผิวเรียบแบบโลหะด้าน และพื้นผิวหยาบด้าน ทำการทดสอบประสิทธิภาพภายในพื้นที่ทดลองขนาด 10x12 ม. ความสูงรวม 9 ม.ด้วยหุ่นจำลองมาตราส่วน 1:20 ในวันที่ 21 มิ.ย. 21 ก.ย. และ 21 ธ.ค. เวลา 9.00-12.00 น. ภายใต้สภาพท้องฟ้าโปร่ง

ผลการทดลองพบว่าโคมสะท้อนแสงทุกแบบสามารถลดความเข้มของแสงที่ระนาบพื้น ณ ตำแหน่งที่มีปริมาณแสงสูงสุดในแต่ละวันลงได้ 91.97-99.47% โดยโคมลักษณะโค้งหงายที่มีเรียบแบบโลหะเงาให้ระดับความส่องสว่างภายในสูงสุดในวันที่ 21 มิ.ย. และสามารถลดความเข้มของแสงที่ระนาบผนังทิศเหนือ ณ ตำแหน่งที่มีปริมาณแสงสูงสุดในแต่ละวันลงได้ 86.96-98.38% ผนังทิศใต้ 85.26-89.22% โดยโคมลักษณะโค้งหงายที่มีผิวเรียบแบบโลหะเงาให้ระดับความส่องสว่างภายในสูงสุด ที่ผนังทิศเหนือในวันที่ 21 มิ.ย. ทิศใต้ในวันที่ 21 ก.ย.

ผลงานวิจัยสามารถสรุปได้ว่าประสิทธิภาพของแสงภายในขึ้นกับรูปลักษณะของโคมสะท้อนแสง โดยที่คุณสมบัติทางพื้นผิวของวัสดุจะส่งผลให้โคมเปลี่ยนแปลงระดับความสามารถในการนำพาแสงเข้าสู่ภายใน นอกจากนี้ยังสามารถแบ่งโคมสะท้อนแสงธรรมชาติสำหรับห้องแสดงภาพศิลปะออกได้เป็น 2 ประเภท คือ 1.โคมที่เหมาะกับพื้นที่จัดแสดงภาพความสูงไม่เกิน 3.75 ม. ได้แก่ โคมตรง โคมโค้ง โคมโค้งปีกนก 2.โคมที่เหมาะกับพื้นที่จัดแสดงภาพความสูงไม่เกิน 5.15 ม. ได้แก่ โคมโค้งหงาย ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็นแนวทางในการออกแบบและพัฒนารูปแบบของโคมสะท้อนธรรมชาติสำหรับห้องแสดงภาพศิลปะในกรุงเทพมหานครต่อไปได้

ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ ลายมือชื่อนิสิต.....

สาขาวิชาสถาปัตยกรรม ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก.....

ปีการศึกษา 2552

517 42852 25 : MAJOR ARCHITECTURE

KEYWORDS : DAYLIGHTING REFLECTOR/ LIGHTING PERFORMANCE/ ART GALLERY

CHANIDA PRACHASILCHAI : COMPARATIVE STUDY OF DAYLIGHTING REFLECTOR CONFIGURATION ON LIGHTING PERFORMANCE : A PILOT STUDY OF ART GALLERY IN BANGKOK. ADVISOR : VORAPAT INKAROJRIT, Ph.D., 184 pp.

The purpose of this research is to study daylighting reflector designs that affect lighting performance in Bangkok art galleries. This research examines two factors: reflector configuration and surface characteristics. Patterns of configurations under study are flat, curve, gull wings, and a pair of upward-curving wings; while surface characteristics include: polished surface, unpolished surface, and matte surface. The experiment was conducted in a 1:20 model of a 10m x 12m space with a height of 9m on 21 June, 21 September, and 21 December during 9.00–12.00 am, under a clear sky.

The research reveals that all kinds of daylighting reflector configurations can reduce light intensity at the highest illuminated spot on the floor-plane by 91.97-99.47% on all the three days of the experiment. The upward-curving-wings configuration with polished surface gives highest illuminance value on 21 June and decreases light intensity on the north wall-plane by 86.96–98.38% and 85.26–89.22% on the south wall-plane. It gives highest illuminance value on the north wall-plane on 21 June and on the south wall-plane on 21 September.

From this research, it can be concluded that efficacy of daylighting reflector in manipulating direct light for art galleries depends on both reflector configurations and surface characteristics will affect on changing light levels coming into galleries. In addition, it is found that under the testing conditions, flat reflector, curve reflector, and gull wings reflector produce desirable illuminance for wall space lower than 3.75m, while the upward-curving wings reflectors provide optimal lighting effect for wall space lower than 5.15m. These findings can be employed in designing daylighting reflector configurations to optimize lighting effects for art galleries.

Department : Architecture Student's Signature CHANIDA.

Field of Study : Architecture Advisor's Signature

Academic Year : 2009

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับการอนุเคราะห์และช่วยเหลือจากบุคคลท่านเหล่านี้

ขอขอบพระคุณ อ.ดร.วรภัทร์ อิงคโรจน์ฤทธิ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ให้แนวทางและคำแนะนำอันเป็นประโยชน์สำหรับงานวิจัยครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ รศ.พรรณชลัท สุริโยธิน ที่กรุณาให้คำปรึกษา คำแนะนำและให้ความช่วยเหลือด้วยดีมาโดยตลอด

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.อรรจน์ เศรษฐบุตร และ คุณศิริทิพย์ หาญทวีวงศา ที่กรุณาให้คำปรึกษาและความช่วยเหลือระหว่างการทำงาน

ขอขอบคุณ อ.ดร.เกรียงศักดิ์ มั่นเสถียรสิน อาจารย์ประจำภาควิชาเทคโนโลยีทางอาคาร คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่กรุณาให้คำปรึกษา และคำชี้แนะอันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งสำหรับการทำงาน

ขอขอบคุณ คุณนศมา เพี้ยนภักตร์ ที่กรุณาเอื้อเฟื้อเครื่อง Heliodon เพื่อใช้ในการทดลอง

ขอขอบคุณ คุณโจ ที่ให้ความอนุเคราะห์วัสดุโคมสะท้อนแสงที่ใช้ในการทดลอง

ขอขอบคุณ คุณพจจิตร เลิศชาญวุฒิ คุณวรรณี วัฒนไพลิน คุณสุรพล เดชพล คุณปัญจพัชร เลิศอุทัย คุณสถาปน์ เชื้อสถาปนศิริ และคุณสวิชญา ดาวประกายมงคล ที่ให้ความช่วยเหลือด้านต่างๆด้วยดีเสมอมา

ขอขอบคุณ คุณกัญญุมา ประชาศิลป์ชัย สำหรับการช่วยเหลือจัดทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์มากขึ้น

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณ คุณบัณฑูร บัณฑุรัตน์ สำหรับความช่วยเหลือและให้คำปรึกษาต่างๆ อีกทั้งให้กำลังใจในทุกๆด้านอย่างดียิ่งเสมอมา จนสามารถสำเร็จการศึกษาในครั้งนี้ได้ด้วยดี

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ฉ

สารบัญ..... ช

สารบัญตาราง..... ฎ

สารบัญรูปภาพ..... ฐ

สารบัญแผนภูมิ..... ณ

บทที่ 1 บทนำ..... 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย..... 2

1.3 ขอบเขตของการวิจัย..... 2

1.4 วิธีดำเนินการวิจัย..... 3

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 4

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 5

2.1 ทฤษฎีแสง..... 5

2.2 พฤติกรรมของแสง..... 6

2.2.1 การดูดกลืน (absorption)..... 6

2.2.2 การสะท้อน (reflection)..... 7

2.2.3 การส่องผ่าน (transmission)..... 9

2.3 ทฤษฎีความส่องสว่าง..... 10

2.3.1 ปริมาณแสง (luminous flux, ϕ)..... 10

2.3.2 ประสิทธิผลของแสง (luminous efficacy, η)..... 11

2.3.3 ความเข้มแสง (luminous intensity, I)..... 11

2.3.4 ความส่องสว่าง (illuminance, E)..... 11

2.3.5 ความสว่าง (luminance, L)..... 12

. หน้า

2.3.6 ความจ้า (Brightness)..... 13
2.3.7 ความเปรียบต่าง (Contrast)..... 13
2.3.8 แสงบาดตา (Glare)..... 13
2.4 แสงสว่างธรรมชาติ..... 14
2.4.1 การโคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์..... 14
2.4.2 ตำแหน่งของดวงอาทิตย์..... 15
2.4.3 ลักษณะของสภาพท้องฟ้า..... 16
2.5 การนำแสงธรรมชาติมาใช้ในอาคาร..... 18
2.5.1 การพิจารณาจากปริมาณค่าความส่องสว่างรวม (Absolute illuminance)..... 19
2.5.2 การพิจารณาโดยใช้อัตราส่วนของระดับความส่องสว่างภายในต่อระดับความส่องสว่างภายนอกอาคาร (Relative illuminance)..... 19
2.6 มาตรฐานระดับความส่องสว่าง..... 22
2.7 หลักการใช้แสงธรรมชาติภายในพื้นที่แสดงภาพศิลปะ..... 25
2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 26
2.8.1 ตัวอย่างงานวิจัยที่ 1 “The design and evaluation of three advanced daylighting systems : Light shelves, light pipes and skylights”..... 26
2.8.2 ตัวอย่างงานวิจัยที่ 2 “Anidolic zenithal openings: Daylighting and shading”..... 27
2.8.3 ตัวอย่างงานวิจัยที่ 3 “เทคนิคการใช้แสงธรรมชาติผ่านแผงควบคุมช่องเปิดด้านบน”..... 29
2.8.4 ตัวอย่างงานวิจัยที่ 4 “เทคนิคการใช้แสงธรรมชาติ อาคารพิพิธภัณฑ์แสดงภาพเขียนเขตร้อนชื้น”..... 32
2.9 การใช้โคมสะท้อนแสงธรรมชาติร่วมกับการให้แสงธรรมชาติภายในอาคารผ่านช่องเปิดด้านบน..... 34
2.10 กรณีศึกษาอาคารที่มีการใช้โคมสะท้อนแสงธรรมชาติ..... 39
2.10.1 Kimbell Art Museum, Fort Worth, Texas, U.S.A..... 39
2.10.2 Stansted Airport, Stansted, England..... 40

หน้า

2.10.3 Cranfield University Library, Bedfordshire, England..... 41
2.10.4 Hong Kong International Airport, Hong Kong..... 42

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย..... 44
3.1 สมมติฐานงานวิจัย..... 44
3.2 การกำหนดตัวแปรในการศึกษา..... 44
3.3 การกำหนดเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย..... 45
3.3.1 หุ่นจำลองและชุดการทดลองที่ใช้ในงานวิจัย..... 45
3.3.2 เครื่องมือวัดแสง..... 52
3.3.3 เครื่อง Heliodon..... 52
3.4 การกำหนดวิธีการและขั้นตอนการเก็บข้อมูล..... 52
3.4.1 วิธีการเก็บข้อมูล..... 52
3.4.2 ขั้นตอนการเก็บข้อมูล..... 55
3.5 การประมวลผลการทดลอง..... 56
3.6 วิเคราะห์ผลการทดลอง..... 56
3.7 สรุปผลการวิจัย..... 57

บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล..... 58
4.1 ผลการทดลอง..... 59
4.2 วิเคราะห์ผลการทดลอง..... 95
4.2.1 การประเมินประสิทธิภาพของแสงด้านความส่องสว่างที่ระนาบพื้นส่วนทางเดิน..... 106
4.2.2 การประเมินประสิทธิภาพของแสงด้านรูปแบบการกระจายตัวและระดับความสม่ำเสมอของแสง (Uniformity ratio) ที่ระนาบพื้นส่วนทางเดิน..... 109
4.2.3 การประเมินประสิทธิภาพของแสงด้านความส่องสว่างที่ระนาบผนังส่วนจัดแสดงภาพศิลปะ..... 136

หน้า

4.2.4 การประเมินประสิทธิภาพของแสงด้านรูปแบบการกระจายตัวและระดับความสม่ำเสมอของแสง (Uniformity ratio) ที่ระนาบผนังส่วนจัดแสดงภาพศิลปะ..... 162

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ..... 163

5.1 สรุปผลการวิจัย..... 163

5.1.1 ผลกระทบของรูปลักษณะโคมสะท้อนแสงธรรมชาติต่อประสิทธิภาพของแสง..... 165

5.1.2 ผลกระทบของคุณสมบัติทางพื้นผิววัสดุโคมสะท้อนแสงธรรมชาติต่อประสิทธิภาพของแสง..... 166

5.1.3 ผลกระทบของวันต่อประสิทธิภาพของแสง..... 166

5.1.4 ข้อเสนอแนะในการพิจารณาเลือกใช้โคมสะท้อนแสงธรรมชาติ.... 168

5.2 ข้อเสนอแนะ..... 170

รายการอ้างอิง..... 173

ภาคผนวก..... 175

ภาคผนวก ก อาคารที่มีการใช้โคมสะท้อนแสงเป็นองค์ประกอบร่วมในการนำแสงธรรมชาติมาใช้ในอาคารผ่านช่องเปิดด้านบน..... 176

ภาคผนวก ข ตารางแสดงตำแหน่งของดวงอาทิตย์ วันที่ 21 ของทุกเดือน ณ เวลาต่างๆ ที่ละติจูด 14 องศาเหนือ..... 180

ภาคผนวก ค นาฬิกาแดด (sundial diagram) ที่ละติจูด 14 องศาเหนือ..... 181

ภาคผนวก ง ตารางแสดงระดับความส่องสว่างท้องฟ้าในระหว่างทำการทดลอง..... 182

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... 184

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การบำรุงรักษาช่องแสง..... 22
ตารางที่ 2.2 เปรียบเทียบระดับความส่องสว่างตามข้อกำหนดและมาตรฐานต่างๆ..... 24
ตารางที่ 2.3 แสดงเกณฑ์ความส่องสว่างแยกตามประเภทของวัตถุจัดแสดง..... 25
ตารางที่ 4.1 แสดงค่า Daylight factor ที่ระนาบพื้น base case..... 59
ตารางที่ 4.2 แสดงค่า Daylight factor ที่ระนาบผนังทิศเหนือ base case..... 61
ตารางที่ 4.3 แสดงค่า Daylight factor ที่ระนาบผนังทิศใต้ base case..... 65
ตารางที่ 4.4 แสดงค่า Daylight factor ที่ระนาบพื้นชุดการทดลองกลุ่มที่ 1 (polished surface)..... 69
ตารางที่ 4.5 แสดงค่า Daylight factor ที่ระนาบพื้นชุดการทดลองกลุ่มที่ 2 (unpolished surface)..... 72
ตารางที่ 4.6 แสดงค่า Daylight factor ที่ระนาบพื้นชุดการทดลองกลุ่มที่ 3 (matte surface)..... 75
ตารางที่ 4.7 แสดงค่า Daylight factor ที่ระนาบผนังทิศเหนือชุดการทดลองกลุ่มที่ 1 (polished surface)..... 78
ตารางที่ 4.8 แสดงค่า Daylight factor ที่ระนาบผนังทิศเหนือชุดการทดลองกลุ่มที่ 2 (unpolished surface)..... 81
ตารางที่ 4.9 แสดงค่า Daylight factor ที่ระนาบผนังทิศเหนือชุดการทดลองกลุ่มที่ 3 (matte surface)..... 84
ตารางที่ 4.10 แสดงค่า Daylight factor ที่ระนาบผนังทิศใต้ชุดการทดลองกลุ่มที่ 1 (polished surface)..... 87
ตารางที่ 4.11 แสดงค่า Daylight factor ที่ระนาบผนังทิศใต้ชุดการทดลองกลุ่มที่ 2 (unpolished surface)..... 90
ตารางที่ 4.12 แสดงค่า Daylight factor ที่ระนาบผนังทิศใต้ชุดการทดลองกลุ่มที่ 3 (matte surface)..... 93
ตารางที่ 4.13 แสดงค่า Daylight factor ที่ระนาบพื้นเฉลี่ยแต่ละวัน..... 96
ตารางที่ 4.14 แสดงค่า Daylight factor ที่ระนาบผนังทิศเหนือเฉลี่ยแต่ละวัน..... 115

หน้า

ตารางที่ 4.15 แสดงค่า Daylight factor ที่ระนาบผนังทิศใต้เฉลี่ยแต่ละวัน..... 116
ตารางที่ 4.16 แสดงค่า Daylight factor ที่ระนาบผนังที่อยู่ในเกณฑ์สัดส่วนค่า
ความส่องสว่างสูงสุดและต่ำสุด 3:1 ของชุดการทดลองกลุ่มที่ 1..... 137
ตารางที่ 4.17 แสดงค่า Daylight factor ที่ระนาบผนังที่อยู่ในเกณฑ์สัดส่วนค่า
ความส่องสว่างสูงสุดและต่ำสุด 3:1 ของชุดการทดลองกลุ่มที่ 2..... 138
ตารางที่ 4.18 แสดงค่า Daylight factor ที่ระนาบผนังที่อยู่ในเกณฑ์สัดส่วนค่า
ความส่องสว่างสูงสุดและต่ำสุด 3:1 ของชุดการทดลองกลุ่มที่ 3..... 139
ตารางที่ 4.19 แสดงค่า Daylight factor ที่ระนาบผนังทิศเหนือของโคมสะท้อนแสง
ประเภทที่ 1 โคมสะท้อนแสงที่เหมาะกับพื้นที่จัดแสดงภาพ
สูงไม่เกิน 3.75 ม. 140
ตารางที่ 4.20 แสดงค่า Daylight factor ที่ระนาบผนังทิศใต้ของโคมสะท้อนแสง
ประเภทที่ 1 โคมสะท้อนแสงที่เหมาะกับพื้นที่จัดแสดงภาพ
สูงไม่เกิน 3.75 ม. 141
ตารางที่ 4.21 แสดงค่า Daylight factor ที่ระนาบผนังของโคมสะท้อนแสง
ประเภทที่ 2 โคมสะท้อนแสงที่เหมาะกับพื้นที่จัดแสดงภาพ
สูงไม่เกิน 5.15 ม. 142
ตารางที่ 5.1 แสดงตัวแปรที่ใช้ในการศึกษาตามสมมติฐานงานวิจัย..... 163
ตารางที่ 5.2 แสดงระดับความส่องสว่างและระดับความสม่ำเสมอของแสง
ที่ได้จากโคมสะท้อนแสงแต่ละรูปแบบ..... 169

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปที่ 2.1 แสดงความถี่และความยาวคลื่นของพลังงานจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและแสงสว่างที่ตอบสนองต่อการมองเห็น..... 5
รูปที่ 2.2 แสดงการดูดกลืนของแสงเมื่อตกกระทบตัวกลาง..... 7
รูปที่ 2.3 แสดงการสะท้อนแบบเสมือนกระจกเงา..... 7
รูปที่ 2.4 แสดงการสะท้อนแบบกระจายสมบูรณ์..... 8
รูปที่ 2.5 แสดงการสะท้อนแบบกระจัดกระจาย..... 8
รูปที่ 2.6 แสดงการส่องผ่านของแสงผ่านตัวกลางโปร่งใส..... 9
รูปที่ 2.7 แสดงการส่องผ่านของแสงผ่านตัวกลางโปร่งแสง..... 10
รูปที่ 2.8 แสดง Solid angle (ω หรือ Ω)..... 11
รูปที่ 2.9 แสดงกฎกำลังสองผกผัน..... 12
รูปที่ 2.10 แสดงการโคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์..... 15
รูปที่ 2.11 แสดงมุมอัลติจูดและมุมอะซิมุท..... 15
รูปที่ 2.12 แสดงมุมที่เกิดจากการโคจรของดวงอาทิตย์..... 16
รูปที่ 2.13 แสดงลักษณะท้องฟ้าโปร่ง..... 17
รูปที่ 2.14 แสดงลักษณะท้องฟ้ามีเมฆมาก..... 18
รูปที่ 2.15 แสดงองค์ประกอบที่มีผลต่อแสงสว่างธรรมชาติภายในอาคาร..... 20
รูปที่ 2.16 แสดงมุมเงยเห็นท้องฟ้า หรือ θ..... 22
รูปที่ 2.17 แสดงชุดการทดลองต้นแบบที่ใช้ในงานวิจัย..... 27
รูปที่ 2.18 แสดงรูปแบบช่องแสงหลังคาแบบ Anidolic zenithal openings..... 28
รูปที่ 2.19 แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแสงที่ได้จากช่องแสงแต่ละแบบ..... 29
รูปที่ 2.20 แสดงรูปแบบช่องเปิดด้านบนและแผงควบคุมที่ใช้ในงานวิจัย..... 31
รูปที่ 2.21 แสดงรูปแบบช่องเปิดด้านบนและแผงควบคุมแบบ Double sun scatter..... 31
รูปที่ 2.22 แสดงเปรียบเทียบความสม่ำเสมอของแสงที่ได้จากช่องเปิดด้านบน..... 32
รูปที่ 2.23 แสดงเทคนิคที่เหมาะสมในการนำแสงเข้าสู่อาคารพิพิธภัณฑ์ภาพเขียนในแต่ละทิศ..... 33

หน้า

รูปที่ 2.24 ทัศนียภาพภายใน Kimbell Art Museum และรูปแบบโคมสะท้อนแสงธรรมชาติภายใน Wolfson Center for Mechanical Engineering..... 34
รูปที่ 2.25 ทัศนียภาพภายใน Clore Gallery และทัศนียภาพภายใน De Menil Museum… 35
รูปที่ 2.26 ทัศนียภาพภายในและรูปแบบโคมสะท้อนแสงธรรมชาติภายใน United Airlines Terminal, O' Hare..... 36
รูปที่ 2.27 ทัศนียภาพภายในและรูปแบบโคมสะท้อนแสงธรรมชาติภายในสนามบิน Stansted..... 36
รูปที่ 2.28 ทัศนียภาพภายในสนามบิน Chek Lap Kok และรูปแบบโคมสะท้อนแสงธรรมชาติภายในสนามบินนานาชาติ Brisbane..... 37
รูปที่ 2.29 ทัศนียภาพภายใน Niihama Municipal Besshi Copper Mine Memorial Library และทัศนียภาพภายใน Cranfield University Library..... 38
รูปที่ 2.30 รูปตัดภายใน Kimbell Art Museum..... 40
รูปที่ 2.31 ภาพร่างแนวคิดการออกแบบแสงสว่างภายใน Stansted Airport..... 41
รูปที่ 2.32 รูปตัดภายใน Cranfield University Library..... 42
รูปที่ 2.33 รูปตัดแสดงโคมสะท้อนแสงธรรมชาติภายใน Chek Lap Kok..... 43
รูปที่ 3.1 แสดงตำแหน่งการติดตั้งและองศาการมองภาพศิลปะบนผนัง..... 46
รูปที่ 3.2 แสดงขนาดพื้นที่การทดลองที่ใช้ในงานวิจัย..... 47
รูปที่ 3.3 แสดงขนาดและตำแหน่งการติดตั้งโคมสะท้อนแสงที่ระยะติดตั้งโคมใต้ช่องแสง : ความสูงระยะฝ้าโค้ง เท่ากับ 1:3..... 48
รูปที่ 3.4 แสดงขนาดและตำแหน่งการติดตั้งโคมสะท้อนแสงที่ระยะติดตั้งโคมใต้ช่องแสง : ความสูงระยะฝ้าโค้ง เท่ากับ 1:2.4..... 49
รูปที่ 3.5 แสดงขนาดและตำแหน่งการติดตั้งโคมสะท้อนแสงที่ระยะติดตั้งโคมใต้ช่องแสง : ความสูงระยะฝ้าโค้ง เท่ากับ 1:1.8..... 49
รูปที่ 3.6 แสดงขนาดโคมสะท้อนแสงธรรมชาติในแต่ละแบบ..... 50
รูปที่ 3.7 แสดงตัวแปรด้านรูปลักษณะและวัสดุโคมภายในชุดทดลองทั้ง 12 ชุด..... 51
รูปที่ 3.8 ผังพื้นและรูปตัดแสดงตำแหน่งในการวัดแสง..... 53
รูปที่ 3.9 แสดงการติดตั้ง light sensors ภายในหุ่นจำลอง..... 53
รูปที่ 3.10 แสดงการติดตั้งหุ่นจำลองบนเครื่อง Heliodon..... 56

หน้า

รูปที่ 4.1 ทัศนียภาพภายในหุ่นจำลองชุดการทดลองที่ 4 ติดตั้งโคมโค้งหงาย พื้นผิวเรียบแบบโลหะเงา และชุดการทดลองที่ 12 ติดตั้งโคมโค้งหงาย พื้นผิวหยาบด้าน..... 106
รูปที่ 4.2 ทัศนียภาพภายในหุ่นจำลองชุดการทดลองที่ 9 ติดตั้งโคมตรง พื้นผิวหยาบด้าน..... 107
รูปที่ 4.3 ทัศนียภาพภายในหุ่นจำลองชุดการทดลองที่ 3 ติดตั้งโคมปีกนก พื้นผิวเรียบ แบบโลหะเงา และชุดการทดลองที่ 11 ติดตั้งโคมปีกนก พื้นผิวหยาบด้าน..... 108
รูปที่ 4.4 ทัศนียภาพภายในหุ่นจำลองชุดการทดลองที่ 10 ติดตั้งโคมโค้ง พื้นผิวหยาบด้าน..... 108
รูปที่ 4.5 แสดงรูปแบบการกระจายตัวของแสงชุดการทดลองที่ติดตั้งโคมลักษณะตรง.... 110
รูปที่ 4.6 แสดงรูปแบบการกระจายตัวของแสงชุดการทดลองที่ติดตั้งโคมลักษณะโค้ง.... 111
รูปที่ 4.7 แสดงรูปแบบการกระจายตัวของแสงชุดการทดลองที่ติดตั้งโคมลักษณะโค้งคว่ำปีกนก..... 112
รูปที่ 4.8 แสดงรูปแบบการกระจายตัวของแสงชุดการทดลองที่ติดตั้งโคมลักษณะโค้งหงาย..... 113
รูปที่ 5.1 แสดงทิศทางการสะท้อนของแสงที่เกิดจากโคมแต่ละลักษณะ..... 165
รูปที่ 5.2 แสดงอิทธิพลของแสงจากดวงอาทิตย์ที่มีผลต่อระดับ Uniformity ratio ภายใน.. 168
รูปที่ 5.3 แสดงแนวทางการออกแบบองค์ประกอบร่วมที่ใช้กับโคมสะท้อนแสงธรรมชาติ... 171
รูปที่ 5.4 ทัศนียภาพภายในหุ่นจำลองชุดการทดลองที่มีการติดตั้งโคมลักษณะโค้งหงายที่ทำจากวัสดุพื้นผิวเรียบแบบโลหะเงา (polished surface)... 171

สารบัญแผนภูมิ

หน้า

แผนภูมิที่ 4.1 ก แสดงระดับความส่องสว่างที่ระนาบพื้นชุดการทดลอง base case วันที่ 21 มิถุนายน..... 60

แผนภูมิที่ 4.1 ข แสดงระดับความส่องสว่างที่ระนาบพื้นชุดการทดลอง base case วันที่ 21 กันยายน..... 60

แผนภูมิที่ 4.1 ค แสดงระดับความส่องสว่างที่ระนาบพื้นชุดการทดลอง base case วันที่ 21 ธันวาคม..... 61

แผนภูมิที่ 4.2 ก แสดงระดับความส่องสว่างที่ระนาบผนังทิศเหนือชุดการทดลอง base case วันที่ 21 มิถุนายน..... 62

แผนภูมิที่ 4.2 ข แสดงระดับความส่องสว่างที่ระนาบผนังทิศเหนือชุดการทดลอง base case วันที่ 21 กันยายน..... 63

แผนภูมิที่ 4.2 ค แสดงระดับความส่องสว่างที่ระนาบผนังทิศเหนือชุดการทดลอง base case วันที่ 21 ธันวาคม..... 64

แผนภูมิที่ 4.3 ก แสดงระดับความส่องสว่างที่ระนาบผนังทิศใต้ชุดการทดลอง base case วันที่ 21 มิถุนายน..... 66

แผนภูมิที่ 4.3 ข แสดงระดับความส่องสว่างที่ระนาบผนังทิศใต้ชุดการทดลอง base case วันที่ 21 กันยายน..... 67

แผนภูมิที่ 4.3 ค แสดงระดับความส่องสว่างที่ระนาบผนังทิศใต้ชุดการทดลอง base case วันที่ 21 ธันวาคม..... 68

แผนภูมิที่ 4.4 แสดงระดับความส่องสว่างระนาบพื้นชุดการทดลองที่ 1-4 วันที่ 21 มิถุนายน..... 97

แผนภูมิที่ 4.5 แสดงระดับความส่องสว่างระนาบพื้นชุดการทดลองที่ 1-4 วันที่ 21 กันยายน..... 98

แผนภูมิที่ 4.6 แสดงระดับความส่องสว่างระนาบพื้นชุดการทดลองที่ 1-4 วันที่ 21 ธันวาคม..... 99

แผนภูมิที่ 4.7 แสดงระดับความส่องสว่างระนาบพื้นชุดการทดลองที่ 5-8 วันที่ 21 มิถุนายน..... 100

หน้า

แผนภูมิที่ 4.8 แสดงระดับความส่องสว่างระนาบพื้นชุดการทดลองที่ 5-8 วันที่ 21 กันยายน..... 101

แผนภูมิที่ 4.9 แสดงระดับความส่องสว่างระนาบพื้นชุดการทดลองที่ 5-8 วันที่ 21 ธันวาคม..... 102

แผนภูมิที่ 4.10 แสดงระดับความส่องสว่างระนาบพื้นชุดการทดลองที่ 9-12 วันที่ 21 มิถุนายน..... 103

แผนภูมิที่ 4.11 แสดงระดับความส่องสว่างระนาบพื้นชุดการทดลองที่ 9-12 วันที่ 21 กันยายน..... 104

แผนภูมิที่ 4.12 แสดงระดับความส่องสว่างระนาบพื้นชุดการทดลองที่ 9-12 วันที่ 21 ธันวาคม..... 105

แผนภูมิที่ 4.13 แสดงระดับความส่องสว่างผนังทิศเหนือชุดการทดลองที่ 1-4 วันที่ 21 มิถุนายน..... 117

แผนภูมิที่ 4.14 แสดงระดับความส่องสว่างผนังทิศเหนือชุดการทดลองที่ 1-4 วันที่ 21 กันยายน..... 118

แผนภูมิที่ 4.15 แสดงระดับความส่องสว่างผนังทิศเหนือชุดการทดลองที่ 1-4 วันที่ 21 ธันวาคม..... 119

แผนภูมิที่ 4.16 แสดงระดับความส่องสว่างผนังทิศเหนือชุดการทดลองที่ 5-8 วันที่ 21 มิถุนายน..... 120

แผนภูมิที่ 4.17 แสดงระดับความส่องสว่างผนังทิศเหนือชุดการทดลองที่ 5-8 วันที่ 21 กันยายน..... 121

แผนภูมิที่ 4.18 แสดงระดับความส่องสว่างผนังทิศเหนือชุดการทดลองที่ 5-8 วันที่ 21 ธันวาคม..... 122

แผนภูมิที่ 4.19 แสดงระดับความส่องสว่างผนังทิศเหนือชุดการทดลองที่ 9-12 วันที่ 21 มิถุนายน..... 123

แผนภูมิที่ 4.20 แสดงระดับความส่องสว่างผนังทิศเหนือชุดการทดลองที่ 9-12 วันที่ 21 กันยายน..... 124

แผนภูมิที่ 4.21 แสดงระดับความส่องสว่างผนังทิศเหนือชุดการทดลองที่ 9-12 วันที่ 21 ธันวาคม..... 125

หน้า

แผนภูมิที่ 4.22 แสดงระดับความส่องสว่างผนังทิศใต้ชุดการทดลองที่ 1-4 วันที่ 21 มิถุนายน..... 127
แผนภูมิที่ 4.23 แสดงระดับความส่องสว่างผนังทิศใต้ชุดการทดลองที่ 1-4 วันที่ 21 กันยายน..... 128
แผนภูมิที่ 4.24 แสดงระดับความส่องสว่างผนังทิศใต้ชุดการทดลองที่ 1-4 วันที่ 21 ธันวาคม..... 129
แผนภูมิที่ 4.25 แสดงระดับความส่องสว่างผนังทิศใต้ชุดการทดลองที่ 5-8 วันที่ 21 มิถุนายน..... 130
แผนภูมิที่ 4.26 แสดงระดับความส่องสว่างผนังทิศใต้ชุดการทดลองที่ 5-8 วันที่ 21 กันยายน..... 131
แผนภูมิที่ 4.27 แสดงระดับความส่องสว่างผนังทิศใต้ชุดการทดลองที่ 5-8 วันที่ 21 ธันวาคม..... 132
แผนภูมิที่ 4.28 แสดงระดับความส่องสว่างผนังทิศใต้ชุดการทดลองที่ 9-12 วันที่ 21 มิถุนายน..... 133
แผนภูมิที่ 4.29 แสดงระดับความส่องสว่างผนังทิศใต้ชุดการทดลองที่ 9-12 วันที่ 21 กันยายน..... 134
แผนภูมิที่ 4.30 แสดงระดับความส่องสว่างผนังทิศใต้ชุดการทดลองที่ 9-12 วันที่ 21 ธันวาคม..... 135
แผนภูมิที่ 4.31 แสดงระดับความส่องสว่างผนังทิศเหนือโคมสะท้อนแสงประเภทที่ 1 (polished surface) วันที่ 21 มิถุนายน..... 143
แผนภูมิที่ 4.32 แสดงระดับความส่องสว่างผนังทิศเหนือโคมสะท้อนแสงประเภทที่ 1 (polished surface) วันที่ 21 กันยายน..... 144
แผนภูมิที่ 4.33 แสดงระดับความส่องสว่างผนังทิศเหนือโคมสะท้อนแสงประเภทที่ 1 (polished surface) วันที่ 21 ธันวาคม..... 145
แผนภูมิที่ 4.34 แสดงระดับความส่องสว่างผนังทิศเหนือโคมสะท้อนแสงประเภทที่ 1 (unpolished surface) วันที่ 21 มิถุนายน..... 146
แผนภูมิที่ 4.35 แสดงระดับความส่องสว่างผนังทิศเหนือโคมสะท้อนแสงประเภทที่ 1 (unpolished surface) วันที่ 21 กันยายน..... 147

หน้า

แผนภูมิที่ 4.36 แสดงระดับความส่องสว่างผนังทิศเหนือโคมสะท้อนแสงประเภทที่ 1 (unpolished surface) วันที่ 21 ธันวาคม..... 148
แผนภูมิที่ 4.37 แสดงระดับความส่องสว่างผนังทิศเหนือโคมสะท้อนแสงประเภทที่ 1 (matte surface) วันที่ 21 มิถุนายน..... 149
แผนภูมิที่ 4.38 แสดงระดับความส่องสว่างผนังทิศเหนือโคมสะท้อนแสงประเภทที่ 1 (matte surface) วันที่ 21 กันยายน..... 150
แผนภูมิที่ 4.39 แสดงระดับความส่องสว่างผนังทิศเหนือโคมสะท้อนแสงประเภทที่ 1 (matte surface) วันที่ 21 ธันวาคม..... 151
แผนภูมิที่ 4.40 แสดงระดับความส่องสว่างผนังทิศใต้โคมสะท้อนแสงประเภทที่ 1 (polished surface) วันที่ 21 มิถุนายน..... 152
แผนภูมิที่ 4.41 แสดงระดับความส่องสว่างผนังทิศใต้โคมสะท้อนแสงประเภทที่ 1 (polished surface) วันที่ 21 กันยายน..... 153
แผนภูมิที่ 4.42 แสดงระดับความส่องสว่างผนังทิศใต้โคมสะท้อนแสงประเภทที่ 1 (polished surface) วันที่ 21 ธันวาคม..... 154
แผนภูมิที่ 4.43 แสดงระดับความส่องสว่างผนังทิศใต้โคมสะท้อนแสงประเภทที่ 1 (unpolished surface) วันที่ 21 มิถุนายน..... 155
แผนภูมิที่ 4.44 แสดงระดับความส่องสว่างผนังทิศใต้โคมสะท้อนแสงประเภทที่ 1 (unpolished surface) วันที่ 21 กันยายน..... 156
แผนภูมิที่ 4.45 แสดงระดับความส่องสว่างผนังทิศใต้โคมสะท้อนแสงประเภทที่ 1 (unpolished surface) วันที่ 21 ธันวาคม..... 157
แผนภูมิที่ 4.46 แสดงระดับความส่องสว่างผนังทิศใต้โคมสะท้อนแสงประเภทที่ 1 (matte surface) วันที่ 21 มิถุนายน..... 158
แผนภูมิที่ 4.47 แสดงระดับความส่องสว่างผนังทิศใต้โคมสะท้อนแสงประเภทที่ 1 (matte surface) วันที่ 21 กันยายน..... 159
แผนภูมิที่ 4.48 แสดงระดับความส่องสว่างผนังทิศใต้โคมสะท้อนแสงประเภทที่ 1 (matte surface) วันที่ 21 ธันวาคม..... 160

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การให้แสงสว่างภายในอาคารนั้นเป็นความจำเป็นที่ไม่อาจหลีกเลี่ยงได้ เพราะแสงสว่างมีอิทธิพลต่อระบบการรับรู้ทางสายตาและการตอบสนองทางจิตวิทยา เช่น ความรู้สึกสบายตา อารมณ์ ตลอดจนอิทธิพลด้านกายภาพ (Non-Visual effects) และสุขภาพ (จรรยาพร จุลตามระ, 2547) ดังนั้นการนำแสงธรรมชาติมาใช้ในอาคารเพื่อทดแทนการใช้แสงสว่างจากหลอดไฟประดิษฐ์ จึงเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่จะสามารถช่วยลดปัญหาความสิ้นเปลืองในการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในอาคารลงได้

การนำแสงธรรมชาติมาให้ในอาคารมี 2 วิธีหลัก ได้แก่ การนำแสงเข้าสู่อาคารทางด้านข้าง (Side lighting) เช่น การให้แสงเข้าสู่อาคารผ่านช่องแสงที่ผนัง หรือการใช้ท่อนำแสงในแนวราบ และอีกวิธีหนึ่งคือ การนำแสงเข้าสู่อาคารทางด้านบน (Top lighting) เช่น การใช้ท่อนำแสงแนวดิ่ง หรือการทำช่องแสงบนหลังคา (Skylight) แม้ว่าการทำช่องแสงบนหลังคานั้นจะมีข้อจำกัดเรื่องตำแหน่งการเจาะช่องแสงซึ่งต้องเป็นด้านบนสุดของอาคารเท่านั้น แต่วิธีดังกล่าวกลับเป็นทางเลือกที่ดีสำหรับอาคารมีขนาดใหญ่ ซึ่งการนำแสงเข้าสู่อาคารทางด้านข้างเพียงอย่างเดียวไม่เพียงพอ หรือในกรณีที่พื้นที่ใช้สอยนั้นไม่เหมาะสมต่อการเปิดช่องแสงที่ผนังเนื่องจากการใช้งาน เช่น ห้องแสดงภาพศิลปะ (art gallery) โดยเฉพาะอย่างยิ่งการใช้แสงธรรมชาติภายในพื้นที่จัดแสดงภาพศิลปะนั้นถือเป็นแนวทางที่เป็นประโยชน์สำคัญ เนื่องจากแสงธรรมชาติประกอบด้วยสเปกตรัมครบทุกช่วงคลื่น ส่งผลให้เมื่อส่องกระทบวัตถุแสดงจะให้สีของวัตถุนั้นทั้งหมดอย่างถูกต้องและนุ่มนวลกว่าการใช้แสงประดิษฐ์นั่นเอง

อย่างไรก็ตามการใช้แสงธรรมชาติภายในพื้นที่จัดแสดงภาพศิลปะนั้น มีความละเอียดอ่อนและซับซ้อนกว่าการใช้แสงธรรมชาติภายในอาคารประเภทอื่นๆอยู่มาก เพราะนอกจากระดับความส่องสว่างที่ต้องเพียงพอต่อการมองเห็นวัตถุแล้ว แสงธรรมชาติที่ประกอบไปด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต (UV) และความร้อนนั้นก่อให้เกิดความเสียหายแก่วัตถุจัดแสดงได้เช่นกัน อีกทั้งเรื่องความสม่ำเสมอและการกระจายตัวของแสงทั้งในระนาบพื้นและระนาบผนังที่มีการติดตั้งวัตถุจัดแสดง เหล่านี้ล้วนเป็นปัญหาสำคัญที่ผู้ออกแบบต้องคำนึงถึงทั้งสิ้น สำหรับกรณีที่มีการนำแสงเข้าสู่อาคารผ่านช่องเปิดด้านบน การใช้โคมสะท้อนแสงธรรมชาติ (Daylighting reflector) เพื่อช่วยปิดกั้นแสงตรงจากดวงอาทิตย์ซึ่งเป็นตัวนำพารังสีอัลตราไวโอเลต (UV) และ

ความร้อนปริมาณมากผ่านเข้าสู่อาคาร อีกทั้งช่วยกระจายแสงให้มีรูปแบบที่เหมาะสมและมีความสม่ำเสมอมากยิ่งขึ้นนั้น ถือเป็นเทคนิคขั้นพื้นฐานที่สามารถแก้ปัญหาดังกล่าวได้เป็นอย่างดี ทั้งนี้รูปลักษณะโคมสะท้อนแสงดังกล่าวนั้นนับว่ามีความสำคัญอย่างยิ่ง เนื่องจากมีความเกี่ยวข้องโดยตรงกับระดับความส่องสว่างและรูปแบบการกระจายตัวของแสงภายในที่ได้ เพราะด้วยลักษณะของโคมที่แตกต่างกันในแต่ละแบบจะก่อให้เกิดมุมตกกระทบและมุมสะท้อนของแสงที่แตกต่างกันนั่นเอง

จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่ามีการใช้เทคนิคโคมสะท้อนแสงธรรมชาติร่วมกับการนำแสงเข้าสู่อาคารผ่านช่องเปิดด้านบนอย่างแพร่หลายในอาคารหลายประเภท แต่ไม่พบว่ามีงานวิจัยใดทำการศึกษาอิทธิพลของรูปลักษณะของโคมดังกล่าว ที่ส่งผลต่อระดับความส่องสว่างและการกระจายตัวของแสง โดยงานวิจัยที่ผ่านมานั้นมุ่งเน้นไปที่รูปแบบของอุปกรณ์ที่ช่วยนำแสงธรรมชาติเข้าสู่อาคารผ่านช่องเปิดด้านบน (Beltran และคณะ (1994) และ Courret Paule และ Scartezzini (1995)) เป็นส่วนใหญ่

ด้วยเหตุดังกล่าวงานวิจัยชิ้นนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษารูปลักษณะและคุณสมบัติทางพื้นผิวของวัสดุโคมสะท้อนแสงธรรมชาติที่มีผลต่อระดับความส่องสว่างและการกระจายตัวของแสงภายในอาคาร เพื่อต่อยอดองค์ความรู้เรื่องดังกล่าวให้มีความหลากหลายและรอบด้านมากยิ่งขึ้น โดยจะทำการศึกษารูปลักษณะของโคมสะท้อนแสงธรรมชาติเจาะจงเฉพาะภายในห้องแสดงภาพศิลปะในกรุงเทพมหานครเท่านั้น

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาเปรียบเทียบรูปลักษณะของโคมสะท้อนแสงธรรมชาติที่มีผลต่อประสิทธิภาพของแสงภายในห้องแสดงภาพศิลปะในกรุงเทพมหานคร
2. เพื่อศึกษาเปรียบเทียบคุณสมบัติทางพื้นผิวของวัสดุโคมสะท้อนแสงธรรมชาติที่มีผลต่อประสิทธิภาพของแสงภายในห้องแสดงภาพศิลปะในกรุงเทพมหานคร
3. เพื่อค้นหาแนวทางการออกแบบและพัฒนารูปลักษณะของโคมสะท้อนแสงธรรมชาติที่เหมาะสมสำหรับห้องแสดงภาพศิลปะในกรุงเทพมหานคร

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1. ทำการศึกษาเฉพาะรูปลักษณะและคุณสมบัติของวัสดุโคมสะท้อนแสงธรรมชาติ ที่มีผลต่อประสิทธิภาพของแสงภายในห้องแสดงภาพศิลปะในกรุงเทพมหานคร

2. ทำการศึกษาปริมาณความส่องสว่าง ระดับความสม่ำเสมอของแสง (Umiformity ratio) ตลอดจนรูปแบบการกระจายตัวของแสงภายในที่ตกกระทบในระนาบพื้นและระนาบผนังโดยพิจารณาจากค่าความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความส่องสว่างภายในชุดทดลองและปริมาณความส่องสว่างของท้องฟ้าภายนอก (Daylight factor, DF) และกำหนดให้อาคารวางตัวตามแนวทิศตะวันตก-ตะวันออกเท่านั้น เนื่องจากเป็นทิศทางการวางอาคารที่สามารถรับอิทธิพลของแสงจากดวงอาทิตย์ผ่านทางช่องแสงด้านบนได้ตลอดทั้งวัน

3. ไม่ทำการศึกษาเปรียบเทียบปริมาณความร้อนที่เกิดขึ้นในแต่ละชุดการทดลอง

1.4 วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยชิ้นนี้เป็นงานวิจัยเชิงทดลอง โดยมีขั้นตอนการวิจัยดังนี้

1. กำหนดขนาดพื้นที่ทดลองและตัวแปรที่ทำการศึกษา

1.1 พื้นที่ทดลองพิจารณาจากตำแหน่งการติดตั้งและองศาการมองวัตถุจัดแสดงบนผนัง โดยกำหนดให้พื้นที่การทดลองมีขนาดความกว้าง 10.00 ม. ยาว 12.00 ม. ความสูงผนัง 7.00 ม. ส่วนระดับความสูงฝ้าโค้ง 2.00 ม.

1.2 รูปลักษณะและวัสดุโคมสะท้อนแสง โดยกำหนดรูปลักษณะของโคมออกเป็น 4 ลักษณะ ได้แก่

- ลักษณะตรง
- ลักษณะโค้งคว่ำสอดคล้องกับรูปทรงของฝ้าเพดาน
- ลักษณะโค้งคว่ำแบบปีกนก (gull wings)
- ลักษณะโค้งหงายแบบปีกคู่ (a pair of upward-curving wings)

โคมทั้ง 4 ลักษณะทำด้วยวัสดุที่มีคุณสมบัติทางพื้นผิวแตกต่างกัน 3 แบบ ได้แก่ วัสดุที่มีพื้นผิวเรียบแบบโลหะเงา (polished surface) ซึ่งมีค่าการสะท้อนแสง 83% วัสดุที่มีพื้นผิวเรียบแบบโลหะด้าน (unpolished surface) ซึ่งมีค่าการสะท้อนแสง 76% และพื้นผิวหยาบด้าน (matte surface) สีขาว ซึ่งมีค่าการสะท้อนแสง 92%

2. ทดสอบประสิทธิภาพของแสงในช่วงเวลา 9.00 น. 10.00 น. 11.00 น. และ 12.00 น. ของวันที่ 21 มิถุนายน 21 กันยายน และ 21 ธันวาคม ด้วยเครื่องจำลองวันและเวลา Heliodon โดยเลือกทำการจำลองวันและเวลาดังกล่าวเพื่อทำการทดสอบประสิทธิภาพของแสงเฉพาะเมื่อสภาพท้องฟ้ามีลักษณะแบบท้องฟ้าโปร่ง (clear sky) เท่านั้น

3. เก็บข้อมูลและประมวลผลการทดลอง

3.1 วัดและเก็บบันทึกปริมาณความส่องสว่างภายในหุ่นจำลองทุกชุดการทดลอง ควบคู่ไปกับการวัดปริมาณความส่องสว่างของท้องฟ้าภายนอก ด้วยเครื่องมือวัดแสงที่มีการสอบเทียบค่าแล้วทั้งหมด 6 เครื่อง

3.2 ประมวลผลการทดลองด้วยค่าความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความส่องสว่างภายในชุดทดลองและปริมาณความส่องสว่างของท้องฟ้าภายนอก (Daylight factor, DF) โดยจัดแบ่งเนื้อหาดังต่อไปนี้

- ค่า Daylight factor ที่ระนาบพื้น
- ค่า Daylight factor ที่ระนาบผนังทิศเหนือ
- ค่า Daylight factor ที่ระนาบผนังทิศใต้

4. วิเคราะห์ผลการทดลองเพื่อประเมินประสิทธิภาพของแสงที่เกิดจากโคมสะท้อนแสงแต่ละรูปแบบ โดยแยกเนื้อหาดังต่อไปนี้

- การประเมินประสิทธิภาพของแสงด้านความส่องสว่างที่ระนาบพื้นส่วนทางเดิน

- การประเมินประสิทธิภาพของแสงด้านรูปแบบการกระจายตัวและระดับความสม่ำเสมอของแสง (Uniformity ratio) ที่ระนาบพื้นส่วนทางเดิน

- การประเมินประสิทธิภาพของแสงด้านความส่องสว่างที่ระนาบผนังส่วนจัดแสดงภาพศิลปะ

- การประเมินประสิทธิภาพของแสงด้านรูปแบบการกระจายตัวและระดับความสม่ำเสมอของแสง (Uniformity ratio) ที่ระนาบผนังส่วนจัดแสดงภาพศิลปะ

5. สรุปผลการวิจัยเพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบและพัฒนารูปลักษณะของโคมสะท้อนแสงธรรมชาติสำหรับห้องแสดงภาพศิลปะในกรุงเทพมหานคร

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เพื่อทราบถึงความแตกต่างของรูปลักษณะของโคมสะท้อนแสงธรรมชาติที่มีผลต่อประสิทธิภาพของแสงภายในห้องแสดงภาพศิลปะในกรุงเทพมหานคร

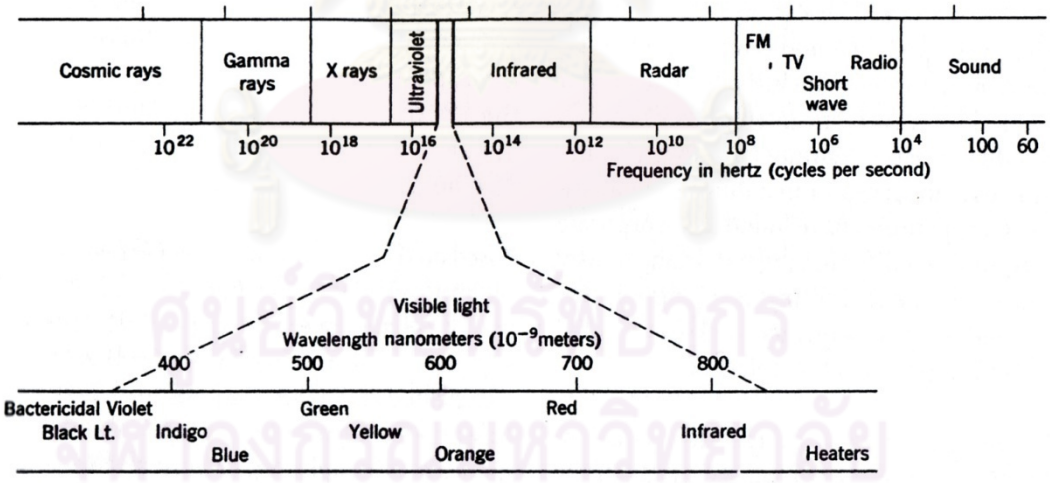
2. เพื่อทราบถึงความแตกต่างของคุณสมบัติทางพื้นผิวของวัสดุโคมสะท้อนแสงธรรมชาติที่มีผลต่อประสิทธิภาพของแสงภายในห้องแสดงภาพศิลปะในกรุงเทพมหานคร

3. เพื่อทราบแนวทางการออกแบบและพัฒนารูปลักษณะของโคมสะท้อนแสงธรรมชาติที่เหมาะสมสำหรับห้องแสดงภาพศิลปะในกรุงเทพมหานคร

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีแสง

แสงเป็นพลังงานรูปแบบหนึ่งที่อยู่ในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า สามารถเคลื่อนที่ได้โดยอาศัยตัวกลางเช่นเดียวกับคลื่นวิทยุ ซึ่งพลังงานที่เคลื่อนที่ได้ในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเช่นนี้ถูกกำหนดชนิดด้วยช่วงความถี่และความยาวคลื่นที่แตกต่างกัน โดยพลังงานแสงสว่างที่ตอบสนองต่อการมองเห็นของมนุษย์ (visible light) นั้นจะอยู่ในช่วงความยาวคลื่นระหว่าง 380-760 นาโนเมตร (nm เท่ากับ10^{-9}m) ประกอบด้วยสเปกตรัม (spectrum) ของสีหลายสี ที่เกิดจากความถี่และความยาวคลื่นของการแผ่รังสีที่แตกต่างกัน ความยาวคลื่นที่สั้นกว่า 380 นาโนเมตรลงไป ได้แก่ รังสีอัลตราไวโอเลต (UV) รังสีเอ็กซ์ (X-rays) และรังสีแกมมา (Gamma rays) ส่วนความยาวคลื่นที่ยาวกว่า 760 นาโนเมตรขึ้นไป ได้แก่ รังสีอินฟราเรด (IR) และคลื่นวิทยุ (Radio) ซึ่งเป็นช่วงความยาวคลื่นที่มนุษย์ไม่สามารถมองเห็นได้นั่นเอง



รูปที่ 2.1 แสดงความถี่และความยาวคลื่นของพลังงานจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและแสงสว่างที่ตอบสนองต่อการมองเห็น

ที่มา : Ander (2002 : 27)

แหล่งกำเนิดแสงแบ่งเป็น 2 ประเภท ดังนี้

- แหล่งกำเนิดแสงทางตรง (direct light source) ได้แก่ แสงจากดวงอาทิตย์ หรือ แสงจากหลอดไฟประดิษฐ์ (primary light source)
- แหล่งกำเนิดแสงทางอ้อม (indirect light source) ได้แก่ แสงที่เกิดจากการสะท้อนหรือการส่องผ่านวัตถุใดๆ โดยที่วัตถุนั้นๆจะทำหน้าที่เป็นเมือนแหล่งกำเนิดแสงอีกตัวหรือเป็นแหล่งกำเนิดแสงที่สอง (secondary light source) ซึ่งทำให้แสงที่ได้มีคุณลักษณะที่ต่างออกไป ซึ่งขึ้นอยู่กับคุณสมบัติและพื้นผิวของวัตถุนั้น

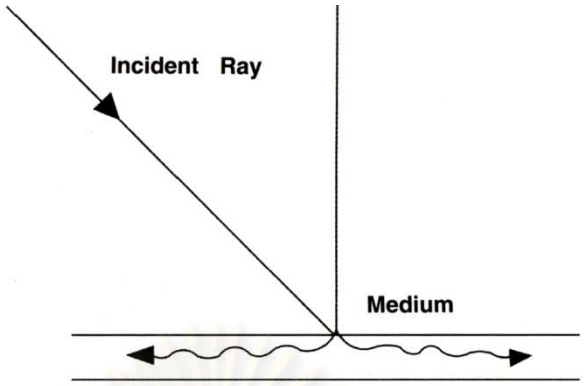
2.2 พฤติกรรมของแสง

แสงเดินทางจากแหล่งกำเนิดเป็นเส้นตรง แต่เมื่อกระทบตัวกลางต่างๆ เช่น อากาศ ของเหลว หรือ วัตถุที่เป็นของแข็ง ลักษณะการคลื่อนตัวของแสงจะเปลี่ยนไป โดยที่แสงจะแสดงพฤติกรรมหลัก 3 ประการ ได้แก่ การดูดกลืน (absorption) การสะท้อน (reflection) และการส่องผ่าน (transmission) การแสดงออกทางพฤติกรรมต่างๆของแสงจะมากน้อยแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับคุณสมบัติและพื้นผิวของตัวกลางนั้นๆ

2.2.1 การดูดกลืน (absorption) เป็นปรากฏการณ์ที่แสงถูกดูดกลืนหายเข้าไปในตัวกลาง ซึ่งทำให้เกิดการเปลี่ยนรูปของพลังงานจากพลังงานแสงเป็นพลังงานความร้อน

สัมประสิทธิ์การดูดกลืนแสงของวัสดุ (Absorptance, α) คืออัตราส่วนของปริมาณแสงที่ดูดกลืนผ่านพื้นผิวเข้าไปในวัตถุ ต่อ ปริมาณแสงที่ตกกระทบบนวัตถุนั้น หรืออัตราส่วนของความส่องสว่างที่ดูดกลืนผ่านพื้นผิวเข้าไปในวัตถุ ต่อ ความส่องสว่างที่ตกกระทบวัตถุนั้น โดยมีค่าระหว่าง 0-1 หรือเทียบค่าเป็นระหว่าง 0-100% ก็ได้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

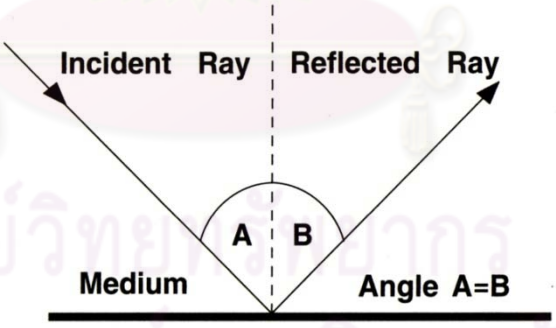


รูปที่ 2.2 แสดงการดูดกลืนของแสงเมื่อตกกระทบตัวกลาง

ที่มา : พรรณชลัท สุริโยธิน (2547 : 4)

2.2.2 การสะท้อน (reflection) เป็นปรากฏการณ์ที่แสงตกกระทบตัวกลางและสะท้อนกลับออกมา โดยที่ความถี่ของคลื่นแสงนั้นไม่เปลี่ยนแปลง ลักษณะการสะท้อนแบ่งเป็น

2.2.2.1 การสะท้อนแบบเสมือนกระจกเงา (specular reflection) เกิดเมื่อแสงตกกระทบบนตัวกลางที่เป็นวัสดุทึบแสง มีลักษณะผิวเรียบเป็นมันวาว (polished surface) มุมตกกระทบของแสงที่กระทำต่อวัตถุ (angle of incident) จะเท่ากับมุมของแสงที่สะท้อนกลับออกมา (angle of reflection)

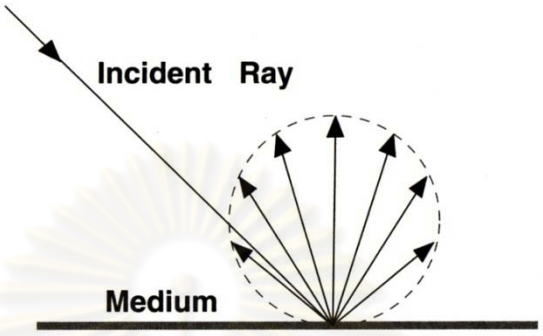


รูปที่ 2.3 แสดงการสะท้อนแบบเสมือนกระจกเงา

ที่มา : พรรณชลัท สุริโยธิน (2547 : 6)

2.2.2.2 การสะท้อนแบบกระจาย (diffuse reflection) เกิดเมื่อแสงกระทบตกกระทบบนตัวกลางที่มีผิวหยาบ แสงที่สะท้อนออกมาจึงมีหลายทิศทาง การสะท้อนลักษณะนี้ ทำให้มุมของแสงสะท้อนที่กระจายออกไปนั้นไม่เท่ากับมุมตกกระทบที่แสงกระทำต่อวัตถุ แบ่งได้เป็น

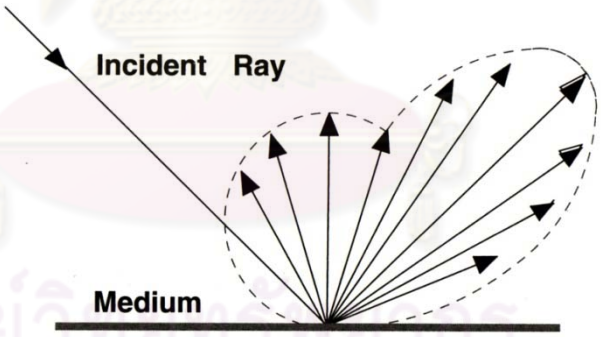
- การสะท้อนแบบกระจายสมบูรณ์ (perfectly diffuse reflection) เกิดขึ้นในกรณีที่ผิววัตถุมีลักษณะหยาบสมบูรณ์ทั่วกันทั้งพื้นผิว (perfectly diffuse surface) เป็นการสะท้อนที่ให้ความสว่างเท่าๆกันในทุกมุมสะท้อน



รูปที่ 2.4 แสดงการสะท้อนแบบกระจายสมบูรณ์

ที่มา : พรรณชลัท สุริโยธิน (2547 : 6)

- การสะท้อนแบบกระจัดกระจาย (semi diffuse reflection) เกิดขึ้นในกรณีที่ผิววัตถุมีลักษณะหยาบ ไม่เรียบอย่างสม่ำเสมอ (semi diffuse surface)



รูปที่ 2.5 แสดงการสะท้อนแบบกระจัดกระจาย

ที่มา : พรรณชลัท สุริโยธิน (2547 : 6)

โดยทั่วไปแสงที่สะท้อนออกมาจากวัตถุมักจะมีลักษณะผสมผสานกัน ระหว่างการสะท้อนแบบเสมือนกระจกเงาและการสะท้อนแบบกระจาย

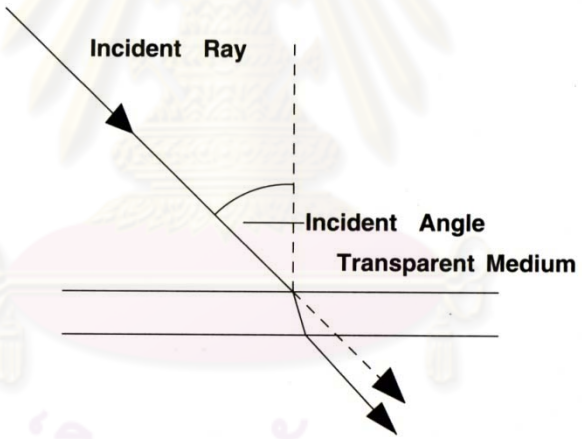
สัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของวัสดุ (Reflectance, ρ) คืออัตราส่วนของปริมาณแสงที่สะท้อนออกมาจากพื้นผิววัตถุ ต่อ ปริมาณแสงที่ตกกระทบบนวัตถุนั้น หรือ อัตราส่วนของ

ความส่องสว่างที่สะท้อนออกมาจากพื้นผิววัตถุ ต่อ ความส่องสว่างที่ตกกระทบวัตถุนั้น โดยมีค่าระหว่าง 0-1 หรือเทียบค่าเป็นระหว่าง 0-100% ก็ได้

2.2.3 การส่องผ่าน (transmission) เป็นปรากฏการณ์ที่แสงตกกระทบด้านหนึ่งแล้วทะลุผ่านไปยังอีกด้านหนึ่งของตัวกลาง หากไม่พิจารณาคุณสมบัติของตัวกลางแล้ว มุมตกกระทบของแสงที่กระทำต่อวัตถุจะเท่ากับมุมของแสงที่ทะลุผ่านวัตถุ และแสงที่ผ่านออกมาจะมีปริมาณเท่าเดิม

การส่องผ่านของแสงสามารถจำแนกได้ตามลักษณะของตัวกลางดังนี้

- ตัวกลางโปร่งใส (transparent medium) แสงที่ส่องผ่านตัวกลางลักษณะนี้จะเกิดการหักเห (refraction) หรือเปลี่ยนทิศทาง (bent) แต่ยังคงลักษณะเดิมตามลักษณะของลำแสงที่ตกกระทบ โดยยังสามารถมองเห็นแหล่งกำเนิดแสงที่อีกด้านหนึ่งของตัวกลางได้อย่างชัดเจน เช่น กระจกใส เป็นต้น

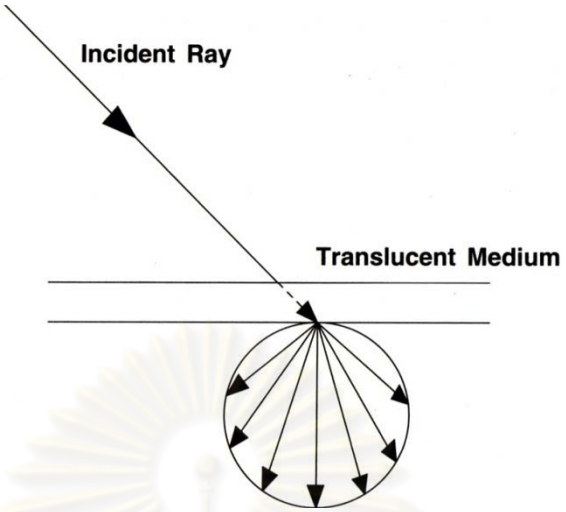


รูปที่ 2.6 แสดงการส่องผ่านของแสงผ่านตัวกลางโปร่งใส

ที่มา : พรรณชลัท สุริโยธิน (2547 : 8)

- ตัวกลางโปร่งแสง (translucent medium) แสงที่ส่องผ่านตัวกลางลักษณะนี้จะเกิดการกระจาย (diffuse transmission) โดยไม่สามารถมองเห็นแหล่งกำเนิดแสงที่อีกด้านหนึ่งของตัวกลางได้อย่างชัดเจน เช่น กระจกฝ้า เป็นต้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 2.7 แสดงการส่องผ่านของแสงผ่านตัวกลางโปร่งแสง

ที่มา : พรรณชลัท สุริโยธิน (2547 : 8)

สัมประสิทธิ์การส่องผ่านแสงของวัสดุ (Transmittance, τ) คืออัตราส่วนของปริมาณแสงที่ส่องทะลุผ่านออกมาจากพื้นผิววัตถุ ต่อ ปริมาณแสงที่ตกกระทบบนวัตถุนั้น หรืออัตราส่วนของความส่องสว่างที่ทะลุผ่านออกมาจากพื้นผิววัตถุ ต่อ ความส่องสว่างที่ตกกระทบวัตถุนั้น โดยมีค่าระหว่าง 0-1 หรือเทียบค่าเป็นระหว่าง 0-100% ก็ได้

อย่างไรก็ตาม เมื่อแสงตกกระทบตัวกลางใดๆ ซึ่งมีคุณสมบัติที่แสงสามารถส่องผ่านได้ แสงส่วนหนึ่งจะถูกดูดกลืน ส่วนหนึ่งจะสะท้อนกลับ และส่วนที่เหลือจะทะลุผ่านตัวกลางนั้น ปริมาณที่แสงตกกระทบตัวกลางจะเท่ากับผลรวมของปริมาณแสงที่ถูกดูดกลืน ปริมาณแสงที่สะท้อนกลับ และปริมาณแสงที่ทะลุผ่านตัวกลางนั้นนั่นเอง โดย สามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

Absorptance (α) + Reflectance (ρ) + (Transmittance, τ) = 1.....(2.1)

2.3 ทฤษฎีความส่องสว่าง

นิยามต่างๆที่เกี่ยวข้องกับแสงสว่างและการส่องสว่าง ได้แก่

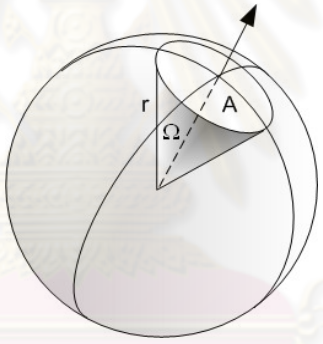
2.3.1 ปริมาณแสง (luminous flux, ϕ) คือ ค่าของแสงทั้งหมดที่เปล่งออกมาจากแหล่งกำเนิด มีหน่วยเป็น ลูเมน (lumen, lm)

2.3.2 ประสิทธิผลของแสง (luminous efficacy, η) คือ อัตราส่วนของปริมาณแสงที่ปล่อยออกมาจากแหล่งกำเนิด (lumen, lm) ต่อพลังงาน (watt, W) ที่ใช้เพื่อให้ได้แสงปริมาณนั้นออกมา มีหน่วยเป็น ลูเมนต่อวัตต์ (lm/W)

$$\eta = \phi / W \quad \text{.....(2.2)}$$

2.3.3 ความเข้มแสง (luminous intensity, I) คือ ค่าของแสงที่ปล่อยออกมาจากแหล่งกำเนิดในทิศทางใดทิศทางหนึ่ง ที่วัดได้ใน solid angle (ω หรือ Ω) ใดๆ ซึ่ง solid angle หมายถึง อัตราส่วนของพื้นที่ผิวทรงกลมที่ครอบคลุมด้วยพื้นที่สมมติรูปทรงกรวย ที่มีส่วนแหลมที่สุดของกรวยอยู่ที่จุดศูนย์กลางของทรงกลมนั้นๆ ต่อรัศมีของทรงกลมนั้นๆยกกำลังสอง มีหน่วยเป็น สเตอเรเดียน (steradian, sr)

$$\omega = A / r^2 \quad \text{.....(2.3)}$$



รูปที่ 2.8 แสดง Solid angle (ω หรือ Ω)

ที่มา : http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Solid_Angle.png, [5/12/2009]

ดังนั้นความเข้มแสงจึงมีหน่วยเป็น ลูเมนต่อสเตอเรเดียน (lm/sr) หรือ แคนเดลา (candela, cd) หรือในอดีตเรียกว่า แรงเทียน (candlepower) นั่นเอง

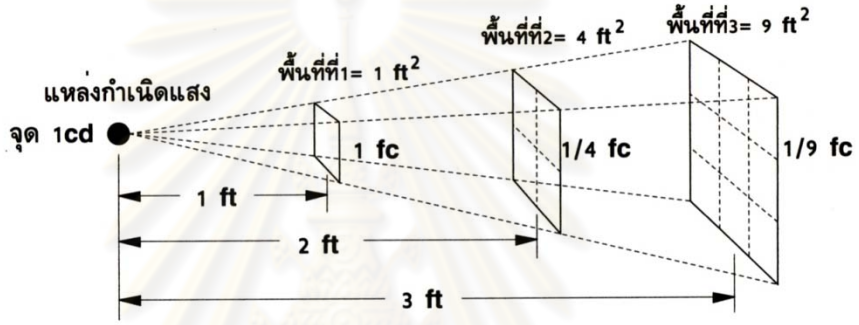
$$I = \phi / \omega \quad \text{.....(2.4)}$$

2.3.4 ความส่องสว่าง (illuminance, E) คือ ปริมาณแสงที่ตกกระทบลงบน 1 หน่วยพื้นที่ใดๆ มีหน่วยเป็นลักซ์ (lux, lx) หรือ ฟุตแคนเดิล (footcandle, fc) โดยที่ 1 fc มีค่าเท่ากับ 10.76 lx

$$E = \phi / A \quad \text{.....(2.5)}$$

ทั้งนี้ยังสามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความส่องสว่างกับระยะทางจากแหล่งกำเนิดถึงพื้นที่รับแสง ได้ตามกฎกำลังสองผกผัน (inverse square law) ซึ่งกล่าวว่า ค่าความส่องสว่างจะแปรผกผันกับกำลังสองของระยะทางระหว่างแหล่งกำเนิดแสงและพื้นที่รับแสง และความสัมพันธ์กับมุมตกกระทบ ตามกฎของแลมเบิร์ต ซึ่งกล่าวว่า ปริมาณแสงที่ตกลงบนพื้นผิวของวัตถุจะแปรผันตามค่า cosine ของมุมกกระทบ (θ) จึงเกิดเป็นสมการในการหาค่าความส่องสว่างได้อีกหนึ่งสมการดังนี้

$$E = I\cos\theta / d^2 \quad \text{.....(2.6)}$$



รูปที่ 2.9 แสดงกฎกำลังสองผกผัน
ที่มา : พรรณชลัท สุริโยธิน (2547 : 18)

2.3.5 ความสว่าง (luminance, L) คือ แสงที่ตกกระทบวัตถุแล้วสะท้อนกลับเข้าสู่ตา ทำให้มองเห็นวัตถุนั้นได้ มีหน่วยเป็น แคนเดลาต่อตารางเมตร (cd/m^2) หรือ ฟุตแลมเบิร์ต (footlambert, FL) ค่าความสว่างขึ้นอยู่กับความเข้มแสง (I) ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง (ρ) หรือค่าสัมประสิทธิ์การส่องผ่านแสงของวัตถุ (τ) และพื้นที่ของวัตถุที่มองเห็น (area viewed) หรือขึ้นกับค่าระดับความส่องสว่างบนวัตถุ (E) และค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง หรือค่าสัมประสิทธิ์การส่องผ่านแสงของวัตถุ ดังสามารถเขียนเป็นสมการต่อไปนี้

$$L = I \times \rho / A = E_{(lx)}\, \rho / \pi \quad \text{cd/m}^2\text{.....(2.7)}$$

$$L = I \times \tau / A = E_{(lx)}\, \tau / \pi \quad \text{cd/m}^2\text{.....(2.8)}$$

$$L = E_{(fc)}\, \rho \quad \text{FL.....(2.9)}$$

$$L = E_{(fc)}\, \tau \quad \text{FL.....(2.10)}$$

ส่วนความสัมพันธ์ระหว่างความสว่างกับพื้นผิวของวัตถุที่เห็น และความเข้มของแสง (I) หาได้จากสมการ

$$I = L \times A\cos\theta \quad \text{.....(2.11)}$$

2.3.6 ความจ้า (Brightness) คือ การตอบสนองด้านความคิด (subjective response) ต่อความสว่างในพื้นภาพที่มองเห็น (field of view) ซึ่งขึ้นกับการปรับสภาพของดวงตาของแต่ละบุคคล โดยการรับรู้ความจ้าของพื้นผิวนั้นเกิดขึ้นได้ต่อเมื่อมีการเปรียบเทียบกับพื้นผิวข้างเคียงที่มีความมืดหรือสว่างกว่านั่นเอง

2.3.7 ความเปรียบต่าง (Contrast) คือ ความสว่างของวัตถุที่พิจารณาเทียบกับความสว่างรอบข้าง ค่าเปรียบต่าง (Contrast ratio) หาได้จากอัตราส่วนความแตกต่างของความสว่างระหว่างวัตถุที่พิจารณา (Lt) กับความสว่างของพื้นหลังหรือพื้นที่รอบข้าง (Lb) ต่อความสว่างของพื้นหลังหรือพื้นที่รอบข้าง (Lb) ซึ่งหากมีค่ามากเกินไปจะส่งผลให้สายตาทำงานหนักและเกิดอาการล้าได้

$$\text{Contrast ratio} = \frac{Lt - Lb}{Lb} \quad \text{.....(2.12)}$$

2.3.8 แสงบาดตา (Glare) คือ แสงที่เข้าตาแล้วทำให้ไม่สามารถมองเห็นหรือมองเห็นวัตถุได้ลำบาก ไม่ว่าจะเป็นแสงที่มองเห็นได้โดยตรง (directed glare) หรือแสงที่มองเห็นจากการสะท้อน (reflected glare) ก็ตาม แบ่งได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่

- แสงบาดตาที่ทำให้ไม่สามารถมองเห็น (disability glare) เกิดจากการมองไปยังพื้นที่ที่สว่างหรือมืดกว่าสภาพแวดล้อมมากๆ จนเกิดความเปรียบต่างสูง ทำให้สูญเสียความสามารถในการมองเห็นไปชั่วขณะ

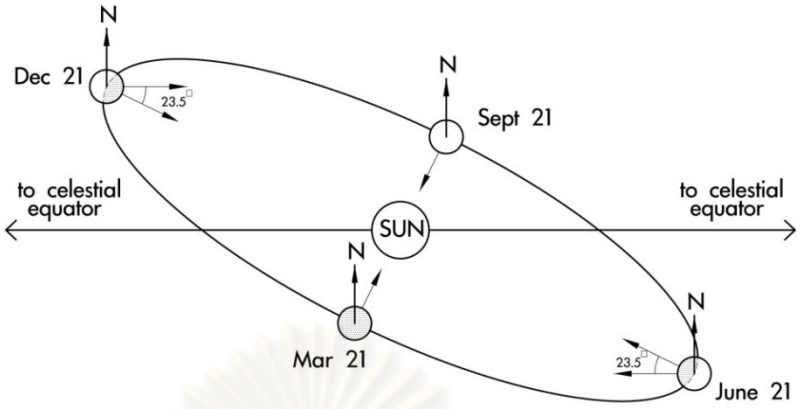
- แสงบาดตาที่ทำให้เกิดความไม่สบายตา (discomfort glare) เป็นแสงที่ทำให้การมองเห็นเป็นไปด้วยความยากลำบาก แต่ไม่ได้ทำให้ไม่สามารถมองเห็นวัตถุได้

2.4 แสงสว่างธรรมชาติ

แสงธรรมชาติเป็นส่วนหนึ่งของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่แผ่ออกมาจากดวงอาทิตย์ ซึ่งเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความยาวคลื่นอยู่ในช่วงที่มนุษย์สามารถมองเห็นได้ ประกอบด้วยองค์ประกอบสำคัญ 2 ส่วน ได้แก่ แสงตรงจากดวงอาทิตย์ (sunlight) และแสงกระจายจากท้องฟ้า (skylight) ซึ่งเกิดจากการกระจาย (scattering) ของแสงตรงจากดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบกับโมเลกุลของก๊าซ ไอน้ำ ฝุ่นละออง และอนุภาคต่างๆในชั้นบรรยากาศ นอกจากองค์ประกอบดังกล่าวแล้ว แหล่งที่มาของแสงธรรมชาติยังเกิดจากการสะท้อนของแสงจากดวงอาทิตย์และแสงจากท้องฟ้าที่ตกกระทบบนพื้นดินและพื้นผิวอื่นๆอีกด้วย ซึ่งคุณลักษณะของแสงธรรมชาติส่วนนี้จะขึ้นอยู่กับลักษณะของพื้นผิวที่แสงตกกระทบและเกิดการสะท้อน เช่น พื้นผิวที่เป็นหิมะ ปริมาณแสงสะท้อนจะมีค่ามากกว่าพื้นผิวที่ดิน ในการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับแสงธรรมชาตินั้น จำเป็นต้องศึกษาองค์ความรู้อื่นๆ เพื่อใช้เป็นพื้นความรู้ประกอบ ดังนี้

2.4.1 การโคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์

โลกโคจรรอบดวงอาทิตย์บนแนวระนาบหนึ่งที่เรียกว่า ระนาบสุริยะวิถี (Ecliptic plane) โดยที่แกนโลกเอียงทำมุม 23 ½ องศากับเส้นตั้งฉากของระนาบสุริยะวิถี ด้วยเหตุนี้จึงทำให้ซีกโลกเหนือและซีกโลกใต้หันเข้าหาดวงอาทิตย์มากน้อยต่างกันในขณะที่โลกโคจรรอบดวงอาทิตย์ เป็นผลทำให้เกิดฤดูกาลต่างๆ ซีกโลกเหนือจะเบนเข้าหาดวงอาทิตย์มากที่สุดในวันที่ 21 มิถุนายน (Summer solstice) ซึ่งถือเป็นฤดูร้อน ช่วงเวลากลางวันจะมีระยะเวลายาวนานที่สุด จากนั้นโลกจะหมุนผ่านวันที่ 21 กันยายน (Autumn equinox) และวันที่ 21 ธันวาคม (Winter solstice) ซึ่งในวันนี้ซีกโลกเหนือจะเบนออกจากดวงอาทิตย์มากที่สุด ถือเป็นฤดูหนาว และเมื่อโลกหมุนผ่านวันที่ 21 มีนาคม (Spring equinox) โลกจะกลับเข้าสู่ฤดูร้อนอีกครั้ง รวมระยะเวลาประมาณ 365 วัน หรือ 1 ปี ทั้งนี้ในวันเวลาสมดุล (Equinox) แกนโลกหรือซีกโลกเหนือและซีกโลกใต้ไม่ได้เบนเข้าหรือออกจากดวงอาทิตย์ ทุกๆตำแหน่งบนโลกจะมีช่วงเวลากลางวันและกลางคืนเป็น 12 ชั่วโมงเท่ากัน



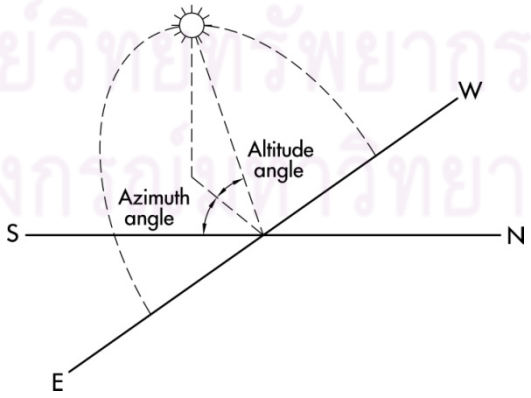
รูปที่ 2.10 แสดงการโคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์

2.4.2 ตำแหน่งของดวงอาทิตย์

คุณลักษณะและปริมาณแสงธรรมชาติที่เกิดจากแสงตรงจากดวงอาทิตย์ จะขึ้นอยู่กับตำแหน่งของดวงอาทิตย์เป็นสำคัญ ซึ่งเราสามารถอ้างอิงตำแหน่งของดวงอาทิตย์จากพื้นโลกได้จาก

2.4.2.1 มุมอัลติจูด (Solar altitude) คือ มุมของดวงอาทิตย์ที่กระทำกับพื้นราบ เป็นมุมในระนาบตั้ง (Vertical angle)

2.4.2.2 มุมอะซิมุท (Solar azimuth) คือ มุมของดวงอาทิตย์ที่วัดจากทิศใต้ในระนาบนอน (Horizontal angle) สำหรับประเทศในซีกโลกเหนือ เช่น ประเทศไทย หรือมุมของดวงอาทิตย์ที่วัดจากทิศเหนือในระนาบนอน (Horizontal angle) สำหรับประเทศในซีกโลกใต้ ซึ่งตอนเช้าจะทำองศาไปทางทิศตะวันออก และตอนบ่ายจะทำองศาไปทางทิศตะวันตก

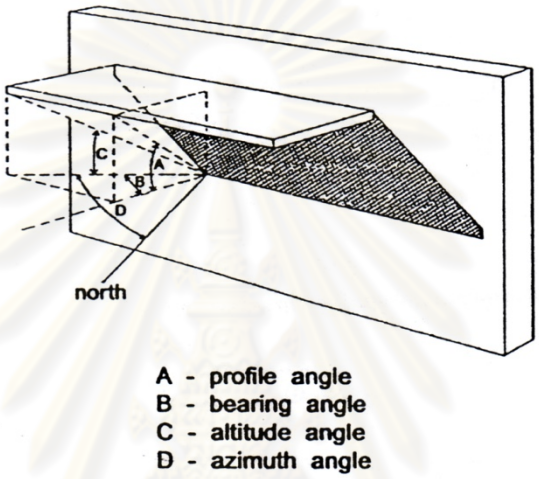


รูปที่ 2.11 แสดงมุมอัลติจูดและมุมอะซิมุท

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.4.2.3 มุมโปรไฟล์ (Profile angle) คือ มุมของระดับดวงอาทิตย์ที่กระทำในระนาบตั้งฉากกับผนังหรืออาคารที่พิจารณา ค่าของมุมโปรไฟล์จะแตกต่างจากมุมอัลติจูด โดยในการออกแบบอาคารนั้น ค่าของมุมโปรไฟล์จะมีความสำคัญมากกว่ามุมอัลติจูด เนื่องจากสามารถนำไปใช้หาความลึกของอุปกรณ์บังแดดแนวนอนได้

2.4.2.4 มุมแบริ่ง (Bearing angle) คือ มุมตามระนาบนอนที่ดวงอาทิตย์กระทำกับผนังหรืออาคารที่พิจารณา



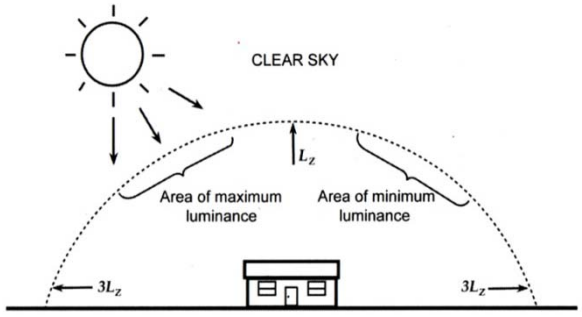
รูปที่ 2.12 แสดงมุมที่เกิดจากการโคจรของดวงอาทิตย์

ที่มา : พรรณชลัท สุริโยธิน (2547 : 18)

2.4.3 ลักษณะของสภาพท้องฟ้า

การกระจายตัวของแสงตรงจากดวงอาทิตย์บนท้องฟ้า ขึ้นอยู่กับปริมาณไอน้ำและสารแขวนลอยต่างๆ ในชั้นบรรยากาศ โดยทั่วไปสามารถแบ่งสภาพท้องฟ้าเพื่อการคาดคะเนปริมาณความสว่างของท้องฟ้าได้เป็น 3 ลักษณะดังนี้

2.4.3.1 ท้องฟ้าโปร่ง (Clear sky) ได้แก่ สภาพท้องฟ้าที่ไม่มีเมฆปกคลุมหรือมีเมฆปกคลุมเป็นส่วนน้อย ประมาณ 0-30 เปอร์เซ็นต์ (ปรีชญา มหัทธนทวี, 2547) ท้องฟ้าลักษณะนี้บริเวณที่อยู่ใกล้ดวงอาทิตย์จะมีค่าความสว่างมากที่สุด และบริเวณที่อยู่ด้านตรงข้ามกับดวงอาทิตย์จะมีค่าความสว่างน้อยที่สุด โดยที่ค่าความสว่างที่ระดับสูงสุด (Zenith luminance) ที่ส่องกระทบพื้นผิวในแนวระนาบ จะมีค่าน้อยกว่าค่าความสว่างในแนวระนาบที่ส่องกระทบพื้นผิวในแนวตั้งประมาณ 3 เท่า



รูปที่ 2.13 แสดงลักษณะท้องฟ้าโปร่ง

ที่มา : ปรีชญา มหัทธนทวี (2547 : 3-4) (ดัดแปลงจาก Stein and Reinolds, 1992)

เนื่องจากความส่องสว่างของท้องฟ้าลักษณะนี้เกิดจาก 2 องค์ประกอบ ได้แก่ แสงกระจายจากท้องฟ้า และแสงตรงจากดวงอาทิตย์ ดังนั้นความส่องสว่างของสภาพท้องฟ้าลักษณะนี้ จึงสามารถหาได้โดยแยกออกเป็น 2 สมการดังนี้

กรณีที่เกิดจากแสงกระจายจากท้องฟ้าอย่างเดียว

$$E_H = 1{,}345 + 14{,}795 \sin A \quad \text{.....(2.13)}$$

และกรณีที่เกิดจากแสงตรงจากดวงอาทิตย์อย่างเดียว

$$\log E_H = 4.466 + 0.31 \log A \quad \text{.....(2.14)}$$

เมื่อ E_H คือ ค่าความส่องสว่างที่ระดับระนาบ มีหน่วยเป็น ลักซ์ (lux)

A คือ มุม Solar altitude มีหน่วยเป็น องศา

2.4.3.2 ท้องฟ้ามีเมฆบางส่วน (Partly cloudy sky) ได้แก่ สภาพท้องฟ้าที่มีเมฆปกคลุมเป็นบางส่วน ประมาณ 40-70 เปอร์เซ็นต์ (ปรีชญา มหัทธนทวี, 2547) การหาค่าความสว่างของท้องฟ้าลักษณะนี้ทำได้ยาก เนื่องจากการแปรปรวนของเมฆเกิดขึ้นตลอดเวลา ค่าความส่องสว่างของท้องฟ้าลักษณะนี้สามารถหาได้จากสมการ

$$E_H = 570 A \quad \text{.....(2.15)}$$

เมื่อ E_H คือ ค่าความส่องสว่างที่ระดับระนาบ มีหน่วยเป็น ลักซ์ (lux)

A คือ มุม Solar altitude มีหน่วยเป็น องศา

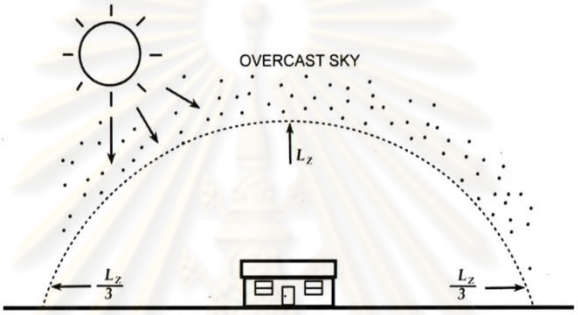
2.4.3.3 ท้องฟ้ามีเมฆมาก หรือที่เรียกว่าฟ้าหลัว (Overcast sky) ได้แก่ สภาพท้องฟ้าที่ปกคลุมไปด้วยเมฆตั้งแต่ 80 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป (ปรีชญา มหัทธนทวี, 2547) จนไม่

สามารถมองเห็นแหล่งกำเนิดแสงหรือดวงอาทิตย์ได้ ค่าความสว่างที่ระดับสูงสุด (Zenith luminance) ที่ส่องกระทบพื้นผิวในแนวระนาบ จะมีมากกว่าค่าความสว่างในแนวระนาบที่ส่องกระทบพื้นผิวในแนวตั้งถึง 3 เท่า ความส่องสว่างของท้องฟ้าลักษณะนี้สามารถหาได้จากสมการ

$$E_H = 300 + 21{,}000 \sin A \quad \text{.....(2.16)}$$

เมื่อ E_H คือ ค่าความส่องสว่างที่ระดับระนาบ มีหน่วยเป็น ลักซ์ (lux)

A คือ มุม Solar altitude มีหน่วยเป็น องศา



รูปที่ 2.14 แสดงลักษณะท้องฟ้ามีเมฆมาก

ที่มา : ปรีชญา มหัทธนทวี (2547 : 3-4) (ดัดแปลงจาก Stein and Reinolds, 1992)

2.5 การนำแสงธรรมชาติมาใช้ในอาคาร

การนำแสงธรรมชาติมาใช้เพื่อให้เกิดความสว่างภายในอาคาร นอกจากเป็นการช่วยลดปริมาณการใช้พลังงานในการใช้แสงประดิษฐ์แล้ว แสงธรรมชาติยังสามารถช่วยส่งเสริมประสิทธิภาพในการรับรู้สีของวัตถุอีกด้วย เนื่องจากแสงธรรมชาติประกอบด้วยสีของสเปกตรัมแสงครบทุกความยาวคลื่น ส่งผลให้สามารถสะท้อนสีของวัตถุนั้นๆออกมาได้อย่างถูกต้อง นอกจากนี้การนำแสงธรรมชาติมาใช้ยังเป็นการเพิ่มคุณภาพของสภาพแวดล้อมภายในอาคาร และเป็นการเพิ่มสภาวะสบายทางสายตา (Visual Comfort) ให้กับผู้ใช้สอยอาคารอีกด้วย

สำหรับประเทศไทย ซึ่งตั้งอยู่บนละติจูดที่ 14 องศาเหนือ ในเขตภูมิอากาศแบบร้อนชื้น มีปริมาณแสงธรรมชาติค่อนข้างสูงตลอดทั้งปี การนำแสงธรรมชาติมาใช้ในอาคารเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพ และไม่ส่งผลกระทบต่อสภาวะสบายทางสายตาของผู้ใช้สอยอาคารนั้น จึงต้องคำนึงถึงปริมาณและคุณลักษณะของแสงที่ผ่านเข้าสู่ภายในอาคารเป็นสำคัญ

การนำแสงธรรมชาติเข้าสู่ภายในอาคารมี 2 วิธีการหลักๆ ได้แก่

1. การนำแสงธรรมชาติเข้าสู่อาคารทางด้านข้าง (Side lighting)
2. การนำแสงธรรมชาติเข้าสู่อาคารทางด้านบน (Top lighting)

ทั้งนี้การเลือกใช้วิธีการที่เหมาะสมในการนำแสงธรรมชาติเข้าสู่ภายในอาคารนั้นขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งานและตำแหน่งของพื้นที่ใช้สอยภายในอาคารเป็นสำคัญ อย่างไรก็ตามการใช้แสงธรรมชาติภายในอาคารยังส่งผลให้ความร้อนเข้าสู่ภายในอาคารด้วยเช่นกัน ดังนั้นการนำแสงธรรมชาติมาใช้ในอาคารสำหรับประเทศเขตร้อนชื้น จึงควรหลีกเลี่ยงแสงตรงจากดวงอาทิตย์ (Direct sunlight) เนื่องจากเป็นแสงที่ให้ค่าความสว่างสูง หากส่องตรงไปยังบริเวณพื้นที่ใช้งานแล้ว อาจก่อให้เกิดความไม่สบายตาได้ อีกทั้งยังเป็นแสงส่วนที่ให้ปริมาณรังสีความร้อนสูงอีกด้วย เนื่องจาก 53% ของปริมาณรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ (Direct solar radiation) เป็นรังสีอินฟราเรด (IR) นั่นเอง ทั้งนี้การให้แสงสว่างจากทางทิศเหนือและทิศใต้นั้น จะไม่ก่อให้เกิดแสงตรงจากดวงอาทิตย์ (Direct sunlight) ตลอดปี ยกเว้นในช่วงเวลาเช้าและเย็นของเดือนในฤดูร้อน สำหรับประเทศในเขตร้อนชื้นเช่นประเทศไทยนั้น พบว่าการเปิดหน้าต่างทางทิศเหนือจะได้รับประสิทธิภาพของแสงสว่างที่มีคุณภาพมากกว่าทางทิศใต้ เนื่องจากแสงสว่างจากทางทิศเหนือมีปริมาณความเข้มแสงที่คงที่และไม่รุนแรงเท่ากับแสงจากทางทิศใต้ (ปัทมาพร ศิริผลวุฒิชัย, 2542)

การพิจารณาระดับความส่องสว่างภายในอาคารที่เกิดจากแสงธรรมชาติ สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 แนวทาง ได้แก่

2.5.1 การพิจารณาจากปริมาณค่าความส่องสว่างรวม (Absolute illuminance) เป็นการพิจารณาระดับความส่องสว่างภายในอาคารที่ตำแหน่งใดๆ ในระดับความสูงที่กำหนดจากระดับพื้นห้องนั้นๆ โดยวัดค่าความส่องสว่างเป็นปริมาณแสงต่อหน่วยพื้นที่ มีหน่วยเป็น ลักซ์ (Lux) หรือ ฟุตแคนเดิล (Footcandle) ซึ่งจะขึ้นอยู่กับเวลา และสภาพท้องฟ้าที่เปลี่ยนไป

2.5.2 การพิจารณาโดยใช้อัตราส่วนของระดับความส่องสว่างภายในต่อระดับความส่องสว่างภายนอกอาคาร (Relative illuminance) ภายใต้สภาพท้องฟ้าแบบมีเมฆมาก (Overcast sky) มีค่าคงที่ไม่เปลี่ยนแปลง วิธีการนี้เรียกว่า Daylight Factor Method เป็นวิธีการที่เหมาะสำหรับการพิจารณาปริมาณความส่องสว่างสำหรับพื้นที่ที่มีขนาดใหญ่ โดยระดับแสงภายในที่เกิดขึ้นจะมีความสัมพันธ์กับตำแหน่งของดวงอาทิตย์ ซึ่งจะเปลี่ยนแปลงไปตามวันและช่วงเวลา

องค์ประกอบหลักที่มีผลต่อแสงสว่างธรรมชาติ 3 องค์ประกอบ ได้แก่

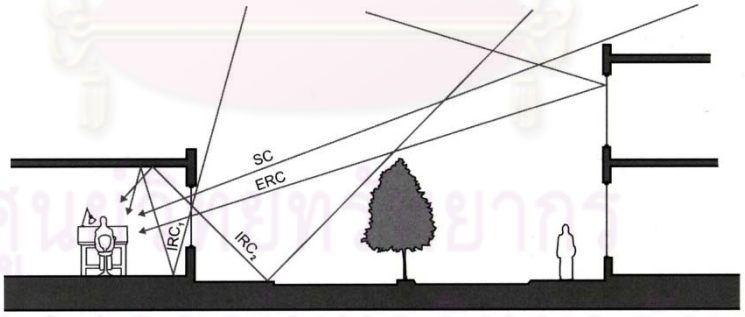
2.5.2.1 องค์ประกอบจากท้องฟ้า (Sky component, SC) ได้แก่ สภาพท้องฟ้าที่แตกต่างกันออกไปในแต่ละเวลา เช่น ท้องฟ้าโปร่ง (Clear sky) หรือท้องฟ้าที่ปกคลุมไปด้วยเมฆจนไม่เห็นดวงอาทิตย์ (Completely overcast sky) ซึ่งมีผลต่อปริมาณแสงที่เกิดขึ้น

2.5.2.2 องค์ประกอบจากการสะท้อนแสงภายนอกอาคาร (Externally reflected component, ERC) ได้แก่ แสงที่เกิดจากการสะท้อนของวัตถุหรืออาคารที่ตั้งอยู่ภายนอก หรือบริเวณข้างเคียง เสมือนเป็นแหล่งกำเนิดแสงอีกหนึ่งตัว ปริมาณแสงดังกล่าวขึ้นอยู่กับทิศทางที่แสงสะท้อน และคุณสมบัติของพื้นผิวที่สะท้อนแสง

2.5.2.3 องค์ประกอบจากการสะท้อนแสงภายในอาคาร (Internally reflected component, IRC) ได้แก่ แสงที่เกิดจากการสะท้อนของวัตถุหรือพื้นผิวภายในอาคาร จากแสงที่มาจากองค์ประกอบท้องฟ้าและองค์ประกอบจากการสะท้อนภายนอกอาคาร ปริมาณแสงดังกล่าวขึ้นอยู่กับทิศทางที่แสงสะท้อน และคุณสมบัติของพื้นผิวที่สะท้อนแสง

สมการค่ามาตรฐานค่า Daylight factor จากองค์ประกอบข้างต้นสามารถเขียนได้ดังนี้

$$DF = SC + ERC + IRC \quad \text{.....(2.17)}$$



รูปที่ 2.15 แสดงองค์ประกอบที่มีผลต่อแสงสว่างธรรมชาติภายในอาคาร

ที่มา : ปรีชญา มหัทธนทวี (2547 : 3-5) (ดัดแปลงจาก Stein and Reinolds, 1992)

กรณีที่ผนังภายในอาคารมีการใช้งานมานาน หรือมีความสกปรก จำเป็นต้องเพิ่มค่าการบำรุงรักษา (Maintenance factor, MF) เข้าไปในสมการดังนี้

$$DF = SC + ERC + (MF(IRC)) \quad \text{.....(2.18)}$$

สำหรับการคำนวณหาค่า Daylight factor นั้นสามารถทำได้โดยการหาอัตราส่วนของค่าความส่องสว่างภายในอาคารในแนวระนาบใดๆ ต่อค่าความส่องสว่างภายนอกอาคาร ในสภาพท้องฟ้าแบบมีเมฆมาก (Overcast sky) ที่ไม่มีสิ่งกีดขวางใดๆ โดยไม่รวมแสงตรงจากดวงอาทิตย์ ค่าที่ได้คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ ดังนี้

$$DF = \frac{\text{ค่าความส่องสว่างภายใน x 100}}{\text{ค่าความส่องสว่างภายนอก}} \quad \text{.....(2.19)}$$

เมื่อ DF คือ ค่า Daylight factor มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ (%)

ถึงแม้ว่าค่า Daylight factor (DF) นั้นจะไม่สามารถบ่งบอกปริมาณความส่องสว่างที่แน่นอนได้ แต่สามารถทำให้ทราบแนวโน้มของค่าความส่องสว่างที่เกิดขึ้นภายในอาคารได้ ทั้งนี้ยังสามารถหาค่า DF โดยประมาณได้จากสมการ

$$DF = 0.1 \times P \quad \text{.....(2.20)}$$

เมื่อ DF คือ ค่า Daylight factor มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ (%)

P คือ สัดส่วนของพื้นที่ช่องแสงต่อพื้นที่ห้อง มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์

สำหรับค่าเฉลี่ยของ DF ซึ่งเป็นค่ากลางของ DF บนระนาบนอนของพื้นที่งาน สามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$\overline{DF} = \frac{M\,W\,\theta\,\tau}{A\,(1-R^2)} \quad \text{.....(2.21)}$$

เมื่อ $\overline{DF}$ คือ ค่าเฉลี่ย Daylight factor มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ (%)

W คือ พื้นที่ช่องแสงกระจก (ไม่รวมบานกรอบ หรือสิ่งกีดขวางอื่น) มีหน่วยเป็น ตร.ม.

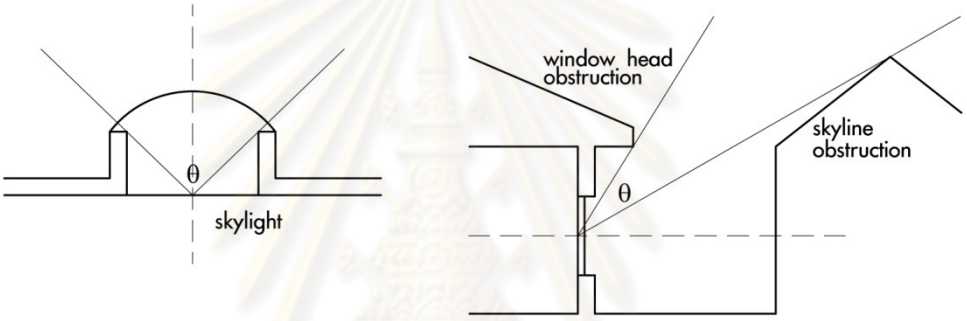
A คือ พื้นที่รวมของพื้นผิวภายในห้องที่พิจารณา (ฝ้าเพดาน ผนังพื้น รวมทั้งช่องแสง) มีหน่วยเป็น ตร.ม.

θ คือ มุมเงยขึ้นเห็นท้องฟ้า จากจุดอ้างอิงที่จุดศูนย์กลางของช่องแสง โดยวัดจากขอบด้านในของผนังหรือเพดานที่มีช่องแสง

τ คือ สัมประสิทธิ์การส่องผ่านแสงของวัสดุที่ใช้เป็นช่องแสง เช่น กระจก

M คือ สัมประสิทธิ์การบำรุงรักษาช่องแสง (จากตาราง 2.1)

R คือ ค่าเฉลี่ยของสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นผิวภายในห้องทั้งหมด



รูปที่ 2.16 แสดงมุมเงยเห็นท้องฟ้า หรือ θ

ตารางที่ 2.1 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การบำรุงรักษาช่องแสง

Angle of glazing	Clean atmosphere	Urban atmosphere	Industrial atmosphere
Verticle	0.9	0.8	0.7
Sloping	0.8	0.7	0.6
Horizontal	0.7	0.6	0.5

ที่มา : พรรณชลัท สุริโยธิน.

2.6 มาตรฐานระดับความส่องสว่าง

เนื่องจากแสงสว่างเป็นสิ่งจำเป็นประการหนึ่งในการทำให้พื้นที่ใช้สอยภายในอาคารสามารถใช้งานได้อย่างสมบูรณ์ การให้แสงสว่างภายในอาคารอย่างเหมาะสมจึงเป็นเรื่องสำคัญอย่างยิ่ง เพราะนอกจากด้านประโยชน์ใช้สอยของพื้นที่แล้ว การให้แสงสว่างที่เหมาะสมยังเป็นการเสริมสร้างความปลอดภัยและส่งเสริมสภาพแวดล้อมที่ดีให้กับผู้ใช้สอยอาคารอีกด้วย ด้วยเหตุนี้จึงได้มีการกำหนดระดับความส่องสว่างไว้เป็นมาตรฐานโดยหน่วยงานต่างๆทั้งภาครัฐและ

เอกชน ทั้งในประเทศและที่เป็นสากล เช่น International Commission on Illumination หรือ CIE เพื่อใช้เป็นเกณฑ์ในการออกแบบแสงสว่างภายในอาคาร และเนื่องจากระดับความส่องสว่างภายในอาคารนั้น จะพิจารณาจากกิจกรรมหรือลักษณะงานที่เกิดขึ้นในแต่ละพื้นที่เป็นสำคัญ ค่าความส่องสว่างที่ถูกกำหนดขึ้น จึงจำแนกออกเป็นบริเวณพื้นที่ตามประเภทของกิจกรรมที่เกิดขึ้น

นอกจากนี้ยังได้มีการกำหนดเกณฑ์ของค่า Daylight factor ที่เหมาะสมในแต่ละพื้นที่ใช้สอยในกรณีที่อาคารมีการใช้แสงธรรมชาติอีกด้วย ดังแสดงในตาราง 2.2

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.2 เปรียบเทียบระดับความส่องสว่างตามข้อกำหนดและมาตรฐานต่าง ๆ

พื้นที่ใช้สอย	ข้อบัญญัติ กทม. เรื่อง ควบคุมอาคาร พศ. 2544 และ กฎกระทรวงฉบับที่ 39 (ก)	ข้อแนะนำ ระดับความส่องสว่าง ภายในอาคาร ของประเทศไทย (ข)	มาตรฐาน CIE (ค)	ค่า Daylight factor (ง)		
				เฉลี่ย	ต่ำสุด	ตำแหน่งวัด
โถงทางเข้า	-	100	100	2	0.6	work plane
ทางเดินในอาคาร	100 อยู่อาศัยรวม	100	100	2	0.6	floor plane
	200 โรงแรม สำนักงาน สถานพยาบาล โรงเรียน โรงงาน					
บริเวณทำงาน ในสำนักงาน	300	300 เก็บเอกสาร ถ่ายเอกสาร ประชาสัมพันธ์	300 เก็บเอกสาร ถ่ายเอกสาร ประชาสัมพันธ์			
		500 เขียน อ่าน พิมพ์ ใช้คอมพิวเตอร์	500 เขียน อ่าน พิมพ์	5	2.5	work plane
		750 เขียนแบบ	750 เขียนแบบ	5	2.5	work plane
ห้องประชุม	300	300	300			
ห้องน้ำ	100 อาคารอยู่อาศัยรวม โรงแรม โรงเรียน สำนักงาน	200	100	1.5	0.5	work plane
	200 โรงมหรสพ สถานพยาบาล สถานีขนส่งมวลชน ห้างสรรพสินค้า ตลาด					
ห้องสมุด	300	200 พื้นที่วางหนังสือ	200 พื้นที่วางหนังสือ	5	1.5	verticle plane
		500 พื้นที่อ่านหนังสือ	500 พื้นที่อ่านหนังสือ	5	1.5	work plane
		เคาน์เตอร์	เคาน์เตอร์	5	2	work plane
โรงเรียน	300	300 พื้นที่การเรียนทั่วไป ห้องทำงาน อาจารย์ พื้นที่ออกกำลังในร่ม ห้องฝึกดนตรี	300 ห้องปฏิบัติการ			
		200 ห้องพักนักเรียนทั่วไป	200 ห้องชมรม			
		500 กระดานดำ ห้องเรียนภาคค่ำ ห้องบรรยาย โต๊ะสาธิตงาน ห้องเรียนศิลปะ ห้องทดลอง ห้องฝึกคอมพิวเตอร์	500 กระดานดำ ห้องเรียน			

หมายเหตุ ค่าตามตารางเป็นค่าความส่องสว่างต่ำสุดที่กำหนด

ที่มา : (ก) ข้อบัญญัติกรุงเทพมหานคร เรื่องควบคุมอาคาร พศ. 2544 และกฎกระทรวงฉบับที่ 39

(ข) สมาคมแสงสว่างแห่งประเทศไทย

(ค) International Commission on Illumination

(ง) BSI Draft for Development p.73, อ้างอิงถึงใน Application Manual window design, pp 31.

2.7 หลักการใช้แสงธรรมชาติภายในพื้นที่แสดงภาพศิลปะ

แนวคิดสำคัญในการให้แสงสว่างภายในพื้นที่แสดงภาพศิลปะนั้น คือการให้แสงสว่างที่เหมาะสมเพื่อดึงดูดความสนใจแก่ผู้เข้าชมโดยที่ปริมาณแสงนั้นไม่สร้างความเสียหายกับพื้นผิวของภาพ ซึ่งอัตราส่วนของปริมาณแสงบริเวณภาพกับพื้นหลังที่เพียงพอสำหรับสร้างความสนใจอยู่ที่ 3:1 อีกทั้งสัดส่วนดังกล่าวยังถือเป็นระดับความแตกต่างของปริมาณแสงที่ไม่ก่อให้เกิดความไม่สบายทางสายตาอีกด้วย ส่วนในกรณีที่ต้องการเน้นให้เด่นเป็นพิเศษจะอยู่ที่ 10:1 โดยที่ผนังควรมีความสว่างกว่าพื้น สำหรับระดับความส่องสว่างที่เหมาะสมสำหรับพื้นที่จัดแสดงงานศิลปะประเภทต่างๆ จะพิจารณาจากความไวของวัตถุจัดแสดงต่อปริมาณแสงที่ส่องกระทบ (เกิดปฏิกิริยาเคมีได้ง่ายเมื่อโดนแสง) เนื่องจากการให้แสงที่มากเกินไปอาจก่อให้เกิดความเสียหายกับวัตถุจัดแสดงได้ เพราะนอกจากพลังงานจากแหล่งกำเนิดแสงไม่ว่าจะเป็นแสงธรรมชาติหรือแสงประดิษฐ์ก็ตาม จะประกอบไปด้วยรังสีต่างๆ ซึ่งอยู่ในช่วงความยาวคลื่นที่สายตามนุษย์ไม่สามารถตอบสนองได้ เช่น รังสีอินฟราเรด (IR) ซึ่งเป็นรังสีความร้อน และรังสีอัลตราไวโอเลต (UV) ด้วยกันทั้งสิ้น โดย รังสี UV นี้เป็นตัวการสำคัญที่ทำให้สีของวัตถุต่างๆซีดจางลงได้ จากทฤษฎีการนำแสงธรรมชาติมาใช้ในพื้นที่จัดแสดงงานศิลปะเบื้องต้น ได้มีการกำหนดเกณฑ์ความส่องสว่างไว้ดังแสดงในตาราง 2.3

ตารางที่ 2.3 แสดงเกณฑ์ความส่องสว่างแยกตามประเภทของวัตถุจัดแสดง

ประเภทของงานศิลปะ	ปริมาณแสงไม่ควรเกิน (fc)	รังสี UV ไม่ควรเกิน (microwatts/lumens)
กลุ่มที่ 1 วัตถุที่ไวต่อแสงเป็นพิเศษ สิ่งทอ สิ่งพิมพ์ ภาพสีน้ำ หนังย้อม ขนสัตว์ ขนนก	5 (50 lx)	75
กลุ่มที่ 2 วัตถุที่ไวต่อแสง ภาพสีน้ำมัน ภาพสีผสม หนังสัตว์ เขาสัตว์ กระดูก เครื่องเขิน	20 (200lx)	75
กลุ่มที่ 3 วัตถุที่ไม่ไวต่อแสง โลหะ หิน แก้ว อัญมณี เซรามิกส์ ภาชนะเคลือบ	30 (300 lx)	75

ที่มา : กุลศรี สุริยเดชสกุล, 2542, อ้างถึงใน Thomson, 1978

สำหรับการนำแสงธรรมชาติมาใช้ในพื้นที่แสดงภาพศิลปะนั้น มีข้อจำกัดเนื่องจากแสงธรรมชาติจะเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่องตลอดทั้งวันและตลอดปี โดยการออกแบบต้องพิจารณาถึงระดับความส่องสว่างสูงสุดที่สามารถยอมรับได้ และใช้แสงประดิษฐ์ช่วยหาก

ปริมาณแสงไม่เพียงพอ ทั้งนี้การพิจารณาใช้อุปกรณ์ที่ช่วยปรับเปลี่ยนปริมาณแสงตลอดจนทิศทางของแสงที่ส่องเข้าสู่ภายในอาคารยังเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่ดี หากมีการเลือกใช้อย่างเหมาะสมอีกด้วย

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การนำแสงธรรมชาติเข้าสู่อาคารโดยเฉพาะการให้แสงจากทางด้านบน (Top lighting) สำหรับประเทศในเขตร้อนชื้น หรือสำหรับอาคารที่ต้องการควบคุมสภาวะสบายทางอุณหภูมิและแสงสว่างนั้น จำเป็นที่จะต้องหลีกเลี่ยงแสงตรงจากดวงอาทิตย์ (Direct sunlight) เนื่องจากเป็นแสงส่วนที่มีปริมาณความสว่าง และความร้อนสูง ดังนั้นการออกแบบช่องแสงด้านบนหรือองค์ประกอบอาคารที่ช่วยปิดกั้นหรือควบคุมแสงตรงจากดวงอาทิตย์จึงเป็นสิ่งจำเป็น ดังเห็นได้จากตัวอย่างงานวิจัยต่อไปนี้

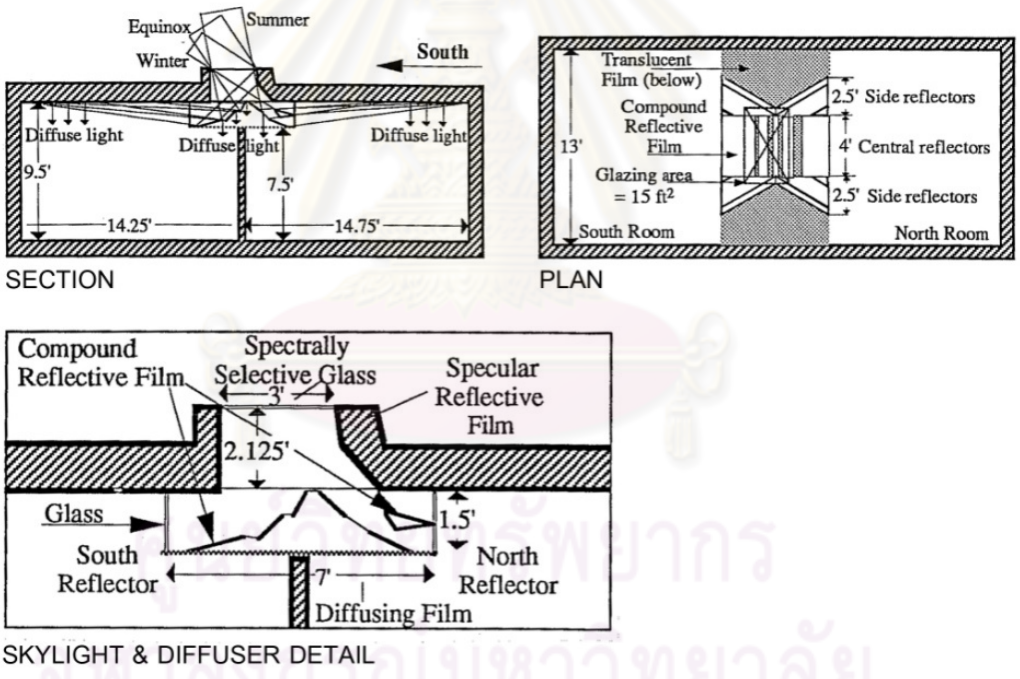
2.8.1 ตัวอย่างงานวิจัยที่ 1 “The design and evaluation of three advanced daylighting systems : Light shelves, light pipes and skylights” โดย Beltran และคณะ (1994)

งานวิจัยชิ้นนี้เป็นงานวิจัยเชิงทดลองที่ทำการศึกษาเกี่ยวกับอุปกรณ์ในการนำแสงธรรมชาติเข้าสู่อาคาร 3 รูปแบบ ที่สามารถช่วยลดปริมาณแสงที่เกินความจำเป็น และช่วยให้แสงที่ได้มีความสม่ำเสมอมากขึ้น ตลอดจนลดปริมาณความร้อนที่เข้าสู่ตัวอาคาร ได้แก่ หิ้งสะท้อนแสง ท่อนำแสงแนวนอน และช่องแสงด้านบน สำหรับการทดลองในส่วนของช่องแสงด้านบน เป็นการศึกษาต้นแบบของช่องแสงด้านบนโดยให้มีขนาดเล็กที่สุดซึ่งใช้งานร่วมกับองค์ประกอบที่ช่วยกระจายแสงเข้าสู่พื้นที่ภายใน เรียกว่า โคมสะท้อนแสง (reflector) พื้นที่ทดลองเป็นสำนักงานชั้นเดียวที่ไม่มีหน้าต่าง ขนาดกว้าง 3.60 ม.ลึก 4.60 ม.สูง 2.90 ม.ตั้งอยู่ในโครงการ Palm Springs Chamber of Commerce รัฐแคลิฟอร์เนีย ประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งมีอากาศร้อนและมีปริมาณแสงอาทิตย์สูง ทำการทดลองโดยใช้หุ่นจำลองมาตราส่วน 1:6 ซึ่งมีค่าการสะท้อนแสงของเพดานเท่ากับ 0.76 ผนังเท่ากับ 0.44 และพื้นเท่ากับ 0.21

พื้นที่ทดลองถูกแบ่งเป็น 2 ห้องเท่าๆกัน เพื่อแบ่งแสงที่ส่องเข้าสู่อาคารออกเป็น 2 ส่วน โดยรูปแบบของช่องแสงตรงกลางถูกพัฒนาจากต้นแบบของหิ้งสะท้อนแสงและช่องรับแสงของท่อนำแสงแนวนอนในงานวิจัยเดียวกัน ด้านล่างทำการติดตั้งโคมสะท้อนแสงในตำแหน่งกลางและด้านข้างทั้ง 2 ด้าน โดยที่โคมสะท้อนแสงตรงกลางมีรูปลักษณะและฟิล์มกรองแสง (optical film) คล้ายกับตัวสะท้อนแสงภายในหิ้งสะท้อนแสง ทำการวัดระดับความส่องสว่างภายในแต่ละพื้นที่ที่ถูกแบ่งออก ในตำแหน่ง work plane ทั้งสิ้น 16 ตำแหน่ง และประเมินประสิทธิภาพแสง

ภายในที่ได้ บนที่ตั้งละติจูด 34 องศาเหนือ เวลา 9.00 น. 12.00 น. และ 15.00 น.ของวันที่ 21 มิถุนายน 21 ธันวาคม (the winter and summer solstice) 21 มีนาคม และ 21 กันยายน (the equinox) ทั้งหมดเป็นการทดลองภายใต้สภาพแวดล้อมจริง

ผลงานวิจัยสรุปว่า ชุดการทดลองต้นแบบดังกล่าวสามารถช่วยกระจายแสงเข้าสู่พื้นที่ภายในได้ทั่วถึงมากกว่าชุดการทดลอง base case ทั้งที่เพดานและที่พื้น อีกทั้งยังสามารถลดค่า contrast gradient จากค่า contrast gradient ของชุดการทดลอง base case ลงได้ถึง 9 เท่าตลอดทั้งปี และ 5 เท่าระหว่างช่วงเวลาเที่ยงวันในฤดูร้อน (summer noon hours) ในขณะที่ระดับความส่องสว่างที่ด้านในของพื้นที่ทดลองในชุดการทดลองต้นแบบสูงกว่าค่าระดับความส่องสว่างของชุดการทดลอง base case นอกจากนี้ยังตั้งข้อสันนิษฐานว่ารูปแบบช่องแสงและโคมสะท้อนแสงดังกล่าวสามารถช่วยกระจายแสงเข้าสู่พื้นที่ที่มีความลึกมากกว่าความลึกของพื้นที่ทดลองในงานวิจัยอีกด้วย



รูปที่ 2.17 แสดงชุดการทดลองต้นแบบที่ใช้ในงานวิจัย

ที่มา : Beltran and others (1994 : 3)

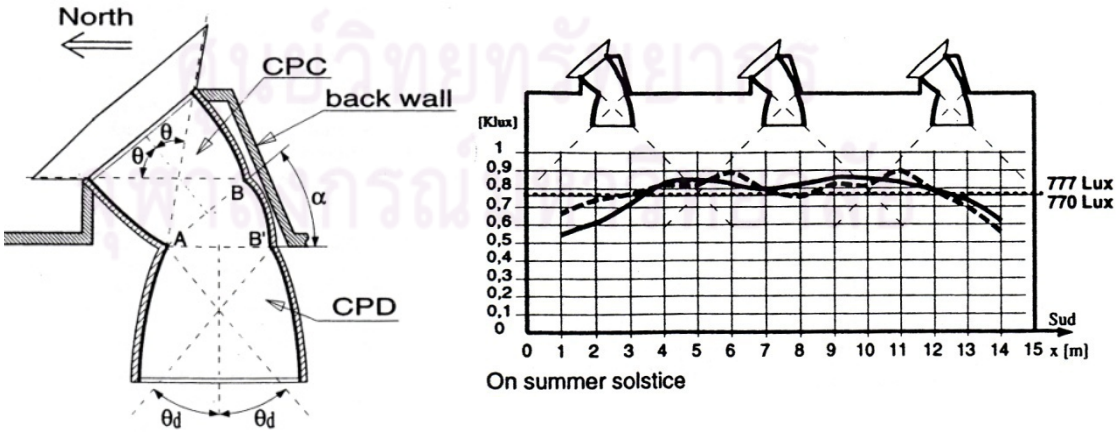
2.8.2 ตัวอย่างงานวิจัยที่ 2 “Anidolic zenithal openings: Daylighting and shading” โดย Courret Paule และ Scartezzini (1995)

งานวิจัยชิ้นนี้ เป็นการศึกษาประสิทธิภาพของแสงที่ได้จากการใช้ช่องแสงบนหลังคาแบบ Anidolic zenithal openings (AZOs) ที่ถือเป็นรูปแบบช่องแสงบนหลังคาที่ถูก

ออกแบบมาเพื่อหลีกเลี่ยงรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ และช่วยลดระดับความร้อนที่เข้าสู่อาคาร ทำการจำลองประสิทธิภาพของแสงด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ภายในพื้นที่ที่มีขนาดยาว 15.00 ม. กว้าง 10.00 ม.และสูง 7.00 ม.ค่าการสะท้อนแสงที่พื้น ผนัง และเพดาน เท่ากับ 0.30 0.50 และ 0.70 ตามลำดับ วางตัวตามแนวทิศเหนือ-ใต้ ที่ละติจูด 47 องศา ค่าการสะท้อนแสงของพื้นภายนอกเท่ากับ 0.20 กำหนดให้ช่องแสงมีขนาด 20% ของพื้นที่

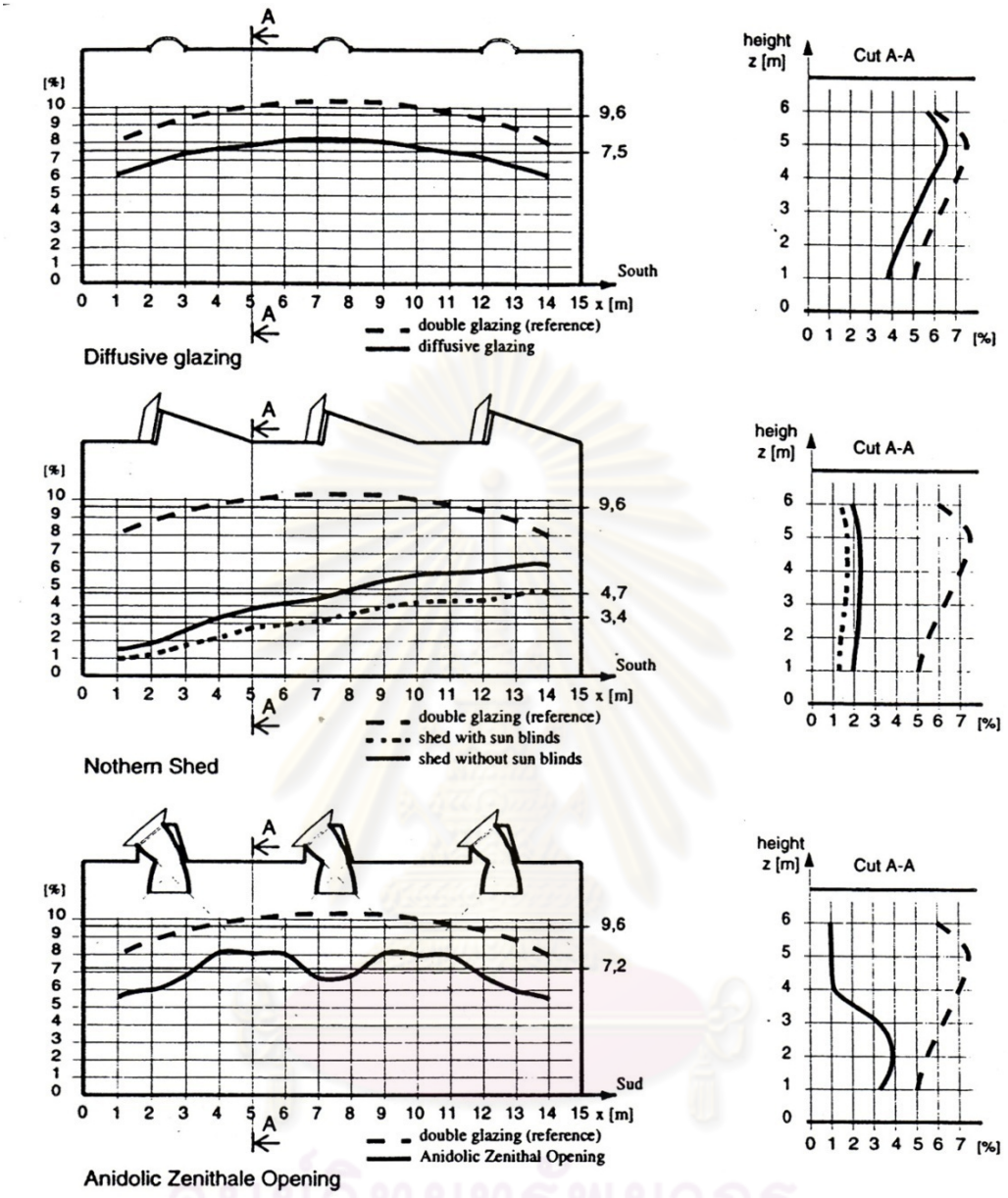
ผลการจำลองประสิทธิภาพแสงในสภาพท้องฟ้าโปร่ง (clear sky) พบว่า ระดับความส่องสว่างในระนาบนอนอยู่ระหว่าง 400-800 ลักซ์ ในช่วง summer solstice ปริมาณความส่องสว่างภายในมีค่าค่อนข้างสูง (770 ลักซ์) และจะเพิ่มขึ้นเล็กน้อย (777 ลักซ์) ในช่วงที่ดวงอาทิตย์อยู่ในตำแหน่งต่ำ ในช่วง winter solstice ปริมาณความส่องสว่างภายในอยู่ที่ 450 ลักซ์ ส่วนในช่วง equinox ปริมาณความส่องสว่างภายในอยู่ที่ 390 ลักซ์

การจำลองประสิทธิภาพแสงในสภาพท้องฟ้ามีเมฆมาก (overcast sky) ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแสงที่ได้จากช่องแสง AZOs กับที่ได้จากช่องแสงแบบราบ (horizontal aperture) และช่องแสงแบบลาดเอียง (sheds) สรุปผลได้ว่า ช่องแสง AZOs ให้ประสิทธิภาพของแสงใกล้เคียงกับช่องแสงแบบราบ โดยมีระดับความส่องสว่างเทียบเท่ากับระดับความส่องสว่างที่ได้จากช่องแสงแบบราบ ที่ปิดด้วยแผ่นกระจกกระจายแสง (diffusive glazing) ซึ่งมีค่าการส่องผ่านแสง (Transmittance) เท่ากับ 58% และเมื่อเปรียบเทียบกับช่องแสงแบบ sheds ซึ่งช่วยลดปริมาณความร้อนที่เข้าสู่ตัวอาคารได้เหมือนกัน ช่องแสงแบบ AZOs ให้ระดับความส่องสว่างในระนาบนอนสูงกว่า 2.1 เท่า และระดับความส่องสว่างในระนาบตั้งสูงกว่า 3 เท่า จากระดับพื้นจนถึงที่ความสูง 3.00 ม.



รูปที่ 2.18 แสดงรูปแบบช่องแสงหลังคาแบบ Anidolic zenithal openings

ที่มา : Courret Paule และ Scartezzini (1995)



รูปที่ 2.19 แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแสงที่ได้จากช่องแสงแต่ละแบบ
ที่มา : Courret Paule และ Scartezzini (1995)

2.8.3 ตัวอย่างงานวิจัยที่ 3 “เทคนิคการใช้แสงธรรมชาติผ่านแผงควบคุมช่องเปิดด้านบน” โดย ปัทมาพร ศิริผลวุฒิชัย (2542)

งานวิจัยชิ้นนี้เป็นงานวิจัยเชิงทดลอง ซึ่งทำการศึกษาพฤติกรรมของแสงธรรมชาติที่เข้าสู่อาคารผ่านช่องเปิดหลังคาด้านบน โดยทำการศึกษาตัวแปร 4 ตัวแปร ได้แก่

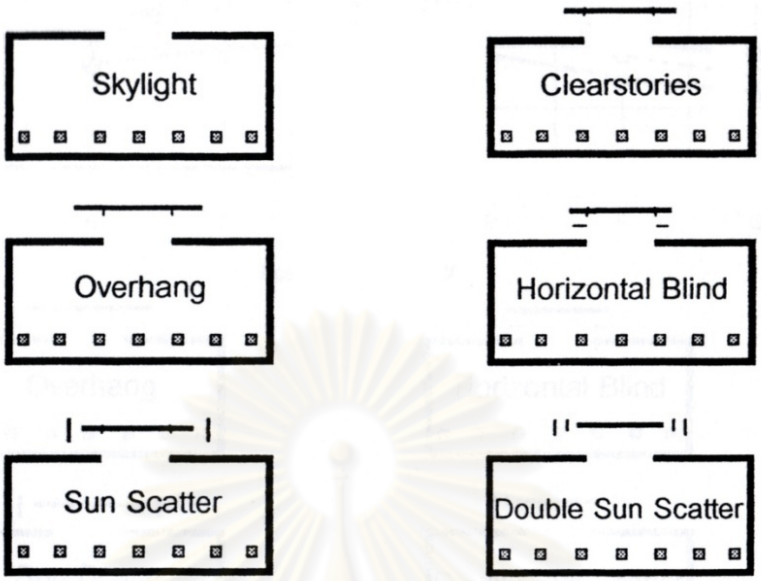
- รูปแบบแผงควบคุมช่องเปิดด้านบน (fenestration controls) 6 รูปแบบ โดยกำหนดรูปแบบและขนาดจากมุมโปรไฟล์

- ขนาดพื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่ใช้งาน 4% 8% และ 12% ตามลำดับ
- ค่าการสะท้อนแสงของวัสดุภายนอก (หลังคา) ที่ 10% 40% 60% และ 75% ตามลำดับ
- ค่าการสะท้อนแสงของวัสดุภายใน (ผนังและเพดาน) ที่ 10% 40% 60% และ 75% ตามลำดับ

ทำการทดลองโดยใช้หุ่นจำลอง จำลองพื้นที่ทดลองขนาดกว้าง 7.00 ม. ยาว 7.00 ม. สูง 3.50 ม. วัดระดับความส่องสว่างของแสงที่เป็นแสงกระจาย (diffuse light) ภายในที่ตำแหน่ง work plane ทั้งสิ้น 49 ตำแหน่ง ภายใต้สภาพท้องฟ้าแบบ uniform sky ภายในท้องฟ้าจำลอง (sky dome) และภายใต้สภาพท้องฟ้าจริงแบบ clear sky และแบบ partly cloudy sky ภายในเดือนสิงหาคม-ตุลาคม ในเวลา 12.00 น. 14.00 น. และ 16.00 น.

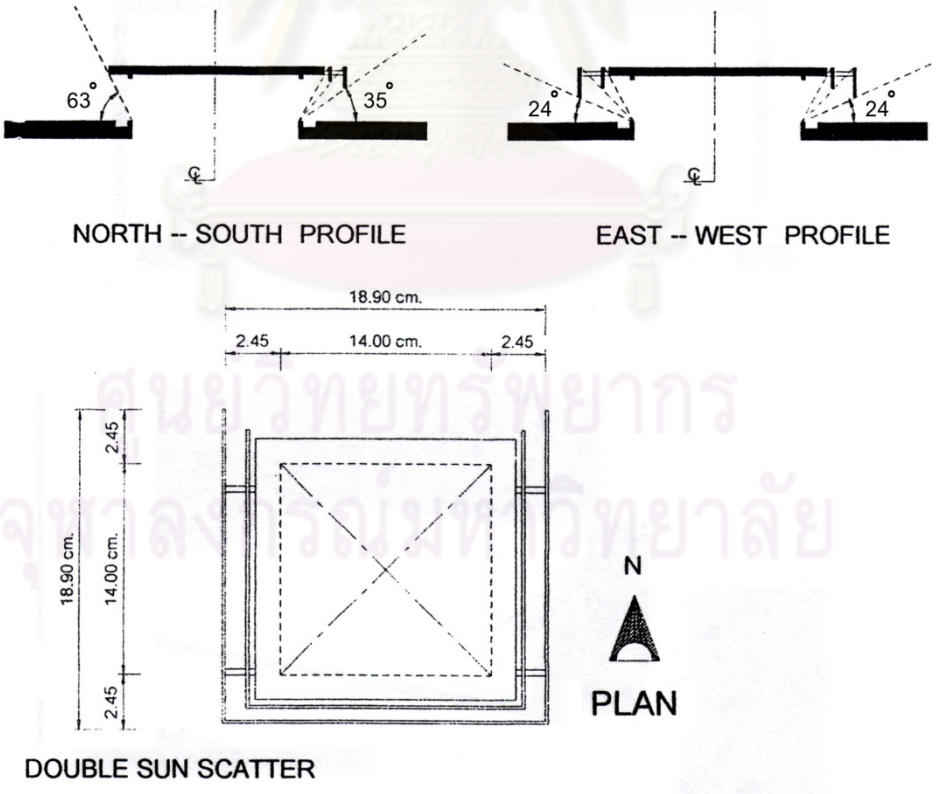
ผลงานวิจัยสรุปว่า รูปแบบช่องเปิดด้านบนที่มีการใช้แผงควบคุมสามารถลดความแปรปรวนของปริมาณแสงภายในอันเนื่องมาจากอิทธิพลของสภาพท้องฟ้าได้มากกว่าช่องเปิดด้านบนที่ไม่มีแผงควบคุมถึง 3 เท่า เมื่อไม่มีอิทธิพลของแสงตรงจากดวงอาทิตย์พบว่าปริมาณความส่องสว่างภายในขึ้นอยู่กับสัดส่วนของพื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่ใช้งาน ค่าการสะท้อนแสงของหลังคา และลักษณะของแผงควบคุม โดยขนาดพื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่ใช้งานที่เหมาะสมที่สุดอยู่ที่ 1:25 หรือ 4% ส่วนรูปแบบช่องเปิดด้านบนที่ให้ความสม่ำเสมอของแสงภายใน และมีสัดส่วนของปริมาณความส่องสว่างภายในต่อภายนอกสูงสุด ได้แก่ รูปแบบช่องเปิดด้านบนที่มีแผงควบคุมแสงตรงจากดวงอาทิตย์ในแนวตั้งแบบ Double sun scatter ที่มีค่าการสะท้อนแสงของหลังคา 75%

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



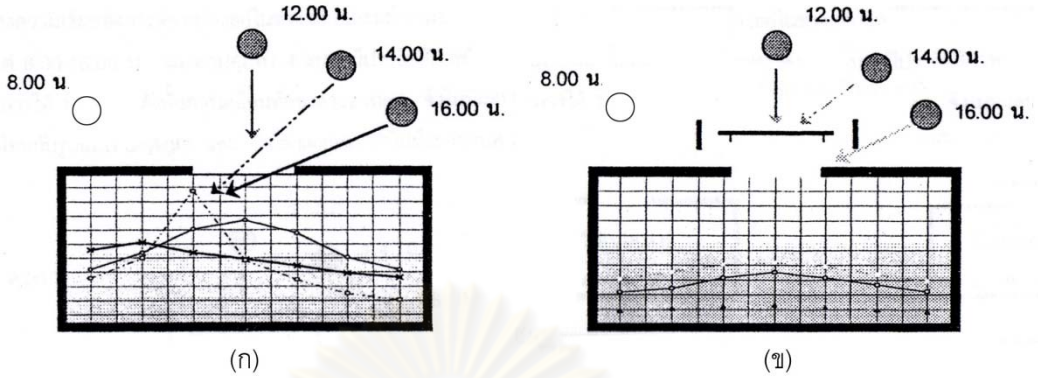
รูปที่ 2.20 แสดงรูปแบบช่องเปิดด้านบนและแผงควบคุมที่ใช้ในงานวิจัย

ที่มา : ปัทมาพร ศิริผลวุติชัย (2542 : 130)



รูปที่ 2.21 แสดงรูปแบบช่องเปิดด้านบนและแผงควบคุมแบบ Double sun scatter

ที่มา : ปัทมาพร ศิริผลวุติชัย (2542 : 80)



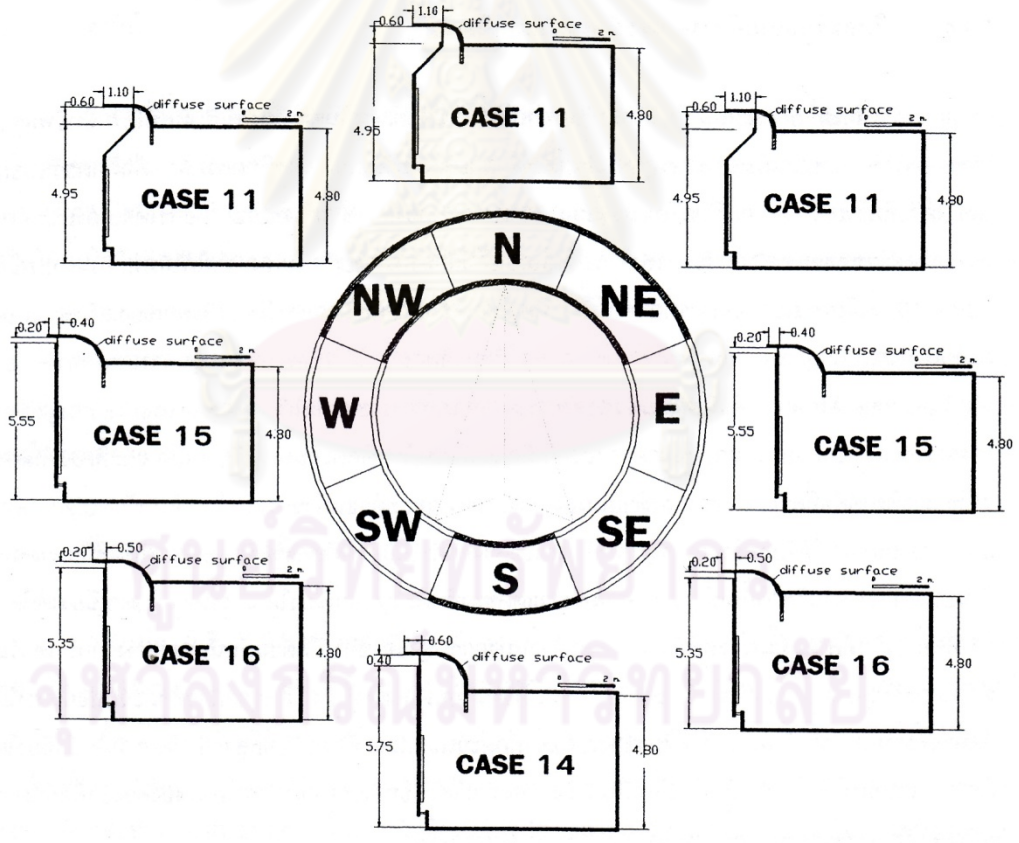
รูปที่ 2.22 เปรียบเทียบความสม่ำเสมอของแสงที่ได้จากช่องเปิดด้านบน
แบบไม่มีแผงควบคุม (ก) และแบบมีแผงควบคุม (ข)
ที่มา : ปัทมาพร ศิริผลวุติชัย (2542 : 128)

2.8.4 ตัวอย่างงานวิจัยที่ 4 “เทคนิคการใช้แสงธรรมชาติ อาคารพิพิธภัณฑ์แสดงภาพเขียนเขตร้อนชื้น” โดย กุลศรี สุริยเดชสกุล (2542)

งานวิจัยชิ้นนี้เป็นงานวิจัยเชิงทดลอง ซึ่งทำการศึกษาตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อการใช้แสงธรรมชาติ ตลอดจนศึกษาหาเทคนิคในการใช้แสงธรรมชาติในอาคารพิพิธภัณฑ์ภาพเขียนเขตร้อนชื้น ทั้ง 8 ทิศ โดยแบ่งพื้นที่กรณีศึกษาออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มกรณีศึกษาพื้นที่ที่ตั้งอยู่ชั้นบนของอาคาร และกลุ่มกรณีศึกษาพื้นที่ที่ตั้งอยู่ชั้นกลางและชั้นล่างของอาคาร รวมทั้งสิ้น 13 ชุดกรณีศึกษา โดยแต่ละกรณีศึกษามีขนาดพื้นที่ทดลองกว้าง 7.00 ม. ยาว 9.00 ม.เท่ากัน แตกต่างกันในส่วนของเทคนิคการนำแสงเข้าสู่พื้นที่ภายใน ซึ่งถูกออกแบบและพัฒนาจากการศึกษาอาคารตัวอย่างจริง ทำการทดลองโดยใช้หุ่นจำลองมาตราส่วน 1:20 วัดระดับความส่องสว่างของแสงที่เป็นแสงกระจายภายในที่ระนาบพื้น 7 ตำแหน่ง และที่ระนาบผนัง 6 ตำแหน่ง ภายใต้สภาพท้องฟ้าจริงทั้งแบบ clear sky แบบ partly cloudy sky และแบบ overcast sky ในเวลา 8.00 น. 12.00 น. และ 16.00 น. การประเมินประสิทธิภาพแสงใช้ระดับความส่องสว่างเฉลี่ยที่ระนาบผนังและระนาบพื้นระหว่าง 67-200 ลักซ์ (DF เท่ากับ 0.43-1.30%) และ 100 ลักซ์ ตามลำดับ โดยพิจารณาจากระดับความส่องสว่างภายนอกที่ 15,000 ลักซ์

ผลการวิจัยสามารถสรุปรูปแบบกรณีศึกษาได้เป็น 3 กลุ่มตามอิทธิพลการโคจรของดวงอาทิตย์ กลุ่มที่ 1 ซึ่งเป็นกลุ่มที่ไม่ได้รับอิทธิพลของแสงจากดวงอาทิตย์โดยตรง ได้แก่ ทิศเหนือ ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ และทิศตะวันออกเฉียงเหนือ เทคนิคการนำแสงธรรมชาติเข้าสู่พื้นที่ภายใน คือ การออกแบบให้มีขอบสะท้อนแสงภายนอก กลุ่มที่ 2 เป็นกลุ่มที่ได้รับอิทธิพลจากดวง

อาทิตย์ตลอดทั้งวัน ได้แก่ ทิศใต้ และกลุ่มที่ 3 เป็นกลุ่มที่ได้รับอิทธิพลจากดวงอาทิตย์ต่างกันในช่วงเช้าและช่วงบ่าย โดยมีความปรวนแปรของระดับความส่องสว่างคิดเป็น 1 % ดังนั้นเทคนิคการนำแสงธรรมชาติเข้าสู่พื้นที่ภายใน คือ การออกแบบโดยไม่ต้องมีขอบสะท้อนแสงภายนอก และเนื่องจากการที่ได้รับอิทธิพลจากดวงอาทิตย์ต่างกัน จึงส่งผลให้ช่องเปิดของกรณีศึกษาทั้ง 3 กลุ่มมีขนาดที่ต่างกัน โดยมีขนาดช่องเปิดอยู่ที่ 8-25% ของขนาดภาพจัดแสดง นอกจากนี้ผู้วิจัยยังได้นำเสนอแนวทางในการนำรูปแบบที่ได้ไปประยุกต์ใช้สำหรับพิพิธภัณฑ์ภาพเขียนที่ต้องการจัดแสดงภาพทั้ง 8 ทิศ โดยการหาองค์ประกอบร่วมที่เหมือนกันสำหรับการใช้งานในแต่ละทิศ เพื่อให้ได้มาซึ่งเทคนิคการนำแสงเข้าสู่อาคารที่เหมาะสมสำหรับการใช้งานในทุกทิศทาง และใช้วิธีการปรับเปลี่ยนค่าการส่องผ่านของกระจกสำหรับปริมาณแสงภายในที่แตกต่างกัน



รูปที่ 2.23 แสดงเทคนิคที่เหมาะสมในการนำแสงเข้าสู่อาคารพิพิธภัณฑ์ภาพเขียนในแต่ละทิศ
ที่มา : กุลศรี สุริยเดชสกุล (2542 : 250)

2.9 การใช้โคมสะท้อนแสงธรรมชาติร่วมกับการให้แสงธรรมชาติภายในอาคารผ่านช่องเปิดด้านบน

การนำแสงธรรมชาติมาใช้ในอาคารผ่านช่องเปิดด้านบน (Top lighting) ซึ่งมีแนวคิดที่ต้องการปิดกั้นแสงส่วนที่เป็นแสงตรงจากดวงอาทิตย์ (Direct sunlight) และเพื่อปรับปรุงคุณภาพของแสงภายใน ได้สะท้อนให้เห็นจากองค์ประกอบอาคารรูปแบบต่างๆ ที่ถูกออกแบบเพื่อทำหน้าที่เป็นโคมสะท้อนแสงธรรมชาติ (Top lighting reflector) สำหรับอาคารที่มีการใช้แสงธรรมชาติผ่านช่องเปิดด้านบน ซึ่งถูกก่อสร้างและมีการใช้งานจริง โดยนอกจากการใช้โคมสะท้อนแสงธรรมชาติจะเป็นเทคนิคหนึ่งที่สามารถแก้ปัญหาด้านคุณลักษณะของแสงที่เข้าสู่อาคารผ่านช่องเปิดด้านบนได้เป็นอย่างดีทั้งในด้านปริมาณและด้านคุณภาพแล้ว โคมสะท้อนแสงดังกล่าวยังเป็นองค์ประกอบอาคารที่สามารถตอบสนองความต้องการด้านสุนทรีภาพได้เป็นอย่างดีอีกด้วย โดยในปี 1972 Louis I kahn ได้ออกแบบโคมสะท้อนแสงธรรมชาติใน Kimbell Art Museum ที่เมืองฟอร์ทเวอร์ท รัฐเท็กซัส ประเทศสหรัฐอเมริกา เป็นครั้งแรก ซึ่งต่อมาภายหลัง Louis I kahn ได้ใช้รูปแบบของโคมดังกล่าวอีกครั้งในอาคาร Wolfson Center for Mechanical Engineering, University of Tel Aviv (1977) ประเทศอิสราเอล โดยปรับเปลี่ยนเพียงวัสดุที่ใช้ในการกระจายแสงจากแผ่นอลูมิเนียมเจาะรูที่ใช้กับ Kimbell Art Museum เป็นเกล็ดอลูมิเนียมเท่านั้น

(ก) (ข)

รูปที่ 2.24 ทัศนียภาพภายใน Kimbell Art Museum และรูปแบบโคมสะท้อนแสงธรรมชาติภายใน Wolfson Center for Mechanical Engineering

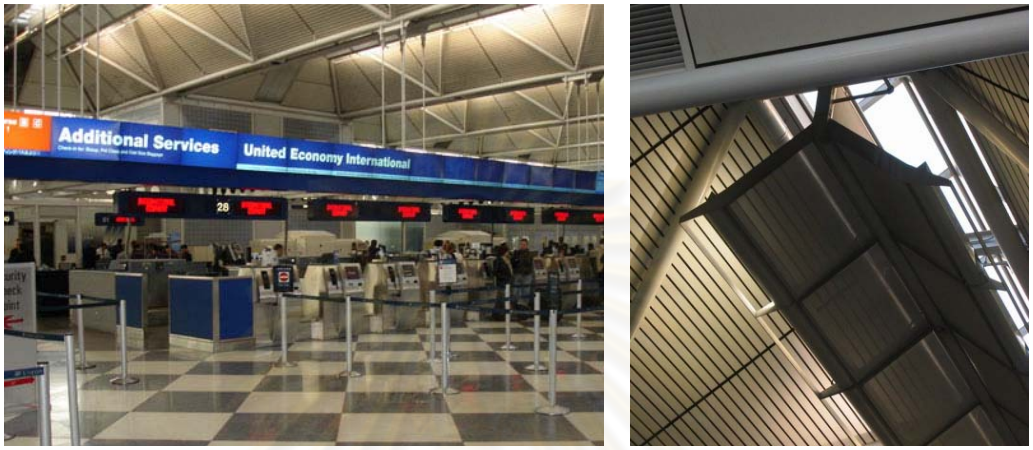
ที่มา (ก) http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Kimbell_Art_Museum_interior.jpg, [5/12/2009]

นอกจากนี้ยังมีอาคารประเภทพิพิธภัณฑ์อีกจำนวนหนึ่งที่ใช้แนวทางการออกแบบลักษณะนี้ กล่าวคือการใช้โคมสะท้อนแสงช่วยในการปรับลักษณะของแสงธรรมชาติที่ได้ให้มีความนุ่มนวลมากขึ้น ตัวอย่างเช่น Clore Gallery, Tate Britain (1985) ในลอนดอนประเทศอังกฤษ ออกแบบโดย James Stirling, Micheal Wilford & Associates Ltd. และ De Menil Museum (1986) เมืองฮูสตัน รัฐเท็กซัส ประเทศสหรัฐอเมริกา ออกแบบโดย Renzo Piano ซึ่งสำหรับรูปแบบของโคมสะท้อนแสงธรรมชาติที่ Renzo Piano ออกแบบให้กับ De Menil Museum นั้นถือได้ว่าเป็นองค์ประกอบอาคารที่มีความโดดเด่นและสร้างอัตลักษณ์ให้กับอาคารได้เป็นอย่างมาก

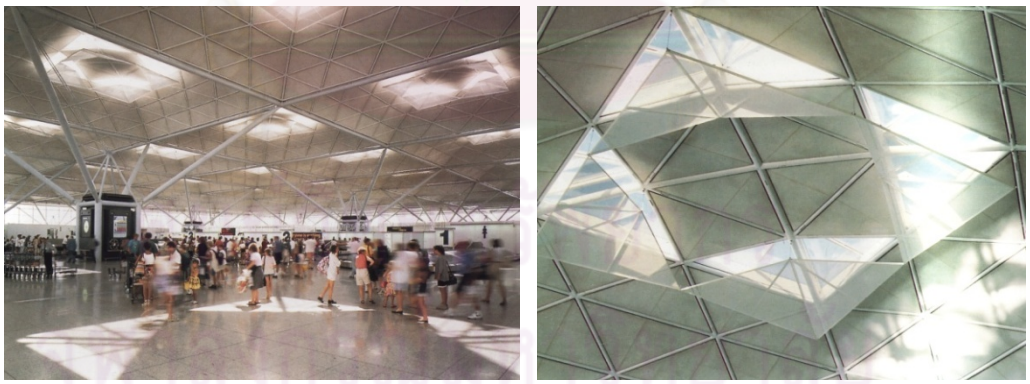
รูปที่ 2.25 ทัศนียภาพภายใน Clore Gallery และทัศนียภาพภายใน De Menil Museum
ที่มา : Montaner (1990)

นอกจากนี้อาคารที่มีพื้นที่ใช้สอยขนาดใหญ่ อีกทั้งมีการใช้งานตลอด 24 ช.ม. ดังเช่น อาคารผู้โดยสารภายในสนามบินนั้น การให้ความสว่างภายในอาคารโดยใช้แสงประดิษฐ์แต่เพียงอย่างทำให้สิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าจำนวนมหาศาล เป็นเหตุให้การนำแสงธรรมชาติมาใช้ในอาคารประเภทนี้ได้กลายเป็นแนวทางสำคัญที่ยากจะหลีกเลี่ยง และโดยที่มีโคมสะท้อนแสงธรรมชาติเป็นองค์ประกอบร่วมที่สำคัญ เนื่องจากหากช่องเปิดด้านบนมีขนาดเล็กด้วยข้อจำกัดบางประการ การใช้โคมสะท้อนแสงจะช่วยให้แสงสามารถส่องกระจายในพื้นที่ด้านล่างได้มากขึ้น ตัวอย่างเช่น United Airlines Terminal, O' Hare (1988) ที่เมืองชิคาโก รัฐอิลลินอยส์ ประเทศสหรัฐอเมริกา ออกแบบโดย Helmut Jahn สนามบิน Stansted (1991) ประเทศอังกฤษ ออกแบบโดย Norman Foster และที่สนามบินนานาชาติฮ่องกง Check Lap Kok (1998) ซึ่งสถาปนิกคนเดียวกันนี้ได้ออกแบบไว้ และสำหรับสนามบินนานาชาติ Brisbane ในประเทศออสเตรเลีย ซึ่ง

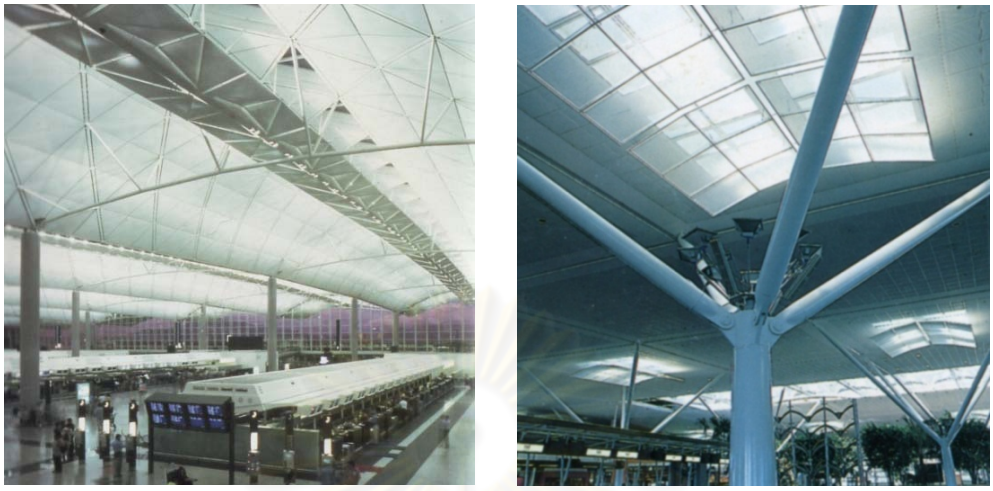
ออกแบบโดย Bligh Voller Nield Pty Ltd. ร่วมกับ Lend Lease Design Group นั้น ยังมีการใช้แสงธรรมชาติและรูปแบบโคมสะท้อนแสงธรรมชาติที่มีลักษณะคล้ายคลึงกับที่พบในสนามบิน Stansted ด้วยเช่นกัน



รูปที่ 2.26 ทัศนียภาพภายในและรูปแบบโคมสะท้อนแสงธรรมชาติภายใน
United Airlines Terminal, O' Hare
ที่มา : http://www.greatbuildings.com/buildings/UA_Terminal-O_Hare.html, [5/12/2009]



รูปที่ 2.27 ทัศนียภาพภายในและรูปแบบโคมสะท้อนแสงธรรมชาติ
ภายในสนามบิน Stansted
ที่มา : Pawley (1999)



(ก) (ข)

รูปที่ 2.28 ทัศนียภาพภายในสนามบิน Chek Lap Kok และรูปแบบโคมสะท้อนแสงธรรมชาติภายในสนามบินนานาชาติ Brisbane

ที่มา : (ก) Pawley (1999) (ข) Sandison (1999)

และเนื่องจากการที่แสงธรรมชาตินั้นช่วยเสริมสร้างคุณภาพของสภาพแวดล้อมที่ดีให้กับอาคาร ซึ่งถือเป็นปัจจัยสำคัญสำหรับอาคารที่มีพื้นที่ใช้สอยเพื่อการศึกษาและเรียนรู้ จึงพบว่าอาคารห้องสมุดมักถูกออกแบบโดยเน้นการใช้แสงธรรมชาติเป็นหลัก อย่างไรก็ตามการนำแสงธรรมชาติมาใช้ในอาคารกลุ่มนี้ยังเป็นเรื่องที่ละเอียดอ่อนอยู่มาก เพราะพื้นที่ใช้สอยในห้องสมุดโดยเฉพาะบริเวณนั่งอ่านหนังสือนั้น เป็นพื้นที่ที่มีความเกี่ยวเนื่องกับการใช้สายตาโดยตรง จึงต้องออกแบบให้มีสภาวะทางสายตาที่ดีเป็นพิเศษ ซึ่งโคมสะท้อนแสงธรรมชาตินั้นสามารถช่วยลดระดับความรุนแรงและเพิ่มความนุ่มนวลของแสงที่ส่องผ่านช่องเปิดด้านบนเข้ามาในพื้นที่ดังกล่าวได้เป็นอย่างดี ดังเช่น Niihama Municipal Besshi Copper Mine Memorial Library (1992) ที่เมืองนิอิฮามะ ประเทศญี่ปุ่น ออกแบบโดย Nikken Sekkei Ltd. หรือ Cranfield University Library (1993) ในเมืองเบดฟอร์ดเชียร์ ประเทศอังกฤษ ออกแบบโดย Norman Foster

(ก) (ข)

รูปที่ 2.29 ทัศนียภาพภายใน Niihama Municipal Besshi Copper Mine Memorial Library และทัศนียภาพภายใน Cranfield University Library

ที่มา : (ก) Meisei Publication (1995) (ข) Pawley (1999)

ทั้งนี้หากพิจารณาเรื่องรูปแบบของโคมสะท้อนแสงธรรมชาติที่ใช้ในอาคารต่างๆ ดังที่กล่าวถึงไปแล้วนั้นสามารถแบ่งได้เป็น 2 ลักษณะหลัก ตามลักษณะของช่องเปิดด้านบน ได้แก่ ช่องเปิดที่วางตัวเป็นแนวตามความยาวของพื้นที่ใช้สอย (linear toplights) และช่องเปิดที่มีลักษณะเป็นผืนเหนือพื้นที่ใช้สอย (localized toplights) ส่วนรูปลักษณะเฉพาะของโคมนั้น ถึงแม้ว่าจะมีความหลากหลายแตกต่างกันไปในแต่ละอาคาร แต่ล้วนถูกออกแบบให้สามารถปิดกั้นแสงส่วนที่เป็นแสงตรงจากดวงอาทิตย์ เพื่อเป็นการช่วยลดปริมาณความร้อนที่เข้าสู่ตัวอาคาร และทำหน้าที่สะท้อนแสงกลับขึ้นสู่ฝ้าเพดานด้านบนก่อนที่จะกระจายตัวสู่พื้นที่ใช้สอยด้านล่างทั้งสิ้น และด้วยมุมตกกระทบที่แสงกระทำต่อโคมในแต่ละลักษณะมีความแตกต่างกัน จึงส่งผลให้ระดับความส่องสว่างและรูปแบบการกระจายตัวของแสงภายในอาคารที่ได้มีความแตกต่างกันไปด้วย ดังนั้นรูปลักษณะของโคมสะท้อนแสงจึงนับเป็นตัวแปรสำคัญที่มีอิทธิพลต่อการส่องสว่างภายในซึ่งจำเป็นต้องคำนึงถึงในการออกแบบแสงธรรมชาติให้กับอาคาร ทั้งนี้จากกลุ่มอาคารดังที่กล่าวถึงข้างต้นนั้น สามารถแบ่งลักษณะโคมออกเป็น 5 รูปลักษณะสำคัญ ซึ่งเป็นที่มาของตัวแปรด้านรูปลักษณะของโคมสะท้อนแสงที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้ ได้แก่

1. ลักษณะตรง เช่นที่พบใน Niihama Municipal Besshi Copper Mine Memorial Library

2. ลักษณะลาดเอียงหรือโค้งคว่ำสอดคล้องกับรูปทรงของช่องเปิดหรือฝ้าเพดาน เช่นที่พบใน สนามบิน Stansted สนามบิน Chek Lap Kok สนามบิน Brisbane และ United Airlines Terminal, O' Hare

3. ลักษณะโค้งคว่ำแบบปีกนก (gull wings) เช่นที่พบใน Cranfield University Library

4. ลักษณะโค้งหงายแบบปีกคู่ (a pair of upward-curving wings) เช่นที่พบใน Kimbell Art Museum และ Wolfson Center for Mechanical Engineering

5. ลักษณะเฉพาะอื่นๆ เช่นใน De Menil Museum

ในส่วนของวัสดุโคมนั้นโดยทั่วไปจะเป็นวัสดุมีคุณสมบัติการสะท้อนแสงที่ดี เพื่อให้สามารถส่งผ่านและกระจายแสงเข้าสู่พื้นที่ภายในได้มาก อีกทั้งในอาคารบางประเภทวัสดุโคมสามารถให้คุณสมบัติที่แสงสามารถส่องผ่านได้ เนื่องจากเป็นพื้นที่ใช้สอยที่ไม่เข้มงวดเรื่องปริมาณแสงที่ทอดผ่านโคมซึ่งอาจส่งผลให้เกิดเป็นเงาแดดที่พื้นมากนัก ซึ่งในอาคารกรณีศึกษานั้นส่วนใหญ่เลือกใช้แผ่นโลหะเจาะรู (perforated metal) เป็นวัสดุโคม ทั้งนี้เนื่องจากวัสดุดังกล่าวให้คุณสมบัติทั้ง 2 ประการ คือ สามารถสะท้อนแสงได้ดีและยอมให้แสงส่องผ่านได้ตามที่ได้กล่าวไปแล้วนั่นเอง

2.10 กรณีศึกษาอาคารที่มีการใช้โคมสะท้อนแสงธรรมชาติ

2.10.1 Kimbell Art Museum, Fort Worth, Texas, U.S.A. (1972) ออกแบบโดย Louis I Kahn

พื้นที่ใช้งาน ใช้โคมสะท้อนแสงธรรมชาติบริเวณพื้นที่แสดงงานศิลปะ

การให้แสง ลักษณะเป็นแนวตรงตามความยาวพื้นที่ (linear toplights)

รูปลักษณะโคม ลักษณะโค้งหงายแบบปีกคู่ (a pair of upward-curving wings)

วัสดุโคม ทำจากแผ่นอลูมิเนียมเจาะรู (perforated aluminium sheet)

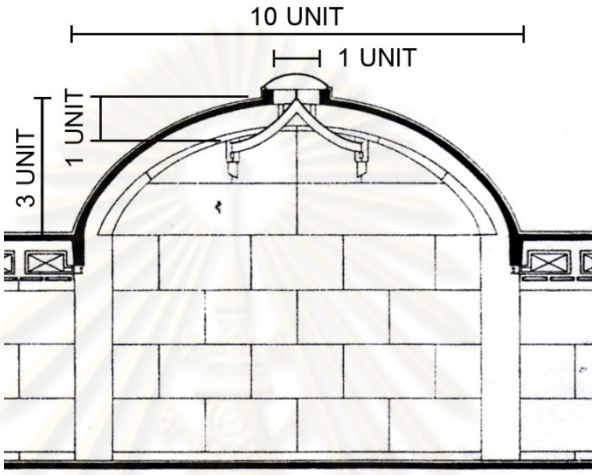
ฝ้าเพดาน โค้งแบบรูปวงแหวน (cycloid)

สัดส่วนความกว้างช่องแสง : ความกว้างพื้นที่ใช้สอย เท่ากับ 1:10 โดยประมาณ

สัดส่วนความสูงระยะโค้งฝ้า : ความกว้างพื้นที่ใช้สอย เท่ากับ 1:3 โดยประมาณ

ระยะติดตั้งโคมใต้ช่องแสง : ความสูงระยะฝ้าโค้ง เท่ากับ 1:3 โดยประมาณ

เนื่องจากขนาดของโคมสะท้อนแสงธรรมชาติที่ใช้ใน Kimbell Art Museum นั้นมีความกว้างค่อนข้างมากเมื่อเทียบกับความกว้างของช่องเปิดหลังคาด้านบนนอกจากนี้พื้นที่ช่วงกลางของตัวโคมตำแหน่งใต้ช่องเปิดหลังคาทำจากวัสดุทึบ ตัวโคมจึงสามารถป้องกันแสงตรงจากดวงอาทิตย์ได้ดี และด้วยรูปแบบของโคมและฝ้าเพดานที่มีลักษณะโค้งจึงช่วยในการสะท้อนและกระจายแสงเข้าสู่พื้นที่ภายในได้มาก อีกทั้งช่วยทำให้แสงภายในที่ได้มีความนุ่มนวลขึ้น



รูปที่ 2.30 รูปตัดภายใน Kimbell Art Museum

ที่มา : Benjamin (1993 : 158)

2.10.2 Stansted Airport, Stansted, England (1991) ออกแบบโดย Norman Foster

<u>พื้นที่ใช้งาน</u> โถงผู้โดยสาร

<u>การให้แสง</u> ลักษณะเป็นฝืนเหนือพื้นที่ (localised toplights) (พิจารณาในขอบเขตพื้นที่ 1 โครงสร้างหลังคาโค้ง (roof vault structure))

<u>รูปลักษณะโคม</u> ลักษณะตรง รูปร่างสามเหลี่ยมสอดคล้องกับรูปแบบฝ้าเพดาน

<u>วัสดุโคม</u> ทำจากแผ่นโลหะเจาะรู (perforated metal)

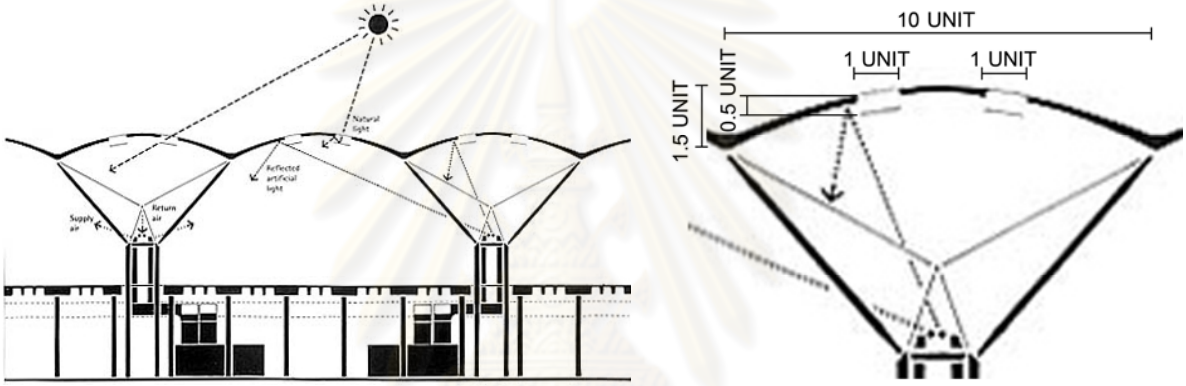
<u>ฝ้าเพดาน</u> โค้งคล้ายร่ม (พิจารณาในขอบเขตพื้นที่ 1 โครงสร้างหลังคาโค้ง (roof vault structure))

<u>สัดส่วนความกว้างช่องแสง : ความกว้างพื้นที่ใช้สอย</u> เท่ากับ 1:5 โดยประมาณ (พิจารณาในขอบเขตพื้นที่ 1 โครงสร้างหลังคาโค้ง (roof vault structure))

<u>สัดส่วนความสูงระยะโค้งฝ้า : ความกว้างพื้นที่ใช้สอย</u> เท่ากับ 1:6.5 โดยประมาณ (พิจารณาในขอบเขตพื้นที่ 1 โครงสร้างหลังคาโค้ง (roof vault structure))

ระยะติดตั้งโคมใต้ช่องแสง : ความสูงระยะฝ้าโค้ง เท่ากับ 1:3 โดยประมาณ

เนื่องจากช่องเปิดหลังคาด้านบนภายใน Stansted Airport นั้น มีพื้นที่เพียง 8.5 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่หลังคาทั้งหมด อีกทั้งผู้ออกแบบมิได้มีแนวคิดที่จะใช้โคมสะท้อนแสงธรรมชาติในการป้องกันแสงตรงจากดวงอาทิตย์ (เพราะประเทศอังกฤษเป็นเมืองหนาวจึงไม่กังวลเรื่องความร้อน) แต่ใช้โคมเพื่อช่วยลดค่าความเปรียบต่างของความสว่างท้องฟ้าและฝ้าเพดานซึ่งจะให้เกิดแสงบาดตาลง โคมสะท้อนแสงธรรมชาติภายใน Stansted Airport จึงมีขนาดค่อนข้างเล็กและมีลักษณะโปร่งแสงสูง คือมีค่าสัมประสิทธิ์การส่องผ่านแสงของวัสดุเท่ากับ 50% (Fontoynont, 1999) เนื่องจากต้องการให้แสงธรรมชาติเข้าสู่ภายในอาคารในปริมาณมาก



รูปที่ 2.31 ภาพร่างแนวคิดการออกแบบแสงสว่างภายใน Stansted Airport

ที่มา : http://civcal.media.hku.hk/airport/roof_structure/comparison/England/_eng8.htm, [17/01/2010]

2.10.3 Cranfield University Library, Bedfordshire, England (1993) ออกแบบโดย Norman Foster

พื้นที่ใช้งาน พื้นที่วางชั้นหนังสือและอ่านหนังสือ

การให้แสง ลักษณะเป็นแนวตรงตามความยาวพื้นที่ (linear toplights)

รูปลักษณะโคม ลักษณะโค้งคว่ำแบบปีกนก (gull wing)

วัสดุโคม ทำจากแผ่นอลูมิเนียมเจาะรู (perforated aluminium sheet)

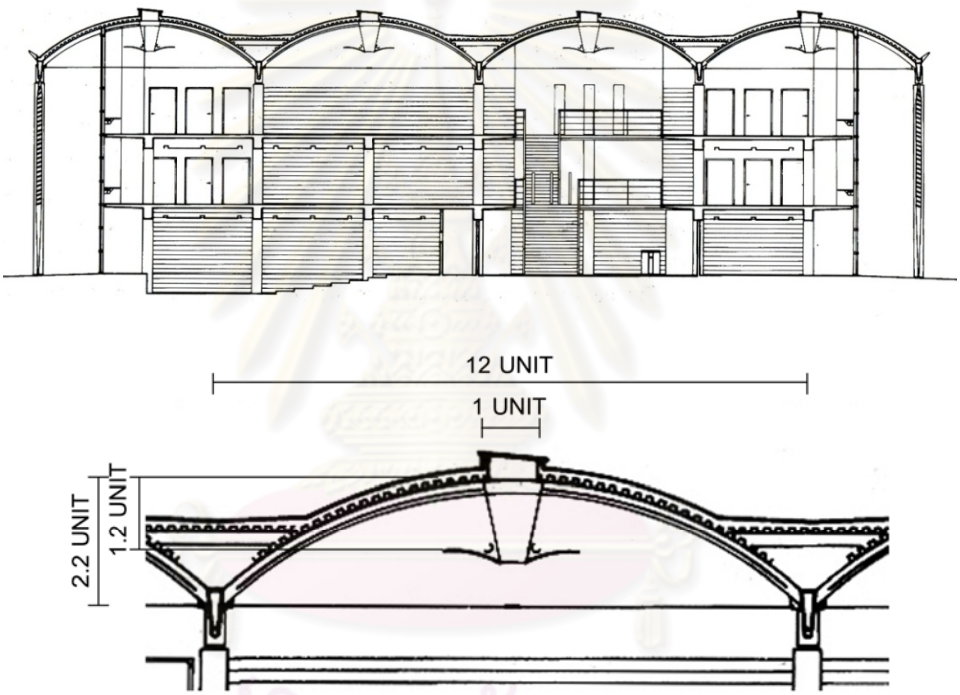
ฝ้าเพดาน โค้งแบบวงกลม

สัดส่วนความกว้างช่องแสง : ความกว้างพื้นที่ใช้สอย เท่ากับ 1:12 โดยประมาณ

สัดส่วนความสูงระยะโค้งฝ้า : ความกว้างพื้นที่ใช้สอย เท่ากับ 1:5.5 โดยประมาณ

ระยะติดตั้งโคมใต้ช่องแสง : ความสูงระยะฝ้าโค้ง เท่ากับ 1:1.8 โดยประมาณ

เนื่องจากการใช้สอยของอาคารที่ต้องการความสบายทางสายตามากเป็นพิเศษ ดังนั้นโคมสะท้อนแสงธรรมชาติภายใน Cranfield University Library นั้น นอกจากสามารถทำหน้าที่ในการช่วยกระจายแสงที่เข้าสู่ภายในอาคารแล้ว ยังทำหน้าที่ในการช่วยลดการเกิดแสงบาดตาอีกด้วย และด้วยรูปลักษณะของโคมที่มีส่วนโค้งปีกนก 2 ด้านโค้งกลับเข้าด้านในกึ่งกลางโคม ทำให้ปีกทั้ง 2 ด้านสามารถช่วยป้องกันความรุนแรงที่เกิดจากอิทธิพลของแสงทิศตะวันออกและทิศตะวันตกได้มากขึ้น (ช่องแสงวางตัวตามแนวทิศเหนือ-ใต้) นอกจากนี้ด้วยลักษณะดังกล่าว ทำให้ตัวโคมสามารถช่วยกระจายแสงภายในที่เกิดจากการใช้แสงประดิษฐ์ได้อีกต่อหนึ่งด้วย



รูปที่ 2.32 รูปตัดภายใน Cranfield University Library

ที่มา : Pawley (1999 : 99)

2.10.4 Chek Lap Kok, Hong Kong International Airport, Hong Kong (1998) ออกแบบโดย Norman Foster

<u>พื้นที่ใช้งาน</u> โถงผู้โดยสาร

<u>การให้แสง</u> ลักษณะเป็นแนวตรงตามความยาวพื้นที่ (linear toplights)

<u>รูปลักษณะโคม</u> ประกอบด้วยโคมสามเหลี่ยมขนาดเล็ก วางเรียงกันในลักษณะตรงและลาดเอียงสลับกันไปมา

<u>วัสดุโคม</u> ทำจากแผ่นอลูมิเนียมเจาะรู (perforated aluminium sheet)

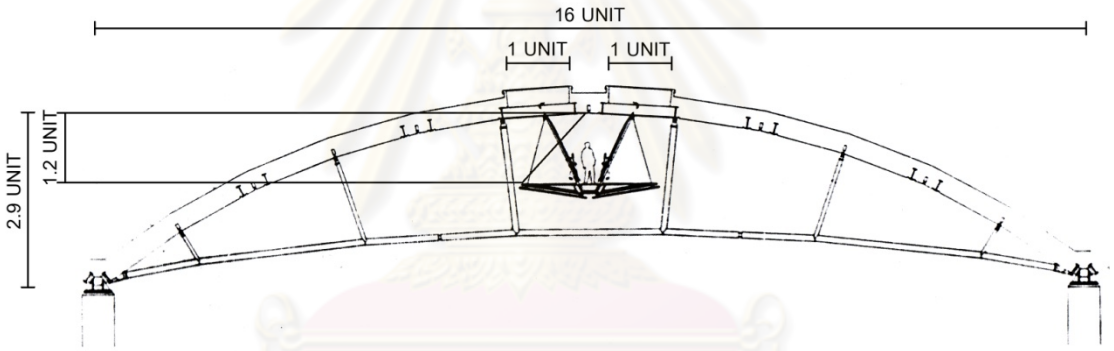
<u>ฝ้าเพดาน</u> โค้งแบบวงกลม

<u>สัดส่วนความกว้างช่องแสง : ความกว้างพื้นที่ใช้สอย</u> เท่ากับ 1:8 โดยประมาณ

<u>สัดส่วนความสูงระยะโค้งฝ้า : ความกว้างพื้นที่ใช้สอย</u> เท่ากับ 1:5.5 โดยประมาณ

<u>ระยะติดตั้งโคมใต้ช่องแสง : ความสูงระยะฝ้าโค้ง</u> เท่ากับ 1:2.4 โดยประมาณ

แม้ว่าความกว้างของช่องแสงภายใน Chek Lap Kok จะมีขนาดเล็กเมื่อเปรียบเทียบกับความกว้างของพื้นที่ใช้สอยแล้ว แต่ด้วยลักษณะของโคมสะท้อนแสงธรรมชาติซึ่งประกอบด้วยโคมสามเหลี่ยมขนาดเล็กหลายชิ้น จึงเป็นการเพิ่มโอกาสให้แสงส่องผ่านช่องว่างระหว่างโคมสามเหลี่ยมเข้าสู่ตัวอาคารได้มากขึ้น และด้วยลักษณะการวางเรียงตัวสลับไปมาของโคมแต่ละชิ้น ทำให้แสงที่ส่องเข้าสู่อาคารเกิดการสะท้อนในรูปแบบที่แตกต่างกัน แต่เมื่อรวมตัวกันแล้วแสงภายในที่ได้กลับมีความนุ่มนวลและกระจายตัวได้ดีขึ้น



รูปที่ 2.33 รูปตัดแสดงโคมสะท้อนแสงธรรมชาติภายใน Chek Lap Kok

ที่มา : Pawley (1999 : 136)

จากกรณีศึกษาข้างต้น ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์เพื่อหารูปแบบและลักษณะทางกายภาพต่างๆ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการออกแบบพื้นที่และตัวแปรที่ใช้ในการศึกษาสำหรับงานวิจัยครั้งนี้ต่อไป ทั้งนี้นอกจากอาคารที่ยกมาเป็นกรณีศึกษาแล้ว ยังมีอาคารที่ใช้โคมสะท้อนแสงธรรมชาติร่วมกับการให้แสงธรรมชาติภายในอาคารโดยผ่านช่องเปิดด้านบน ดังแสดงในภาคผนวก ก

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

จากการศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแสงสว่างและการนำแสงธรรมชาติมาใช้ในอาคาร ตลอดจนการศึกษาวิเคราะห์ข้อมูลกรณีศึกษาอาคารตัวอย่างที่มีการใช้โคมสะท้อนแสงธรรมชาติที่รวบรวมได้ ผู้วิจัยจึงได้ตั้งคำถามและกำหนดสมมติฐานงานวิจัยขึ้นเพื่อใช้เป็นแนวทางในการออกแบบขั้นตอนและวิธีดำเนินการวิจัย โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.1 สมมติฐานงานวิจัย

ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการวิจัยชิ้นนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นการพิสูจน์สมมติฐานซึ่งผู้วิจัยได้กำหนดขึ้นดังนี้

3.1.1 การใช้โคมสะท้อนแสงธรรมชาติสามารถช่วยลดระดับความเข้มของแสงที่ส่องผ่านเข้าสู่อาคารทางช่องเปิดด้านบนได้

3.1.2 โคมสะท้อนแสงธรรมชาติที่มีรูปลักษณะโค้งช่วยนำพาและกระจายแสงธรรมชาติเข้าสู่ภายในอาคารได้มากกว่าโคมที่มีรูปลักษณะตรง

3.1.3 โคมสะท้อนแสงธรรมชาติที่มีรูปลักษณะโค้งเว้ามากช่วยนำพาและกระจายแสงธรรมชาติเข้าสู่ภายในอาคารได้มาก

3.1.4 วัสดุโคมสะท้อนแสงธรรมชาติที่มีพื้นผิวเรียบสามารถกระจายแสงได้ดีกว่าวัสดุโคมสะท้อนแสงธรรมชาติที่มีพื้นผิวหยาบด้าน

3.2 การกำหนดตัวแปรในการศึกษา

จากสมมติฐานงานวิจัยดังที่ได้กล่าวมาแล้วนั้น สามารถกำหนดตัวแปรที่ใช้ในการศึกษาสำหรับงานวิจัยชิ้นนี้ ได้ดังนี้

3.2.1 ตัวแปรด้านรูปลักษณะโคมสะท้อนแสงธรรมชาติ โดยกำหนดขึ้นจากการศึกษากรณีศึกษาอาคารตัวอย่างที่มีการใช้โคมสะท้อนแสงธรรมชาติร่วมกับการให้แสงภายในอาคารผ่านช่องเปิดด้านบน ซึ่งสามารถกำหนดรูปลักษณะของโคมสะท้อนแสงธรรมชาติที่ใช้เป็นตัวแปรในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ได้ทั้งสิ้น 4 ลักษณะ

- ลักษณะตรง
- ลักษณะโค้งคว่ำสอดคล้องกับรูปทรงของฝ้าเพดาน
- ลักษณะโค้งคว่ำแบบปีกนก (gull wings)

- ลักษณะโค้งหงายแบบปีกคู่ (a pair of upward-curving wings)

3.2.2 ตัวแปรด้านคุณสมบัติทางพื้นผิวของวัสดุที่ใช้ทำโคมสะท้อนแสงธรรมชาติ โดยกำหนดให้วัสดุที่ใช้ทำโคมเป็นวัสดุที่มีพื้นผิวเรียบแบบโลหะเงา (polished surface) ซึ่งมีค่าการสะท้อนแสง 83% วัสดุที่มีพื้นผิวเรียบแบบโลหะด้าน (unpolished surface) ซึ่งมีค่าการสะท้อนแสง 76% และพื้นผิวหยาบด้าน (matte surface) สีขาว ซึ่งมีค่าการสะท้อนแสง 92%

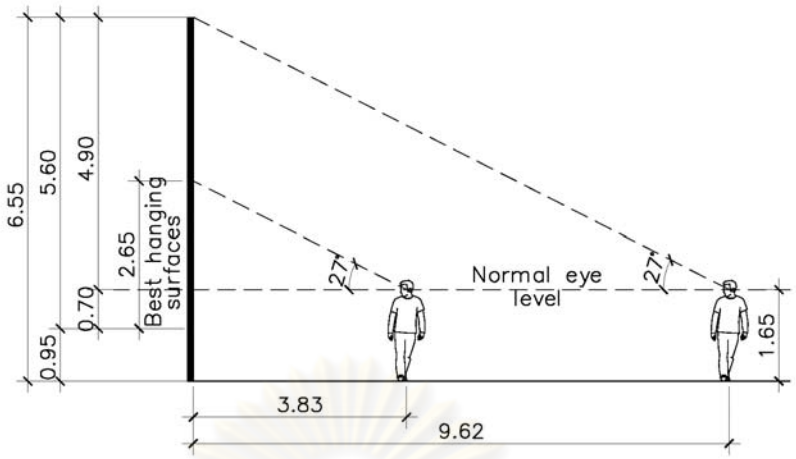
3.3 การกำหนดเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

3.3.1 หุ่นจำลองและชุดการทดลองที่ใช้ในงานวิจัย

3.3.1.1 ขนาดและรูปแบบหุ่นจำลอง

เนื่องจากผู้วิจัยได้กำหนดให้งานวิจัยชิ้นนี้เป็นงานวิจัยเชิงทดลอง โดยการสร้างหุ่นจำลองเพื่อทำการวัดค่าความส่องสว่างภายในที่ได้ ดังนั้นขนาดและรูปแบบของหุ่นจำลองได้ถูกกำหนดขึ้นเพื่อใช้เป็นตัวแทนพื้นที่ใช้งานที่ทำการศึกษา ซึ่งได้แก่ ห้องจัดแสดงภาพศิลปะ การกำหนดขนาดพื้นที่ดังกล่าวพิจารณาจากตำแหน่งการติดตั้งและองศาการมองภาพศิลปะที่จัดแสดงบนผนัง ซึ่งองศาการมองโดยทั่วไปของมนุษย์จะอยู่ที่ 54 องศาหรือ 27 องศาจากระดับสายตา โดยพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับการติดตั้งภาพจัดแสดงมากที่สุด ได้แก่ ที่ระดับความสูงตั้งแต่ 0.95 ม.จนถึง 3.60 ม.จากระดับพื้น ซึ่งการติดตั้งภาพจัดแสดงในพื้นที่ดังกล่าวจะทำให้ผู้ชมสามารถมองเห็นภาพจัดแสดงได้ทั่วทั้งภาพ หากยืนอยู่ในตำแหน่งห่างจากผนังจัดแสดงภาพออกไป 3.83 ม. และด้วยองศาการมองปกติของมนุษย์ ทำให้ผู้ชมสามารถมองเห็นภาพจัดแสดงที่มีการจัดแสงไว้อย่างดีได้ในระยะที่ห่างออกไปราว 10.00 ม. (9.62 ม.) โดยทำให้ระยะติดตั้งภาพจัดแสดงอยู่สูงจากระดับสายตา 4.90 ม. และต่ำจากระดับสายตาลงไป 0.70 ม.รวมความสูงเท่ากับ 5.60 ม.ซึ่งถือเป็นพื้นที่ขนาดใหญ่ที่สุดที่สามารถติดตั้งภาพจัดแสดงได้ (Vincent and others, 1980)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.1 แสดงตำแหน่งการติดตั้งและองศาการมองภาพศิลปะบนผนัง

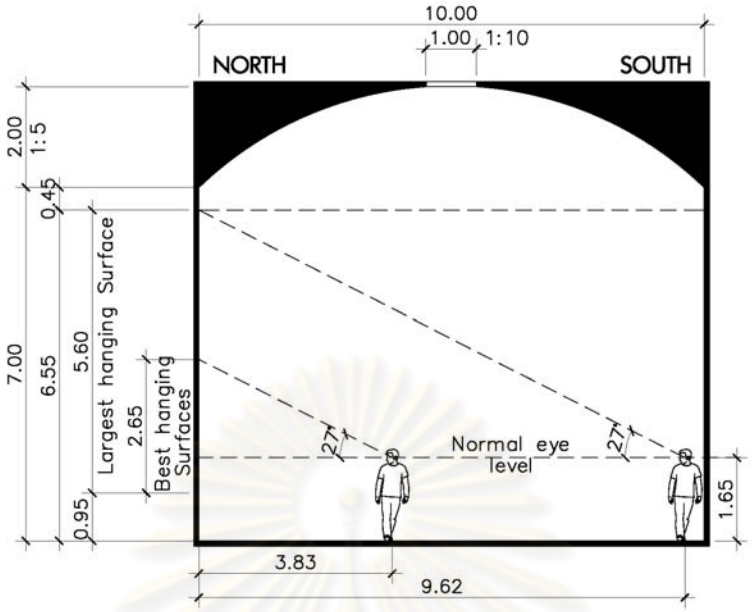
จากข้อมูลเบื้องต้น ผู้วิจัยจึงได้กำหนดให้พื้นที่ทดลองมีขนาดดังนี้

- พื้นที่ทดลองมีความกว้าง 10.00 ม. โดยพิจารณาจากระยะห่างจากผนังจัดแสดงที่มากที่สุดซึ่งผู้ชมยังคงสามารถมองเห็นภาพจัดแสดงได้ ดังรายละเอียดที่กล่าวไปแล้วข้างตันและดังแสดงในรูปที่ 3.1

- พื้นที่ทดลองมีความยาว 12.00 ม. โดยกำหนดขึ้นจากระบบโครงสร้างที่มีความเป็นไปได้จริง กล่าวคือ ระยะช่วงเสาสามารถเป็นได้ตั้งแต่ระยะ 4.00 ม. 6.00 ม.หรือ 12.00 ม. อีกทั้งเพื่อความสะดวกในการติดตั้งเครื่องมือวัดแสงและเพื่อความเหมาะสมในการเก็บบันทึกข้อมูลภาพถ่ายภายในหุ่นจำลอง อย่างไรก็ตามได้กำหนดให้พื้นที่ทดลองมีลักษณะเป็นห้องสี่เหลี่ยมผืนผ้าซึ่งมีการติดตั้งภาพจัดแสดงที่ผนังด้านยาวทั้ง 2 ด้าน เนื่องจากลักษณะของพื้นที่ดังกล่าวทำให้สามารถติดตั้งภาพจัดแสดงได้จำนวนมาก และเป็นลักษณะทั่วไปที่นิยมปฏิบัติกัน

- พื้นที่ทดลองมีความสูงผนังสำหรับจัดแสดงภาพสูง 6.55 ม. ซึ่งเป็นความสูงที่ได้จากองศาการมองและความกว้างของพื้นที่ทดลอง โดยให้มีระยะเหนือพื้นที่ติดตั้งภาพจัดแสดง 0.45 ม. รวมความสูงผนังทั้งสิ้น 7.00 ม. ทั้งนี้การกำหนดให้มีระยะเหนือพื้นที่ติดตั้งภาพจัดแสดงดังกล่าวนั้น เพื่อใช้เป็นพื้นที่ติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ หรือแม้กระทั่งอุปกรณ์แสงสว่างอื่นๆ เนื่องจากการให้แสงสว่างภายในห้องจัดแสดงภาพศิลปะนั้นจำเป็นต้องมีการใช้แสงประดิษฐ์ร่วมกับการใช้แสงธรรมชาติเสมอ

- และกำหนดให้มีระดับความสูงฝ้าโค้ง 2.00 ม. (คิดเป็นสัดส่วนความสูงระยะโค้งฝ้า : ความกว้างพื้นที่ใช้สอย เท่ากับ 1:5) และความกว้างของช่องเปิดด้านบน 1.00 ม. ยาวตลอดความยาวพื้นที่ทดลอง (คิดเป็นสัดส่วนความกว้างช่องแสง : ความกว้างพื้นที่ใช้สอย เท่ากับ 1:10) โดยระยะดังกล่าวกำหนดขึ้นจากสัดส่วนระยะที่พบมากในกรณีศึกษาตัวอย่างอาคารจริง



รูปที่ 3.2 แสดงขนาดพื้นที่การทดลองที่ใช้ในงานวิจัย

หลังจากที่ได้มีการกำหนดขนาดพื้นที่ทดลองแล้ว ผู้วิจัยจึงได้ทำการสร้างหุ่นเพื่อจำลองพื้นที่ดังกล่าวในมาตราส่วน 1 : 20 ด้วยแผ่น MDF หนา 4 มม. โดยมีรายละเอียดภายในดังนี้

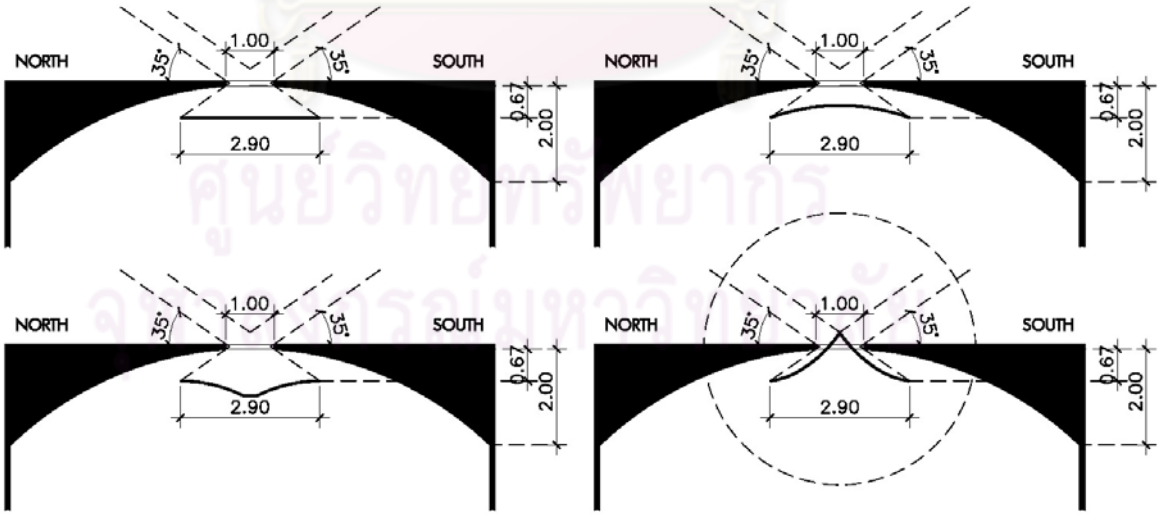
- ฝ้าเพดานโค้งของหุ่นจำลองกรุกระดาษแข็งสีขาว ที่มีค่าการสะท้อนแสง 80%
- ผนังด้านยาว 12.00 ม.ทั้ง 2 ด้านของหุ่นจำลอง ปิดทับด้วยกระดาษสีเทาอ่อน ที่มีค่าการสะท้อนแสง 58% ส่วนผนังด้านกว้าง 10.00 ม.ทั้ง 2 ด้านของหุ่นจำลอง ปิดทับด้วยกระจกเงาเพื่อให้เกิดการสะท้อนของผนังด้านตรงข้ามและมองเห็นเป็นพื้นที่ที่มีลักษณะยาวต่อเนื่องกัน
- พื้นของหุ่นจำลองปิดทับด้วยสติ๊กเกอร์สีเทาเข้ม ที่มีค่าการสะท้อนแสง 40%

ทั้งนี้การเลือกใช้วัสดุพื้นผิวภายในหุ่นจำลองนั้น พิจารณาจากค่าการสะท้อนแสงของพื้นผิวส่วนต่างๆของอาคารที่เหมาะสมเพื่อการใช้แสงสว่างธรรมชาติที่มีประสิทธิภาพ ได้แก่ เพดาน 80% ผนัง 50-70% และพื้น 20-40% (สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย [AIT] และ กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและส่งเสริมพลังงาน [พพ.]) นั่นเอง

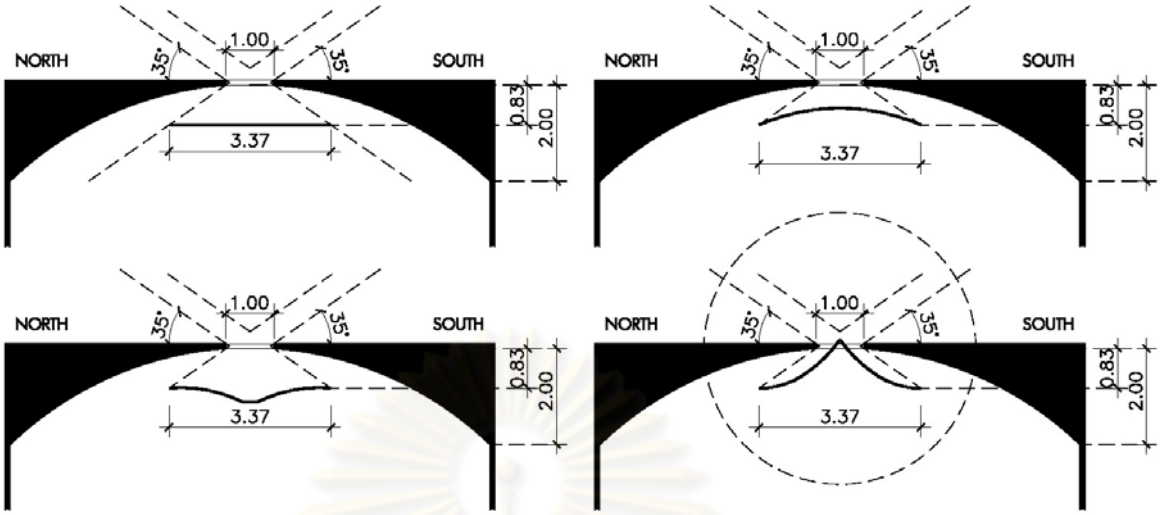
3.3.1.2 ขนาดและรูปแบบหุ่นจำลองโคมสะท้อนแสง

สำหรับรูปลักษณะของโคมสะท้อนแสงที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้ กำหนดจากรูปลักษณะที่พบในกรณีศึกษาตัวอย่างอาคารจริง ทั้งนี้ได้กำหนดให้รูปลักษณะของโคมแบบโค้งคว่ำปีกนกมีลักษณะเดียวกับโคมสะท้อนแสงที่ใช้ภายใน Cranfield University Library และรูปลักษณะของโคมแบบโค้งหงายมีลักษณะเดียวกับโคมสะท้อนแสงที่ใช้ภายใน Kimbell Art Museum สำหรับการกำหนดขนาดของโคมสะท้อนแสงนั้น เนื่องจากไม่ต้องการให้แสงตรงจากดวงอาทิตย์ส่องเข้าสู่ภายในอาคาร จึงจำเป็นต้องกำหนดให้โคมมีความกว้างเพียงพอที่จะปิดกั้นแสงดังกล่าวได้ โดยสามารถหาองศาของแสงตรงได้จากมุมโปรไฟล์ ซึ่งมุมโปรไฟล์ที่เลือกใช้ต้องที่มีค่าองศาต่ำสุดในรอบปี เพราะหมายถึงดวงอาทิตย์อยู่ในตำแหน่งคล้อยต่ำทำให้แสงตรงสามารถส่องลอดเข้าสู่อาคารทางด้านข้างของช่องเปิดได้ โดยงานวิจัยครั้งนี้ทิศที่แสงธรรมชาติเข้าสู่พื้นที่ทดลองได้แก่ ทิศเหนือ และทิศใต้ ดังนั้นมุมโปรโฟล์ที่มีองศาต่ำสุดคือ 35 องศา ซึ่งเป็นมุมโปรไฟล์ทางทิศใต้นั่นเอง

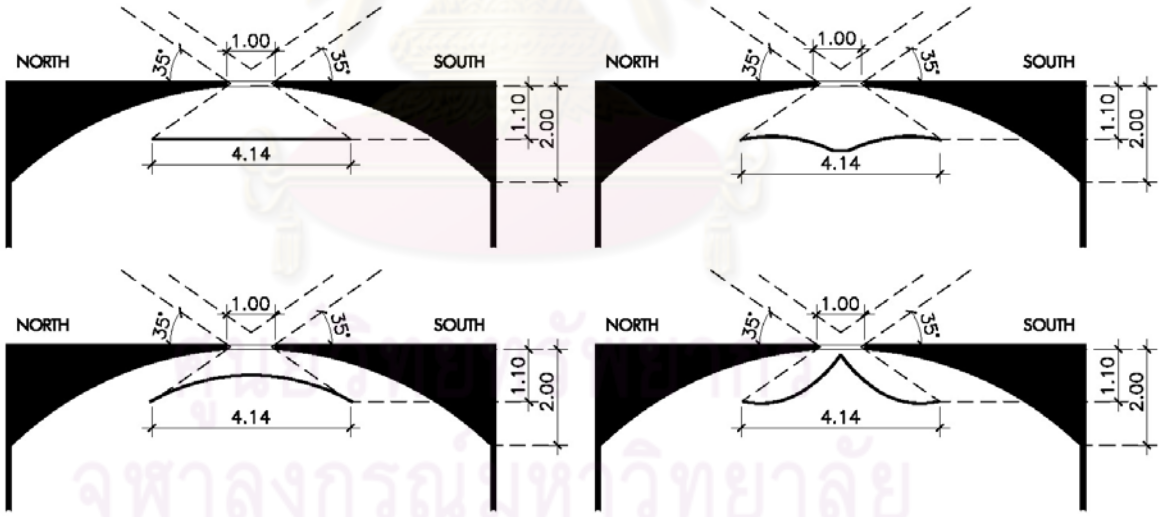
อย่างไรก็ตามขนาดความกว้างของโคมยังมีส่วนสัมพันธ์กับตำแหน่งการติดตั้งโคม ซึ่งผู้วิจัยได้เลือกพิจารณาจากระยะติดตั้งโคมใต้ช่องแสง : ความสูงระยะฝ้าโค้ง ที่พบในกรณีศึกษาตัวอย่างอาคารจริง (ตามหัวข้อ 2.10) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1:3 1:1.8 และ 1:2.4 ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 3.3-3.5



รูปที่ 3.3 แสดงขนาดและตำแหน่งการติดตั้งโคมสะท้อนแสง
ที่ระยะติดตั้งโคมใต้ช่องแสง : ความสูงระยะฝ้าโค้ง เท่ากับ 1:3

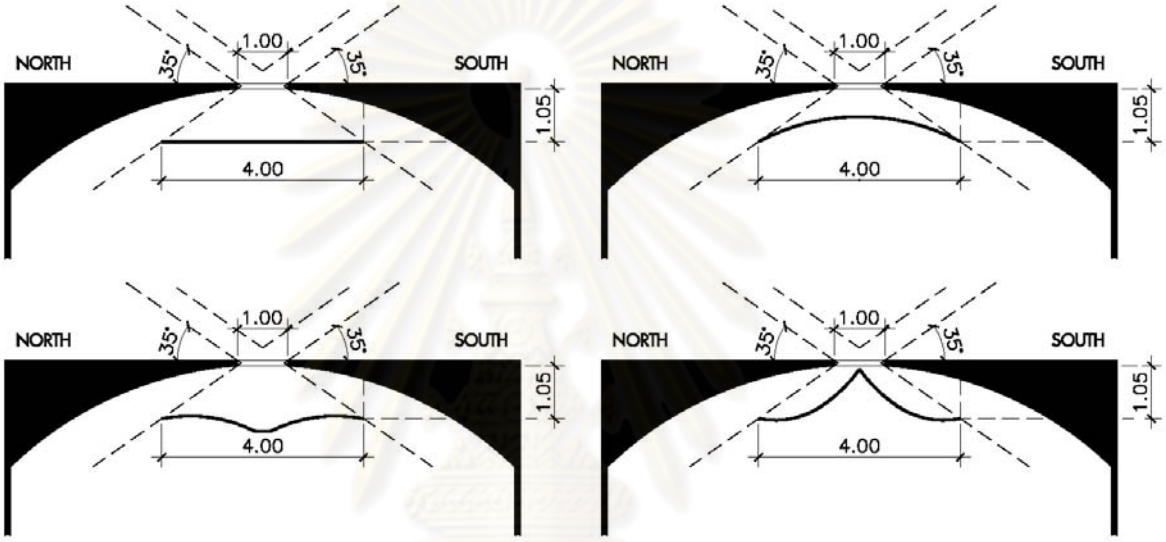


รูปที่ 3.4 แสดงขนาดและตำแหน่งการติดตั้งโคมสะท้อนแสง
ที่ระยะติดตั้งโคมใต้ช่องแสง : ความสูงระยะฝ้าโค้ง เท่ากับ 1:2.4



รูปที่ 3.5 แสดงขนาดและตำแหน่งการติดตั้งโคมสะท้อนแสง
ที่ระยะติดตั้งโคมใต้ช่องแสง : ความสูงระยะฝ้าโค้ง เท่ากับ 1:1.8

ทั้งนี้พบว่าหากกำหนดระยะติดตั้งโดยใช้สัดส่วนระยะติดตั้งโคมใต้ช่องแสง : ความสูงระยะฝ้าโค้ง เท่ากับ 1:3 และ 1:2.4 จะทำให้ไม่สามารถติดตั้งโคมโค้งหงายภายในพื้นที่ทดลองได้ เนื่องจากสันพับกึ่งกลางโคมจะสูงเกินระดับช่องแสงหลังคา ดังนั้นผู้วิจัยจึงกำหนดระยะติดตั้งโคมโดยเลือกใช้สัดส่วนระยะติดตั้งโคมใต้ช่องแสง : ความสูงระยะฝ้าโค้ง เท่ากับ 1:1.8 และทำการปรับความกว้างของโคมให้มีขนาดลงตัวจากความกว้าง 4.14 ม.เป็น 4.00 ม.ทำให้มีระยะการติดตั้งโคมที่ระดับใต้ช่องแสงเท่ากับ 1.05 ม. ดังแสดงในรูปที่ 3.6

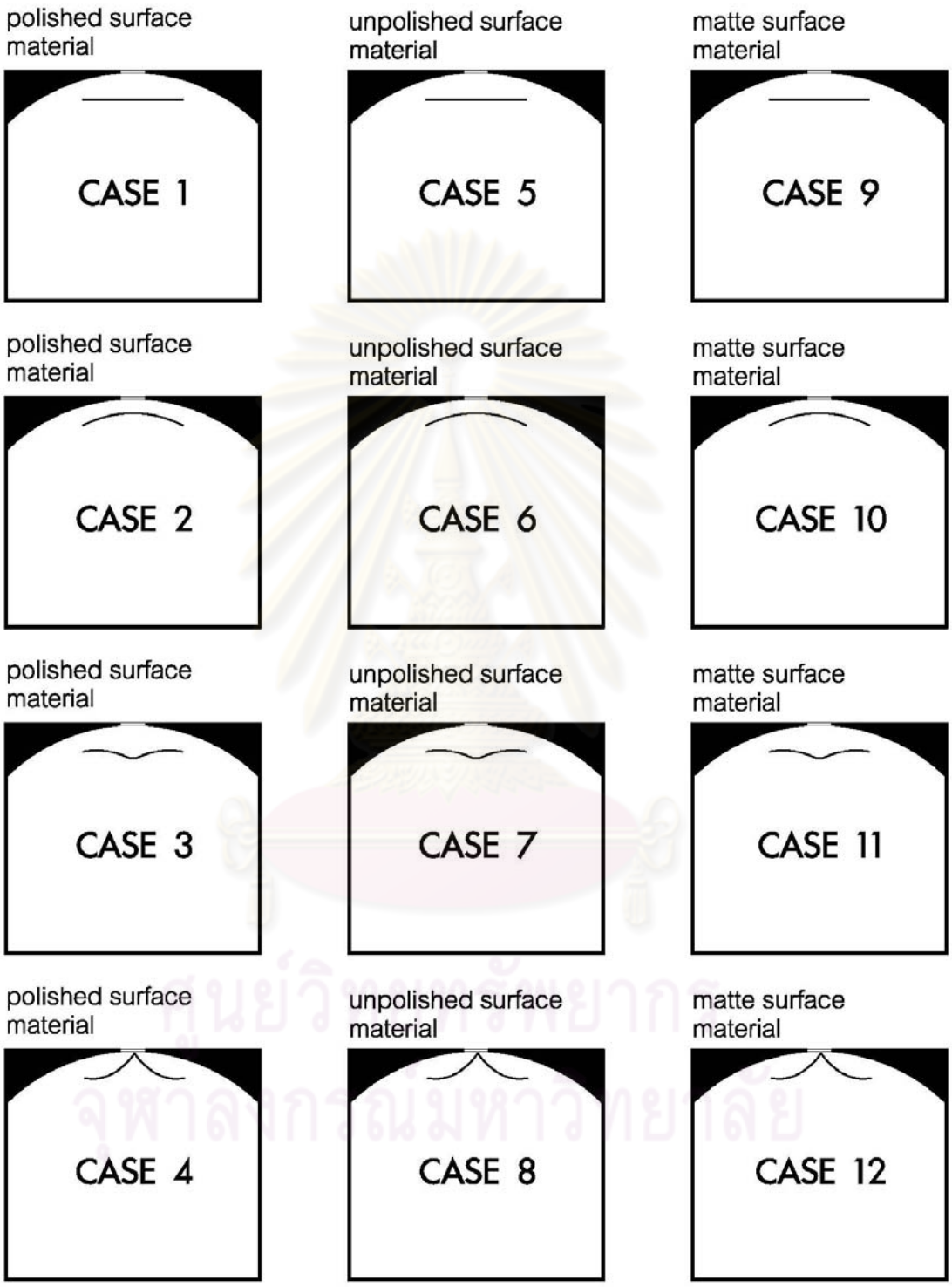


รูปที่ 3.6 แสดงขนาดโคมสะท้อนแสงธรรมชาติในแต่ละแบบ

3.3.1.3 ชุดการทดลอง

ภายหลังจากที่ได้ทำการกำหนดตัวแปรและรายละเอียดต่างๆของหุ่นจำลองดังที่กล่าวมาแล้วนั้น สามารถสรุปชุดการทดลองเพื่อใช้ในการศึกษาได้ทั้งสิ้น 12 ชุดการทดลองดังนี้

- กลุ่มที่ 1 โคมสะท้อนแสงที่ทำจากวัสดุผิวเรียบแบบโลหะเงา (polished surface) ซึ่งได้แก่ ชุดการทดลองที่ 1-4 (case 1-4)
- กลุ่มที่ 2 โคมสะท้อนแสงที่ทำจากวัสดุผิวเรียบแบบโลหะด้าน (unpolished surface) ซึ่งได้แก่ ชุดการทดลองที่ 5-8 (case 5-8)
- กลุ่มที่ 3 โคมสะท้อนแสงที่ทำจากวัสดุผิวหยาบด้าน (matte surface) ซึ่งได้แก่ แผ่นอลูมิเนียมทำสีพ่น ซึ่งได้แก่ ชุดการทดลองที่ 9-12 (case 9-12)



รูปที่ 3.7 แสดงตัวแปรด้านรูปลักษณะและวัสดุโคมภายในชุดทดลองทั้ง 12 ชุด

3.3.2 เครื่องมือวัดแสง

เครื่องมือที่ใช้วัดปริมาณความส่องสว่างที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ Digital illumination meter ยี่ห้อ INS รุ่น DX-200 หลักการทำงานของเครื่องมือชนิดนี้คือ เมื่ออนุภาคของแสงตกกระทบบนตัวรับแสง (light senser) ที่เสียบต่อกับตัวเครื่อง จะส่งผลให้เกิดความต่างศักย์ไฟฟ้าบริเวณตัวรับแสง จากนั้นเครื่องมือจะทำการแปลงค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าดังกล่าวให้เป็นค่าความส่องสว่างในหน่วยลักซ์ (lx) หรือสามารถกำหนดให้เครื่องแสดงค่าความส่องสว่างที่ได้ในหน่วยฟุตแคนเดิล (fc) ก็ได้ โดยการทดลองครั้งนี้จะทำการวัดค่าความส่องสว่างที่ได้ในหน่วยลักซ์ (lx) เท่านั้น

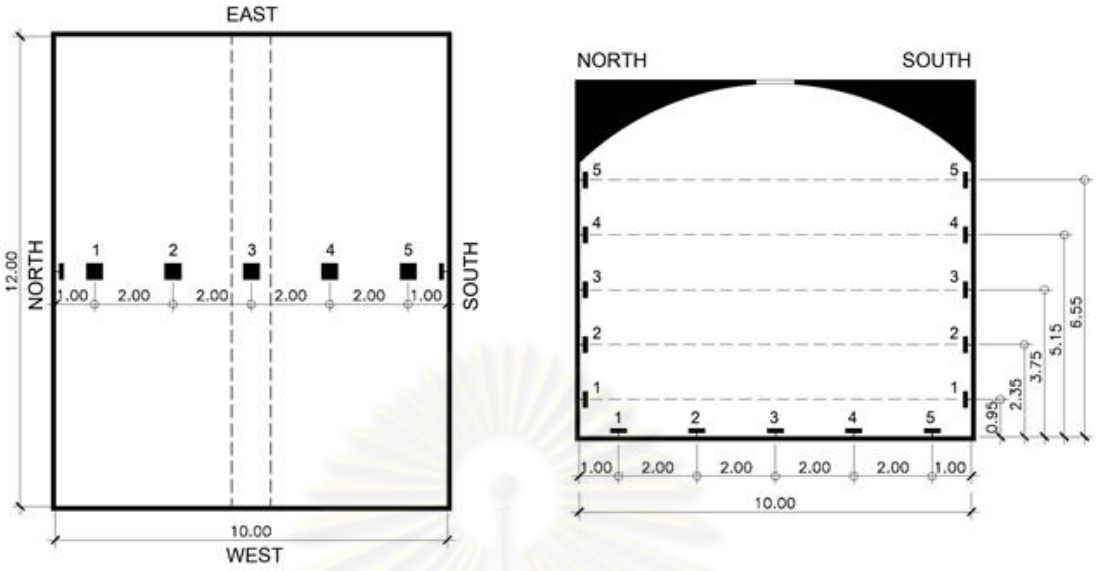
3.3.3 เครื่อง Heliodon

Heliodon เป็นเครื่องมือจำลองตำแหน่งดวงอาทิตย์ตามวันและเวลาที่ต้องการเพื่อใช้ในการศึกษาปรากฏการณ์ของแสงธรรมชาติต่ออาคารหรือพื้นที่ศึกษา โดยเครื่อง Heliodon ที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้เป็นแบบที่ใช้หลักการการบิดเอียงหุ่นจำลองอาคารหรือพื้นที่ศึกษาดังกล่าวให้อยู่ในตำแหน่งทำมุมกับดวงอาทิตย์ตามมุมอะซิมุท (Solar azimuth) ของดวงอาทิตย์ในวันและเวลาจริงที่ต้องการศึกษา โดยใช้นาฬิกาแดด (Sundial diagram) ในละติจูดเดียวหรือใกล้เคียงกันกับละติจูดของที่ตั้งอาคารศึกษาเป็นเครื่องมืออ้างอิงในการบอกตำแหน่งและทิศทางการบิดเอียงหุ่นจำลองนั่นเอง

3.4 การกำหนดวิธีการและขั้นตอนการเก็บข้อมูล

3.4.1 วิธีการเก็บข้อมูล โดยผู้วิจัยจะทำการวัดและเก็บบันทึกปริมาณความส่องสว่างภายในหุ่นจำลองทุกชุดการทดลอง ควบคู่ไปกับการวัดปริมาณความส่องสว่างของท้องฟ้าภายนอก ด้วยเครื่องมือวัดแสงที่มีการสอบเทียบค่าแล้วทั้งหมด 6 เครื่อง โดยมีตำแหน่งการติดตั้ง light sensors ของเครื่องมือวัดแสงภายในหุ่นจำลองดังนี้

- ระนาบนอนที่ระดับพื้น (floor plane) 5 ตำแหน่ง โดยมีระยะห่างจากผนังด้านข้างทั้ง 2 ด้าน ด้านละ 1.00 ม.และแต่ละตำแหน่งมีระยะห่าง 2.00 ม.เท่ากัน
- ระนาบตั้งที่ผนัง (wall plane) 5 ตำแหน่ง ในระดับความสูงจากพื้น 0.95 ม. 2.35 ม. 3.75 ม. 5.15 ม. และ 6.55 ม. ตามลำดับ



รูปที่ 3.8 ผังพื้นและรูปตัดแสดงตำแหน่งในการวัดแสง

รูปที่ 3.9 แสดงการติดตั้ง light sensors ภายในหุ่นจำลอง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เพื่อให้ค่าความส่องสว่างที่วัดได้จากการทดลองสามารถใช้เป็นข้อมูลในการวิเคราะห์และสรุปปรากฏการณ์ของแสงที่เกิดขึ้นภายในพื้นที่ทดลองที่ใช้ในการศึกษาได้ตลอดทั้งปี ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกวันเพื่อทำการทดสอบประสิทธิภาพของแสงทั้งหมด 3 วัน โดยใช้เครื่อง Heliodon ในการจำลองวันดังกล่าวดังนี้

- วันที่ 21 มิถุนายน (Summer solstice) เนื่องจากเป็นวันที่ซีกโลกเหนือจะเบนเข้าหาดวงอาทิตย์มากที่สุด
- วันที่ 21 กันยายน (Equinox) เนื่องจากเป็นวันที่ดวงอาทิตย์อยู่ใกล้เส้นศูนย์สูตรมากที่สุด
- วันที่ 21 ธันวาคม (Winter solstice) เนื่องจากเป็นวันที่ซีกโลกเหนือจะเบนออกจากดวงอาทิตย์มากที่สุด

ทั้งนี้เพื่อให้สามารถใช้เครื่อง Heliodon จำลองวันทั้ง 3 ได้ ผู้วิจัยจึงได้เลือกทำการจำลองวันและเวลาดังกล่าวเฉพาะเมื่อสภาพท้องฟ้ามีลักษณะแบบท้องฟ้าโปร่ง (clear sky) เท่านั้น อีกทั้งงานวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาที่เกี่ยวเนื่องกับองค์ประกอบอาคารที่ช่วยในการปิดกั้นแสงตรงจากดวงอาทิตย์ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องทำการทดสอบประสิทธิภาพของแสงภายใต้สภาพท้องฟ้าที่มีแสงตรงจากดวงอาทิตย์เป็นองค์ประกอบ ซึ่งได้แก่ สภาพท้องฟ้าโปร่ง (clear sky) นั่นเอง โดยทิศทางการส่องผ่านของแสงตรงจากดวงอาทิตย์เข้าสู่อาคารนั้นขึ้นอยู่กับตำแหน่งของดวงอาทิตย์เป็นสำคัญ ด้วยเหตุนี้การเลือกวันที่ 21 กันยายน เพื่อทำการทดสอบประสิทธิภาพของแสงจึงเทียบเท่ากับวันที่ 21 มีนาคม ด้วยเช่นกัน เพราะการเคลื่อนตัวของดวงอาทิตย์ในวันทั้ง 2 มีลักษณะที่เหมือนกัน

ผู้วิจัยได้กำหนดให้พื้นที่ทดลองวางตัวตามแนวทิศตะวันออก-ตะวันตก เนื่องจากเป็นทิศทางการวางอาคารที่สามารถรับอิทธิพลของแสงจากดวงอาทิตย์ผ่านทางช่องแสงด้านบนได้ตลอดทั้งวัน และเลือกทำการทดสอบประสิทธิภาพของแสงในเวลา 9.00 น. 10.00 น. 11.00 น. และ 12.00 น. ของวันจำลองดังกล่าว ทั้งนี้ในตั้งแต่เวลา 12.00 น. เป็นต้นไป ดวงอาทิตย์จะเริ่มเคลื่อนตัวต่ำลงโดยทำมุมโปรไฟล์เดียวกับเวลาในช่วงเช้า ดังนั้นการพิจารณาระดับความส่องสว่างภายในอาคารที่เกิดจากแสงธรรมชาติด้วยวิธีการ Daylight Factor Method ในกรณีที่พื้นที่ทดลองวางตัวตามแนวทิศตะวันออก-ตะวันตกนั้น ช่วงเวลาหลัง 12.00 น. จึงมีค่าเท่ากับในช่วงเวลาก่อน 12.00 น. ณ เวลาที่ดวงอาทิตย์อยู่ในตำแหน่งเดียวกัน โดยเหตุที่ผู้วิจัยเลือกช่วงเวลาดังกล่าวเนื่องจากงานวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาที่เกี่ยวเนื่องกับการนำแสงธรรมชาติมาใช้ในอาคารผ่านช่องเปิดด้านบน จึงได้เลือกทำการทดสอบประสิทธิภาพของแสงเฉพาะช่วงเวลาที่ตำแหน่งดวงอาทิตย์อยู่ในองศาสูงเป็นสำคัญ โดยไม่ขึ้นกับเวลาทำการของพื้นที่

3.4.2 ขั้นตอนการเก็บข้อมูล เพื่อให้ข้อมูลที่ได้จากการทดลองมีความถูกต้องและแม่นยำมากที่สุด ผู้วิจัยจึงได้กำหนดขั้นตอนการเก็บข้อมูลไว้ดังนี้

3.4.2.1 การสอบเทียบค่า (calibrate) และการทดสอบความน่าเชื่อถือของอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

- สอบเทียบค่า (calibrate) เครื่องมือวัดแสง โดยหลักการแล้วค่าความส่องสว่างที่วัดได้จากเครื่องมือวัดแสงแต่ละตัวจะต้องมีค่าเท่ากันหากทำการวัดพร้อมกัน ด้วยเหตุนี้จึงจำเป็นต้องปรับค่าความส่องสว่างที่วัดได้จากเครื่องมือวัดแสงแต่ละตัวให้ตรงกันโดยการใช้ค่าเฉลี่ย (mean) ของค่าความส่องสว่างที่วัดได้จากเครื่องมือวัดแสงทุกตัวในระดับความส่องสว่างหนึ่งๆ เป็นตัวอ้างอิงเพื่อปรับเทียบค่าก่อนนำค่าที่ได้ไปใช้เป็นข้อมูลงานวิจัย

- ทดสอบเครื่อง Heliodon โดยการปรับหมุนฐานวางหุ่นจำลองให้ขนานกับพื้น จากนั้นจึงตรวจสอบวันและเวลาที่อ่านได้จากนาฬิกาแดด (Sundial diagram) ซึ่งต้องตรงกับวันและเวลาจริงที่ทำการทดสอบเครื่อง

- ตรวจสอบหุ่นจำลอง เพื่อให้แน่ใจว่าแสงจากภายนอกสามารถส่องเข้าสู่ภายในผ่านช่องเปิดด้านบนของหุ่นจำลองทางเดียวเท่านั้น จึงต้องทำการตรวจสอบหุ่นจำลองดังกล่าว โดยการวัดค่าความส่องสว่างที่เกิดขึ้นภายในหุ่นจำลองที่ปิดทึบทุกด้าน ซึ่งค่าที่วัดได้ต้องมีค่าเท่ากับ 0

3.4.2.2 ติดตั้งเครื่องมือวัดแสงภายในหุ่นจำลองตามตำแหน่งที่กำหนดไว้และทำการวัดค่าความส่องสว่างที่ได้ในแต่ละตำแหน่งพร้อมกัน ควบคู่ไปกับการวัดค่าความส่องสว่างของท้องฟ้าภายนอก

3.4.2.3 ติดตั้งหุ่นจำลองบนเครื่อง Heliodon ปรับหมุนตำแหน่งฐานวางหุ่นจำลอง จนกระทั่งเงาของเข็มนาฬิกาแดด (Sundial diagram) ทาบลงบนเส้นตำแหน่งวันและเวลาที่ทำการศึกษา

3.4.2.4 เก็บข้อมูลต่างๆ ได้แก่ ค่าความส่องสว่างภายในและภายนอก ภาพถ่ายสภาพท้องฟ้าและภาพถ่ายภายในหุ่นจำลอง

รูปที่ 3.10 แสดงการติดตั้งหุ่นจำลองบนเครื่อง Heliodon

3.5 การประมวลผลการทดลอง

ประมวลผลการทดลองด้วยค่าความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความส่องสว่างภายในชุดทดลองและปริมาณความส่องสว่างของท้องฟ้าภายนอก (Daylight factor, DF) โดยจัดแบ่งเนื้อหาดังต่อไปนี้

- ค่า Daylight factor ที่ระนาบพื้นส่วนทางเดิน
- ค่า Daylight factor ที่ระนาบผนังจัดแสดงภาพด้านทิศเหนือ
- ค่า Daylight factor ที่ระนาบผนังจัดแสดงภาพด้านทิศใต้

3.6 วิเคราะห์ผลการทดลอง

วิเคราะห์ผลการทดลองเพื่อพิสูจน์สมมติฐานที่วางไว้ และเปรียบเทียบประเมินประสิทธิภาพของแสงที่เกิดจากโคมสะท้อนแสงแต่ละรูปแบบ โดยแยกพิจารณาในประเด็นต่อไปนี้

- ประสิทธิภาพของแสงด้านความส่องสว่าง เพื่อหารูปแบบโคมสะท้อนแสงธรรมชาติที่ส่งผลให้ระดับความส่องสว่างภายในอยู่ในช่วงที่เหมาะสม โดยให้อยู่ในเกณฑ์ที่เพียงพอสำหรับการใช้งาน กล่าวคือ ที่ระนาบพื้นให้มีระดับความส่องสว่าง 100 ลักซ์ และที่ผนังจัดแสดงภาพให้มีระดับความส่องสว่าง 200 ลักซ์ (ตามตารางที่ 2.3) โดยมีสัดส่วนระหว่างระดับความส่องสว่างสูงสุดและต่ำสุดเท่ากับ 3:1
- ประสิทธิภาพของแสงด้านรูปแบบการกระจายตัว โดยพิจารณาจากแผนภูมิแสดงการกระจายตัวของแสง เพื่อให้ทราบถึงรูปแบบการกระจายตัวแสงภายในระนาบพื้น และระนาบผนังที่เกิดจากโคมสะท้อนแสงแต่ละรูปแบบ

- ประสิทธิภาพของแสงด้านความสม่ำเสมอของแสง (Uniformity ratio) เพื่อหารูปแบบของโคมสะท้อนแสงธรรมชาติที่ส่งผลให้แสงภายในที่ได้มีความสม่ำเสมอสูงสุด ทั้งในระนาบพื้นและระนาบผนังทั้ง 2 ด้าน โดยระดับความสม่ำเสมอของแสง (Uniformity ratio) นั้นจะมีค่าตั้งแต่ 0-1 ซึ่งค่ามากจะหมายถึงการมีระดับความสม่ำเสมอของแสงที่ดี ระดับความสม่ำเสมอของแสง (Uniformity ratio) สามารถหาได้จากสมการ

$$\text{Uniformity ratio} = \frac{DF_{min}}{DF_{av}} \quad \text{.....(3.1)}$$

เมื่อ DFmin คือ ค่า Daylight factor ต่ำสุด

DFav คือ ค่า Daylight factor เฉลี่ย

3.7 สรุปผลการวิจัย

ทำการสรุปผลการวิจัยเพื่อหารูปแบบโคมสะท้อนแสงธรรมชาติที่เหมาะสม และเป็นแนวทางในการออกแบบและพัฒนารูปลักษณะของโคมสะท้อนแสงธรรมชาติสำหรับห้องแสดงภาพศิลปะในกรุงเทพมหานคร

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

เนื่องจากการวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเปรียบเทียบรูปลักษณะและคุณสมบัติทางพื้นผิวของวัสดุโคมสะท้อนแสงธรรมชาติที่มีผลต่อประสิทธิภาพของแสงภายในห้องจัดแสดงภาพศิลปะ ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้นำค่าความส่องสว่างภายในที่วัดได้ในแต่ละชุดการทดลองมาจัดประมวลผลเพื่อทำการเปรียบเทียบประเมินประสิทธิภาพของแสงที่เกิดจากโคมสะท้อนแสงแต่ละรูปแบบ โดยแยกพิจารณาด้านความส่องสว่าง ซึ่งให้อยู่ในเกณฑ์ที่เพียงพอสำหรับการใช้งาน ด้านรูปแบบการกระจายตัวของแสง และระดับความสม่ำเสมอของแสง (Uniformity ratio) ที่ได้

การจัดประมวลผลการทดลองสามารถแยกกลุ่มชุดการทดลองต่างๆได้ดังต่อไปนี้

- กลุ่มที่ 1 โคมสะท้อนแสงที่ทำจากวัสดุผิวเรียบแบบโลหะเงา (polished surface) ซึ่งได้แก่ ชุดการทดลองที่ 1-4 (case 1-4)
- กลุ่มที่ 2 โคมสะท้อนแสงที่ทำจากวัสดุผิวเรียบแบบโลหะด้าน (unpolished surface) ซึ่งได้แก่ ชุดการทดลองที่ 5-8 (case 5-8)
- กลุ่มที่ 3 โคมสะท้อนแสงที่ทำจากวัสดุผิวหยาบด้าน (matte surface) ซึ่งได้แก่ ชุดการทดลองที่ 9-12 (case 9-12)

โดยทำการจัดกลุ่มข้อมูลออกเป็น ค่า DF ที่ระนาบพื้น ค่า DF ที่ระนาบผนังทิศเหนือ และค่า DF ที่ระนาบผนังทิศใต้ ตามตารางที่ 4.4-4.12

ทั้งนี้การกำหนดค่า DF ที่เหมาะสมสำหรับห้องจัดแสดงภาพศิลปะนั้น ใช้วิธีการคำนวณจากระดับความส่องสว่างตามเกณฑ์มาตรฐาน โดยที่ระนาบพื้นส่วนทางเดินใช้ค่าความส่องสว่างที่ 100 ลักซ์ (ตามตารางที่ 2.2) และที่ระนาบผนังส่วนจัดแสดงภาพใช้ค่าความส่องสว่างไม่เกิน 200 ลักซ์ (ตามตารางที่ 2.3 กลุ่มที่ 2 วัตถุแสดงที่ไวต่อแสง) โดยค่าความส่องสว่างภายนอกที่ใช้ในการคำนวณหาค่า DF ผู้วิจัยเลือกใช้ค่าเฉลี่ยระดับความส่องสว่างท้องฟ้าที่วัดได้ทั้งหมดระหว่างทำการทดลอง ซึ่งมีค่าเท่ากับ 58,198.74 ลักซ์ ดังนั้นสำหรับงานวิจัยครั้งนี้ จึงได้กำหนดให้ค่า DF ที่ใช้ในการประเมินประสิทธิภาพของแสงที่ได้จากการติดตั้งโคมสะท้อนแสงธรรมชาติ ที่ระนาบพื้นส่วนทางเดินมีค่าเท่ากับ 0.17% และที่ระนาบผนังส่วนจัดแสดงภาพมีค่าไม่เกิน 0.34%

4.1 ผลการทดลอง

จากข้อมูลค่า DF ภายในชุดการทดลองที่ไม่ได้มีการติดตั้งโคมสะท้อนแสงซึ่งใช้เป็น base case สำหรับเปรียบเทียบความเปลี่ยนแปลงต่างๆที่เกิดขึ้นภายหลังการติดตั้งโคมสะท้อนแสงนั้น พบว่ามีค่า DF ตั้งแต่ 2.48-81.65% เฉลี่ย 10.47% โดยในวันที่ 21 มิ.ย.เวลา 9.00-11.00 น.ที่ตำแหน่งวัดแสงระยะ 7.00 ม.จากผนังทิศเหนือ มีค่า DF สูงกว่าตำแหน่งอื่นค่อนข้างมาก และย้ายตำแหน่งไปที่ตำแหน่งวัดแสงระยะ 5.00 ม.จากผนังทิศเหนือในเวลา 12.00 น. ขณะที่ค่า DF สูงสุดของวันที่ 21 ก.ย.จะอยู่ที่ตำแหน่งวัดแสงระยะ 3.00 ม.จากผนังทิศเหนือในทุกช่วงเวลา ส่วนค่า DF สูงสุดของวันที่ 21 ธ.ค.ในเวลา 9.00 น.จะอยู่ที่ตำแหน่งวัดแสงระยะ 3.00 ม. จากผนังทิศเหนือ และย้ายตำแหน่งไปที่ตำแหน่งวัดแสงระยะ 1.00 ม. จากผนังทิศเหนือหลังจากเวลาดังกล่าวไปแล้ว ดังแสดงในตารางที่ 4.1 และแผนภูมิที่ 4.1

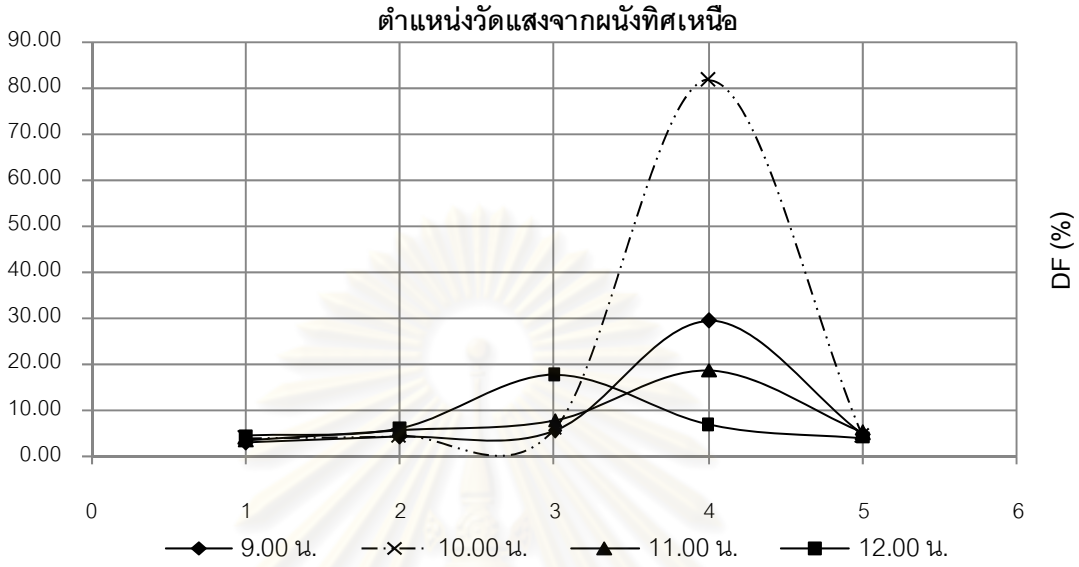
ตารางที่ 4.1 แสดงค่า Daylight factor ที่ระนาบพื้น base case

			ตำแหน่งที่ทำการวัดแสงจากผนังทิศเหนือ					ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าเฉลี่ย	uniformity
			1.00 ม.	3.00 ม.	5.00 ม.	7.00 ม.	9.00 ม.				
base case	21 มิ.ย.	9:00	2.85	4.19	5.55	29.40	4.45	29.40	2.85	9.29	0.31
		10:00	3.67	4.21	5.84	81.65	4.25	81.65	3.67	19.92	0.18
		11:00	3.43	5.68	7.82	18.71	4.93	18.71	3.43	8.12	0.42
		12:00	4.30	5.88	17.54	6.65	3.93	17.54	3.93	7.66	0.51
	21 ก.ย.	9:00	6.41	23.48	6.26	4.77	3.05	23.48	3.05	8.79	0.35
		10:00	5.09	63.57	5.50	4.05	2.69	63.57	2.69	16.18	0.17
		11:00	5.68	70.82	5.68	3.20	2.49	70.82	2.49	17.57	0.14
		12:00	6.18	72.79	5.33	3.42	2.65	72.79	2.65	18.07	0.15
	21 ธ.ค.	9:00	5.09	5.91	5.11	4.10	3.24	5.91	3.24	4.69	0.69
		10:00	8.34	7.04	5.02	3.60	2.85	8.34	2.85	5.37	0.53
		11:00	7.78	6.47	4.67	3.14	2.48	7.78	2.48	4.91	0.51
		12:00	7.90	6.59	4.79	3.64	2.70	7.90	2.70	5.13	0.53
	ค่าสูงสุด		8.34	72.79	17.54	81.65	4.93	81.65			0.69
	ค่าต่ำสุด		2.85	4.19	4.67	3.14	2.48		2.48		0.14
	ค่าเฉลี่ย		5.56	23.05	6.59	13.86	3.31			10.47	0.37

หมายเหตุ :

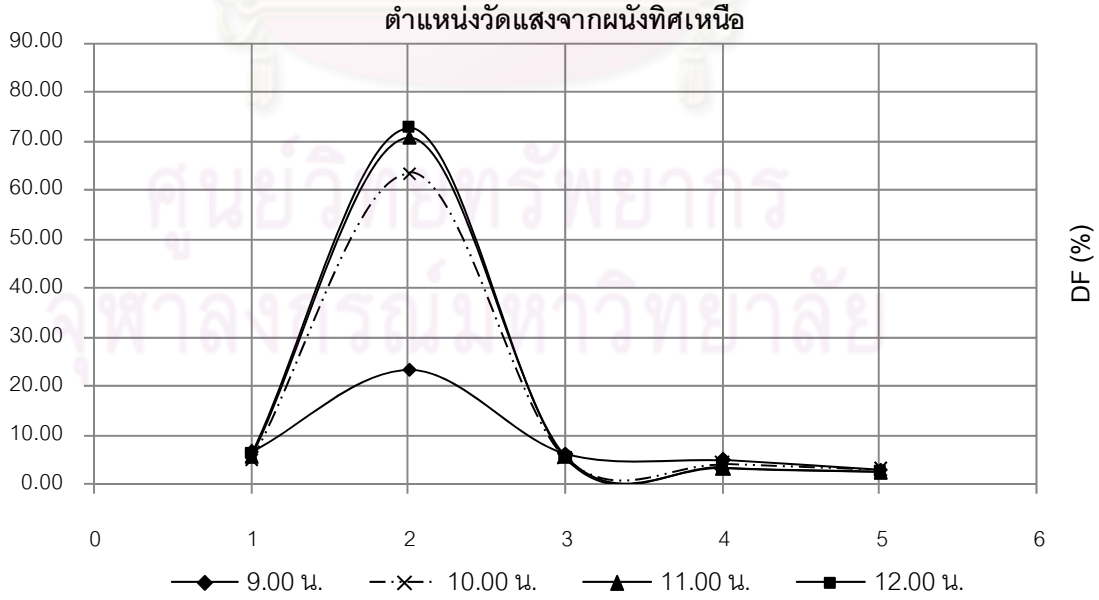
- ค่าสูงสุด ต่ำสุด ค่าเฉลี่ย และ Uniformity ratio ที่แสดงทางด้านขวาของตาราง เป็นค่า DF และ Uniformity ratio ที่ได้จากการวัดแสงในแต่ละครั้ง
- ค่าสูงสุด ต่ำสุด ค่าเฉลี่ย ที่แสดงทางด้านล่างของตาราง เป็นค่า DF ที่เกิดขึ้นในแต่ละตำแหน่งการวัดแสง

แผนภูมิที่ 4.1ก แสดงระดับความส่องสว่างที่ระนาบพื้นชุดการทดลอง base case วันที่ 21 มิถุนายน



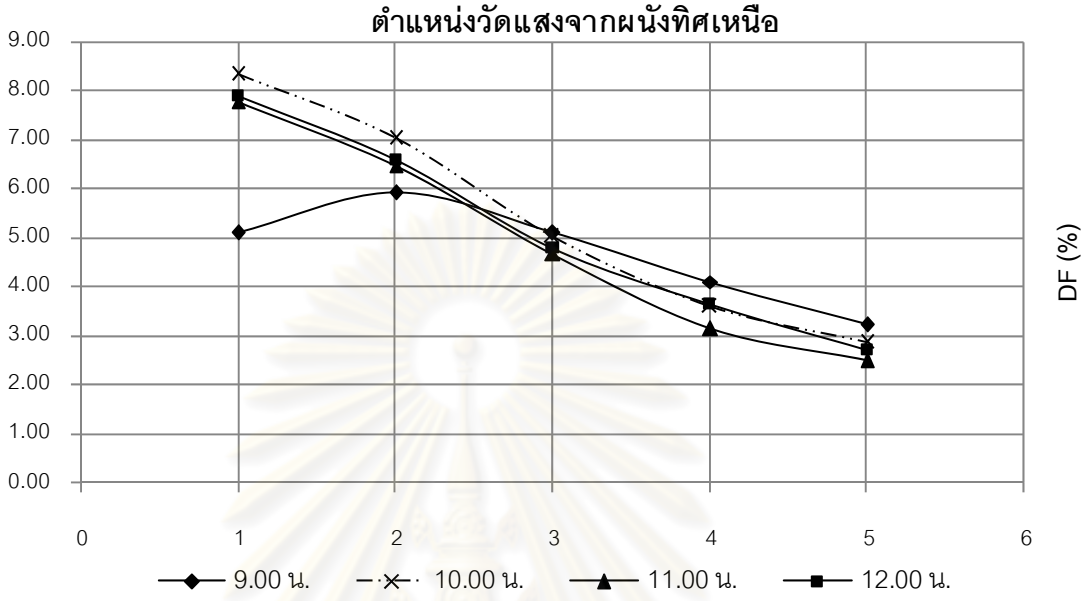
ระดับความส่องสว่างชุดการทดลอง base case วันที่ 21 มิถุนายน

แผนภูมิที่ 4.1ข แสดงระดับความส่องสว่างที่ระนาบพื้นชุดการทดลอง base case วันที่ 21 กันยายน



ระดับความส่องสว่างชุดการทดลอง base case วันที่ 21 กันยายน

แผนภูมิที่ 4.1ค แสดงระดับความส่องสว่างที่ระนาบพื้นชุดการทดลอง base case วันที่ 21 ธันวาคม



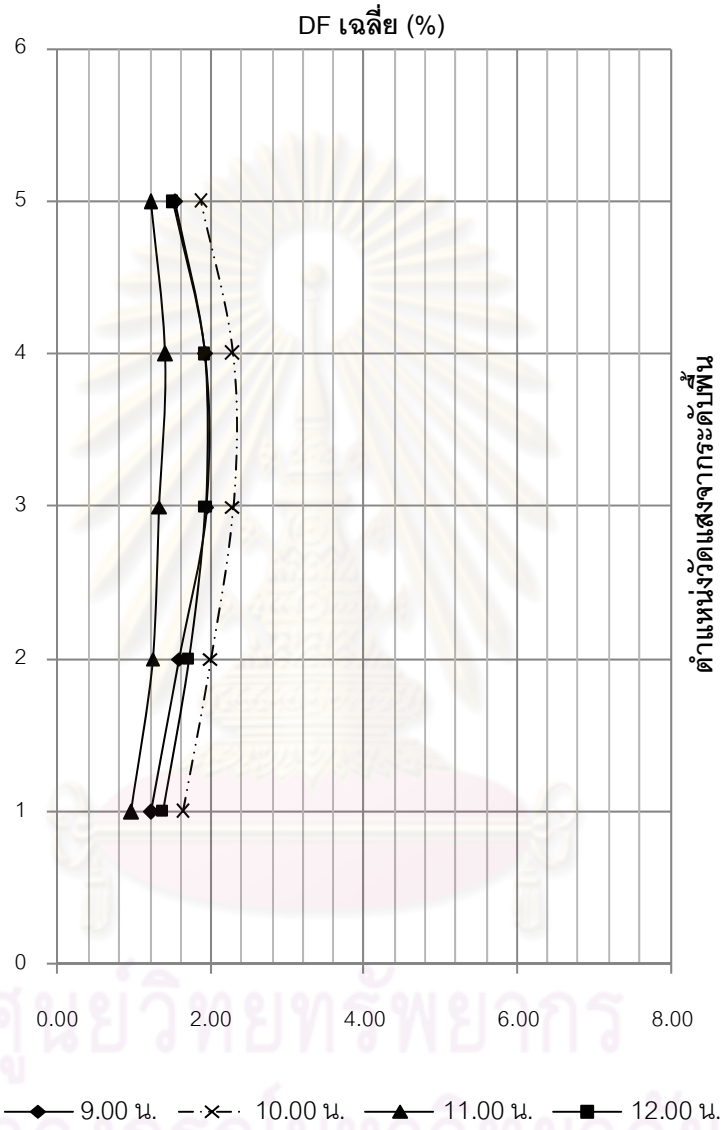
ระดับความส่องสว่างชุดการทดลอง base case วันที่ 21 ธันวาคม

สำหรับค่า DF ที่ระนาบผนังทิศเหนือภายในชุดการทดลอง base case พบว่ามีค่า DF ตั้งแต่ 0.97-37.75% เฉลี่ย 4.56% โดยวันที่ 21 ธ.ค. เวลา 10.00 น.และ 11.00 น. ที่ตำแหน่งวัดแสง 3.75 ม.จากระดับพื้น มีค่า DF สูงกว่าตำแหน่งอื่นค่อนข้างมาก ดังแสดงในตารางที่ 4.2 และแผนภูมิที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 แสดงค่า Daylight factor ที่ระนาบผนังทิศเหนือ base case

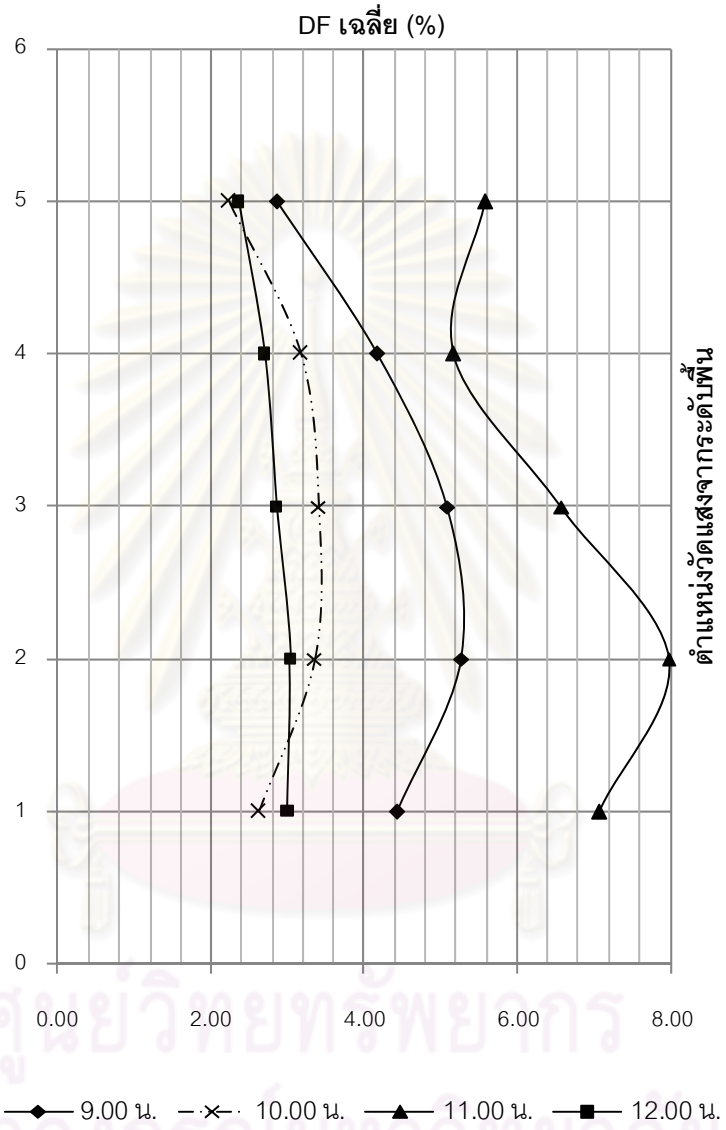
			ตำแหน่งที่ทำการวัดแสงจากระดับพื้น					ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าเฉลี่ย	uniformity
			0.95 ม.	2.35 ม.	3.75 ม.	5.15 ม.	6.55 ม.				
base case	วันที่ 21 มิ.ย.	9:00	1.22	1.59	1.94	1.93	1.55	1.94	1.22	1.64	0.74
		10:00	1.63	2.00	2.30	2.29	1.86	2.30	1.63	2.02	0.81
		11:00	0.97	1.24	1.34	1.40	1.21	1.40	0.97	1.23	0.79
		12:00	1.37	1.71	1.93	1.91	1.51	1.93	1.37	1.69	0.81
	วันที่ 21 ก.ย.	9:00	4.43	5.27	5.09	4.18	2.87	5.27	2.87	4.37	0.66
		10:00	2.64	3.37	3.42	3.18	2.24	3.42	2.24	2.97	0.75
		11:00	7.07	7.97	6.58	5.17	5.59	7.97	5.17	6.48	0.80
		12:00	3.01	3.04	2.87	2.70	2.36	3.04	2.36	2.79	0.84
	วันที่ 21 ธ.ค.	9:00	1.96	3.11	7.27	6.61	4.68	7.27	1.96	4.73	0.41
		10:00	3.96	6.17	37.75	10.04	3.39	37.75	3.39	12.27	0.28
		11:00	2.02	5.24	31.68	3.98	1.87	31.68	1.87	8.96	0.21
		12:00	2.16	12.97	7.14	3.72	2.01	12.97	2.01	5.60	0.36
	ค่าสูงสุด		7.07	12.97	37.75	10.04	5.59	37.75			0.84
	ค่าต่ำสุด		0.97	1.24	1.34	1.40	1.21		0.97		0.21
	ค่าเฉลี่ย		2.70	4.47	9.11	3.93	2.60			4.56	0.62

แผนภูมิที่ 4.2ก แสดงระดับความส่องสว่างที่ระนาบผนังทิศเหนือชุดการทดลอง base case วันที่ 21 มิถุนายน



ระดับความส่องสว่างผนังทิศเหนือ
ชุดการทดลอง base case วันที่ 21 มิถุนายน

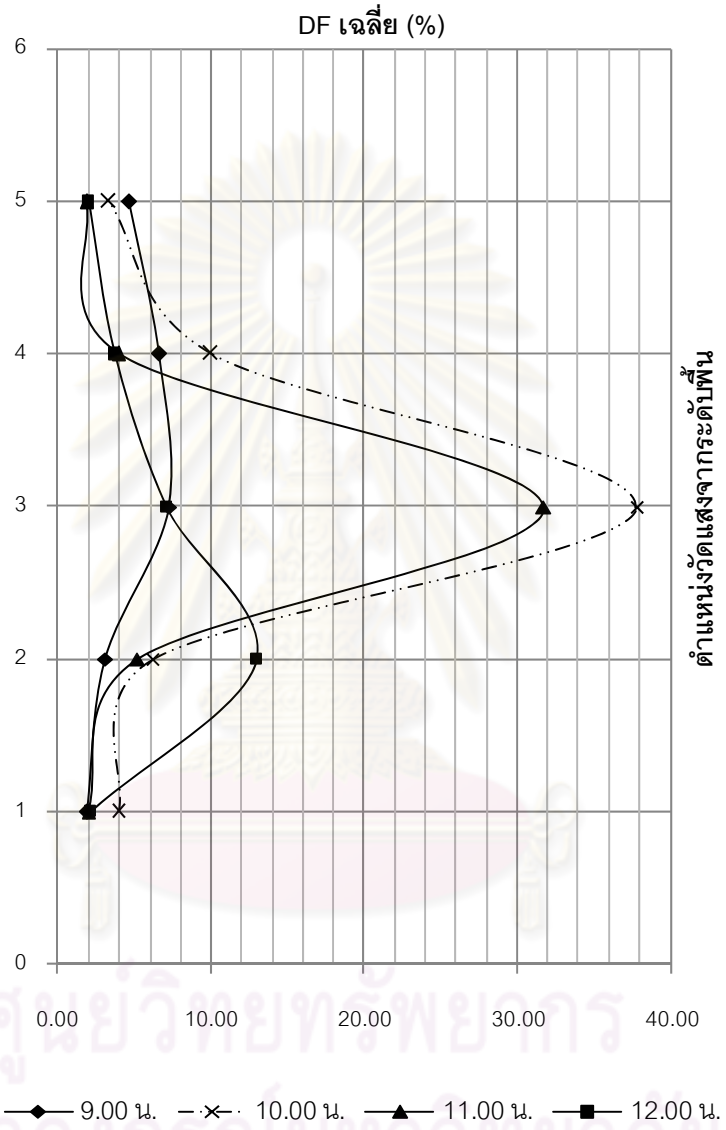
แผนภูมิที่ 4.2ข แสดงระดับความส่องสว่างที่ระนาบผนังทิศเหนือชุดการทดลอง base case วันที่ 21 กันยายน



ระดับความส่องสว่างผนังทิศเหนือ
ชุดการทดลอง base case วันที่ 21 กันยายน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แผนภูมิที่ 4.2ค แสดงระดับความส่องสว่างที่ระนาบผนังทิศเหนือชุดการทดลอง base case วันที่ 21 ธันวาคม



ระดับความส่องสว่างผนังทิศเหนือ
ชุดการทดลอง base case วันที่ 21 ธันวาคม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ส่วนที่ระนาบผนังทิศใต้ภายในชุดการทดลอง base case นั้น มีค่า DF ตั้งแต่ 1.06-3.71% เฉลี่ย 2.22% โดยมีความสม่ำเสมอของแสง (Uniformity ratio) สูงกว่าระนาบผนังทิศเหนือ โดยมีค่าตั้งแต่ 0.69-0.85 เฉลี่ยเท่ากับ 0.79 ดังแสดงในตารางที่ 4.3 และแผนภูมิที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 แสดงค่า Daylight factor ที่ระนาบผนังทิศใต้ base case

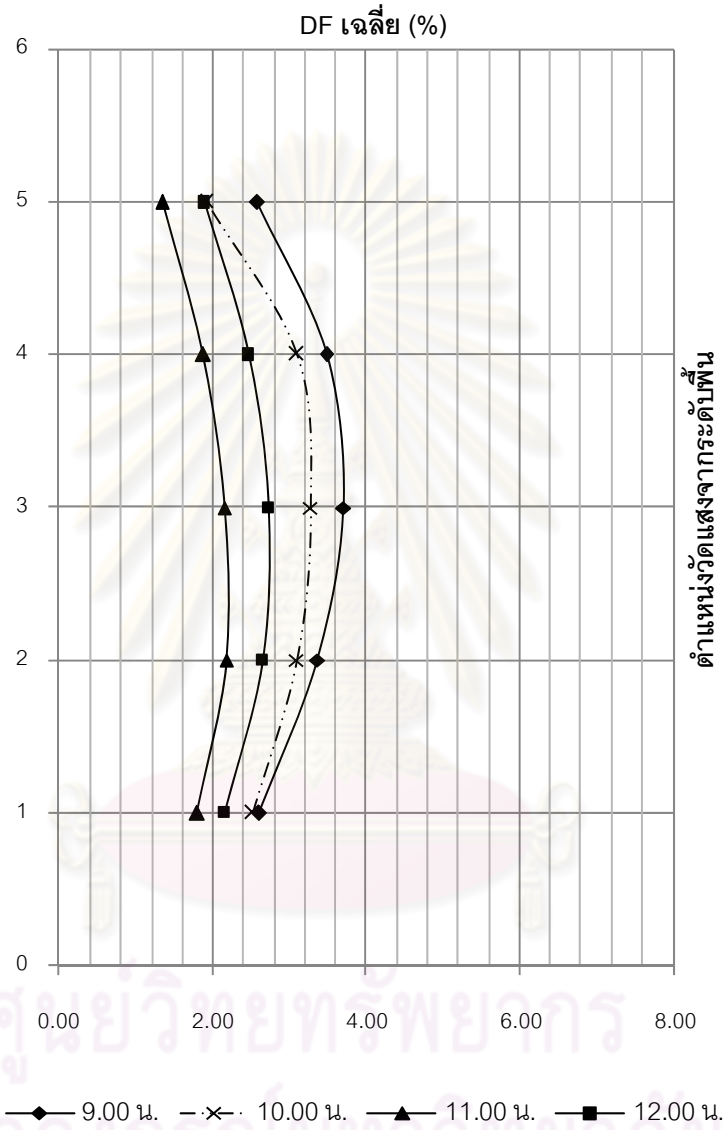
			ตำแหน่งที่ทำการวัดแสงจากระดับพื้น					ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าเฉลี่ย	uniformity
			0.95 ม.	2.35 ม.	3.75 ม.	5.15 ม.	6.55 ม.				
base case	วันที่ 21 มิ.ย.	9:00	2.60	3.36	3.71	3.48	2.58	3.71	2.58	3.15	0.82
		10:00	2.53	3.11	3.28	3.11	1.92	3.28	1.92	2.79	0.69
		11:00	1.81	2.17	2.16	1.88	1.34	2.17	1.34	1.87	0.72
		12:00	2.15	2.65	2.73	2.48	1.90	2.73	1.90	2.38	0.80
	วันที่ 21 ก.ย.	9:00	1.59	2.11	2.47	2.45	2.07	2.47	1.59	2.14	0.74
		10:00	1.46	1.90	2.18	1.96	1.42	2.18	1.42	1.78	0.80
		11:00	1.06	1.30	1.41	1.38	1.39	1.41	1.06	1.31	0.81
		12:00	1.35	1.74	1.81	1.66	1.38	1.81	1.35	1.59	0.85
	วันที่ 21 ธ.ค.	9:00	2.41	2.98	3.12	3.10	2.94	3.12	2.41	2.91	0.83
		10:00	1.78	2.19	2.51	2.58	2.35	2.58	1.78	2.28	0.78
		11:00	1.80	1.93	2.14	2.33	2.45	2.45	1.80	2.13	0.84
		12:00	1.78	2.08	2.38	2.62	2.66	2.66	1.78	2.31	0.77
	ค่าสูงสุด		2.60	3.36	3.71	3.48	2.94	3.71			0.85
	ค่าต่ำสุด		1.06	1.30	1.41	1.38	1.34		1.06		0.69
	ค่าเฉลี่ย		1.86	2.29	2.49	2.42	2.03			2.22	0.79

หมายเหตุ :

- ค่าสูงสุด ต่ำสุด ค่าเฉลี่ย และ Uniformity ratio ที่แสดงทางด้านขวาของตาราง เป็นค่า DF และ Uniformity ratio ที่ได้จากการวัดแสงในแต่ละครั้ง
- ค่าสูงสุด ต่ำสุด ค่าเฉลี่ย ที่แสดงทางด้านล่างของตาราง เป็นค่า DF ที่เกิดขึ้นในแต่ละตำแหน่งการวัดแสง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

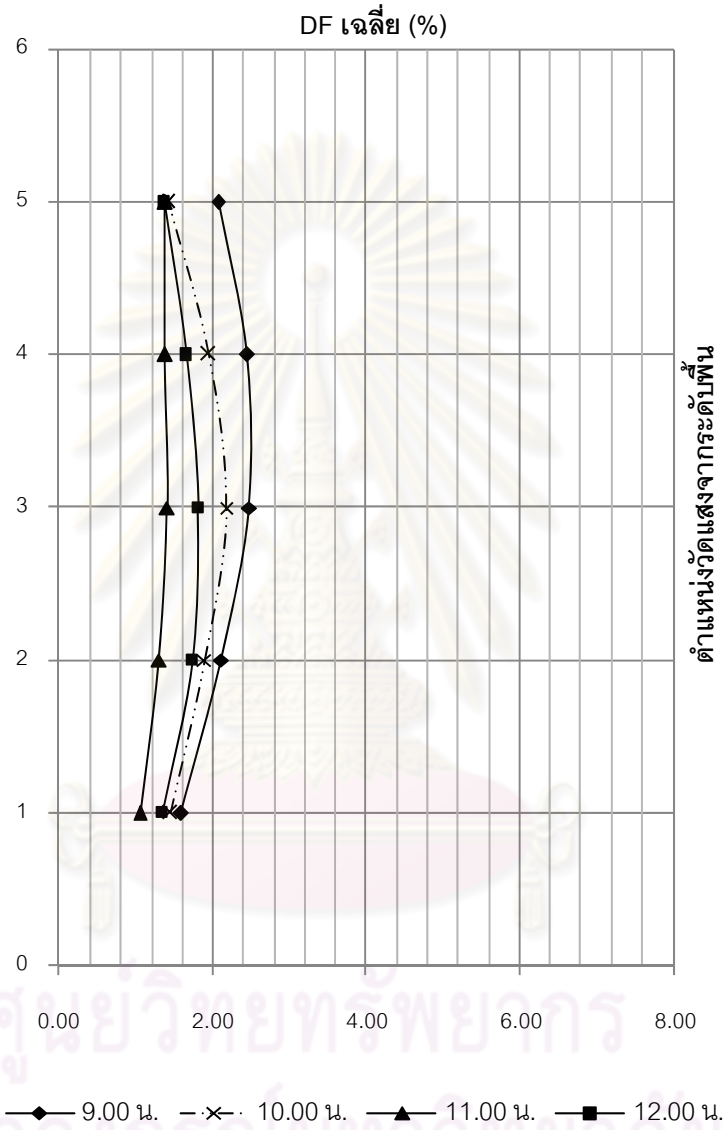
แผนภูมิที่ 4.3ก แสดงระดับความส่องสว่างที่ระนาบผนังทิศใต้ชุดการทดลอง base case วันที่ 21 มิถุนายน



ระดับความส่องสว่างผนังทิศใต้
ชุดการทดลอง base case วันที่ 21 มิถุนายน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

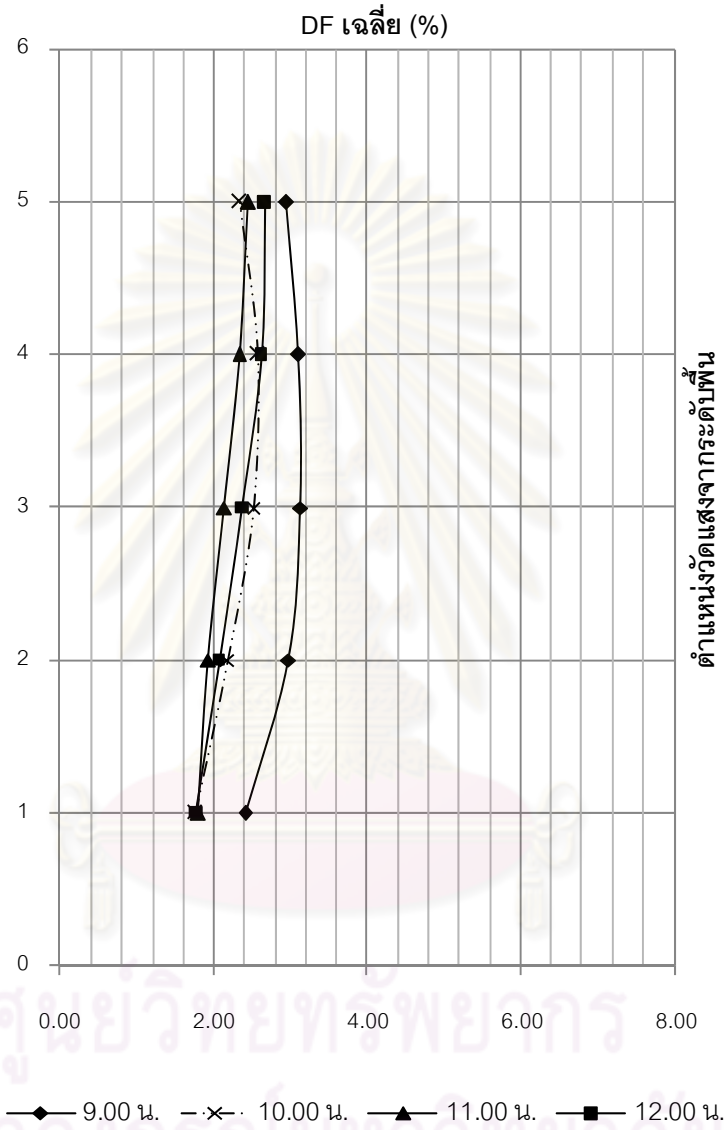
แผนภูมิที่ 4.3ข แสดงระดับความส่องสว่างที่ระนาบผนังทิศใต้ชุดการทดลอง base case วันที่ 21 กันยายน



ระดับความส่องสว่างผนังทิศใต้
ชุดการทดลอง base case วันที่ 21 กันยายน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แผนภูมิที่ 4.3ค แสดงระดับความส่องสว่างที่ระนาบผนังทิศใต้ชุดการทดลอง base case วันที่ 21 ธันวาคม



ระดับความส่องสว่างผนังทิศใต้
ชุดการทดลอง base case วันที่ 21 ธันวาคม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.4-4.12 เป็นตารางที่แสดงค่า DF ที่วัดได้จากชุดการทดลองทั้งหมดทั้งในระนาบพื้นและระนาบผนัง ซึ่งผู้วิจัยได้นำมาใช้เป็นข้อมูลเพื่อการวิเคราะห์ผลการทดลอง โดยจัดแสดงในรูปตารางหรือแผนภูมิตามความเหมาะสม

ตารางที่ 4.4 แสดงค่า Daylight factor ที่ระนาบพื้นชุดการทดลองกลุ่มที่ 1 (polished surface)

กลุ่มที่ 1 ชุดการทดลองที่ 1-4								Daylight factor (%) ที่ระนาบพื้น			
			ตำแหน่งที่ทำการวัดแสงจากผนังทิศเหนือ					ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าเฉลี่ย	uniformity
			1.00 ม.	3.00 ม.	5.00 ม.	7.00 ม.	9.00 ม.				
ชุดการทดลองที่ 1 โคมตรง	21 มิ.ย.	9:00	0.64	0.71	0.75	0.86	0.93	0.93	0.64	0.78	0.83
		10:00	0.55	0.61	0.63	0.73	0.78	0.78	0.55	0.66	0.84
		11:00	0.52	0.57	0.61	0.71	0.77	0.77	0.52	0.64	0.82
		12:00	0.46	0.51	0.54	0.62	0.67	0.67	0.46	0.56	0.82
	21 ก.ย.	9:00	0.72	0.76	0.73	0.78	0.80	0.80	0.72	0.76	0.94
		10:00	0.71	0.75	0.71	0.74	0.76	0.76	0.71	0.73	0.97
		11:00	0.73	0.76	0.71	0.72	0.73	0.76	0.71	0.73	0.97
		12:00	0.71	0.75	0.70	0.70	0.71	0.75	0.70	0.71	0.98
	21 ธ.ค.	9:00	2.17	2.08	1.51	1.16	1.02	2.17	1.02	1.59	0.64
		10:00	1.89	1.68	1.18	1.05	0.98	1.89	0.98	1.36	0.72
		11:00	1.86	1.62	1.18	1.06	0.99	1.86	0.99	1.34	0.74
		12:00	1.80	1.55	1.14	1.02	0.96	1.80	0.96	1.29	0.74
	ค่าสูงสุด		2.17	2.08	1.51	1.16	1.02	2.17			0.98
	ค่าต่ำสุด		0.46	0.51	0.54	0.62	0.67		0.46		0.64
	ค่าเฉลี่ย		1.06	1.03	0.87	0.85	0.84			0.93	0.83
ชุดการทดลองที่ 2 โคมโค้ง	21 มิ.ย.	9:00	0.47	0.57	0.64	0.73	0.77	0.77	0.47	0.64	0.74
		10:00	0.42	0.51	0.56	0.64	0.67	0.67	0.42	0.56	0.75
		11:00	0.39	0.44	0.46	0.45	0.51	0.51	0.39	0.45	0.88
		12:00	0.39	0.43	0.45	0.43	0.49	0.49	0.39	0.44	0.89
	21 ก.ย.	9:00	0.58	0.64	0.61	0.59	0.62	0.64	0.58	0.61	0.96
		10:00	0.57	0.62	0.59	0.57	0.59	0.62	0.57	0.59	0.96
		11:00	0.64	0.67	0.63	0.54	0.58	0.67	0.54	0.61	0.88
		12:00	0.61	0.64	0.61	0.53	0.57	0.64	0.53	0.59	0.89
	21 ธ.ค.	9:00	1.65	1.64	1.30	1.00	0.87	1.65	0.87	1.29	0.67
		10:00	1.41	1.33	1.05	0.87	0.79	1.41	0.79	1.09	0.72
		11:00	1.30	1.23	1.04	0.77	0.74	1.30	0.74	1.02	0.73
		12:00	1.23	1.20	1.02	0.74	0.73	1.23	0.73	0.98	0.74
	ค่าสูงสุด		1.65	1.64	1.30	1.00	0.87	1.65			0.96
	ค่าต่ำสุด		0.39	0.43	0.45	0.43	0.49		0.39		0.67
	ค่าเฉลี่ย		0.81	0.83	0.75	0.66	0.66			0.74	0.82

ตารางที่ 4.4 (ต่อ) แสดงค่า Daylight factor ที่ระนาบพื้นชุดการทดลองกลุ่มที่ 1 (polished surface)

กลุ่มที่ 1 ชุดการทดลองที่ 1-4 — Daylight factor (%) ที่ระนาบพื้น

			ตำแหน่งที่ทำการวัดแสงจากผนังทิศเหนือ					ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าเฉลี่ย	uniformity
			1.00 ม.	3.00 ม.	5.00 ม.	7.00 ม.	9.00 ม.				
ชุดการทดลองที่ 3 โคมโค้งคว่ำปิกนก	21 มิ.ย.	9:00	0.43	0.46	0.46	0.43	0.48	0.48	0.43	0.45	0.95
		10:00	0.42	0.48	0.54	0.60	0.70	0.70	0.42	0.55	0.77
		11:00	0.56	0.50	0.53	0.61	0.81	0.81	0.50	0.60	0.83
		12:00	0.61	0.65	0.65	0.66	0.86	0.86	0.61	0.69	0.89
	21 ก.ย.	9:00	0.41	0.45	0.44	0.42	0.47	0.47	0.41	0.44	0.95
		10:00	0.38	0.40	0.40	0.39	0.44	0.44	0.38	0.40	0.94
		11:00	0.37	0.40	0.40	0.39	0.44	0.44	0.37	0.40	0.94
		12:00	0.63	0.65	0.63	0.59	0.67	0.67	0.59	0.63	0.93
	21 ธ.ค.	9:00	1.84	1.58	1.09	0.84	0.89	1.84	0.84	1.25	0.67
		10:00	1.25	1.03	0.94	0.81	0.88	1.25	0.81	0.98	0.83
		11:00	0.98	0.97	0.89	0.78	0.85	0.98	0.78	0.89	0.88
		12:00	0.88	0.92	0.85	0.75	0.82	0.92	0.75	0.84	0.89
	ค่าสูงสุด		1.84	1.58	1.09	0.84	0.89	1.84			0.95
	ค่าต่ำสุด		0.37	0.40	0.40	0.39	0.44		0.37		0.67
	ค่าเฉลี่ย		0.73	0.71	0.65	0.61	0.69			0.68	0.87
ชุดการทดลองที่ 4 โคมโค้งหงาย	21 มิ.ย.	9:00	1.68	2.00	2.28	2.25	2.45	2.45	1.68	2.13	0.79
		10:00	1.84	2.11	2.42	2.41	2.70	2.70	1.84	2.30	0.80
		11:00	2.12	2.24	2.50	2.47	2.76	2.76	2.12	2.42	0.88
		12:00	2.87	2.51	2.62	2.55	2.92	2.92	2.51	2.70	0.93
	21 ก.ย.	9:00	2.04	2.30	2.28	1.98	2.07	2.30	1.98	2.13	0.93
		10:00	2.18	2.43	2.40	2.07	2.17	2.43	2.07	2.25	0.92
		11:00	2.26	2.51	2.41	2.05	2.13	2.51	2.05	2.27	0.90
		12:00	2.78	2.66	2.51	2.08	2.13	2.78	2.08	2.43	0.85
	21 ธ.ค.	9:00	2.23	2.53	2.37	1.81	1.66	2.53	1.66	2.12	0.78
		10:00	2.26	2.55	2.40	1.90	1.79	2.55	1.79	2.18	0.82
		11:00	2.31	2.62	2.44	1.95	1.85	2.62	1.85	2.23	0.83
		12:00	2.44	2.74	2.56	2.05	1.89	2.74	1.89	2.34	0.81
	ค่าสูงสุด		2.87	2.74	2.62	2.55	2.92	2.92			0.93
	ค่าต่ำสุด		1.68	2.00	2.28	1.81	1.66		1.66		0.78
	ค่าเฉลี่ย		2.25	2.43	2.43	2.13	2.21			2.29	0.85

หมายเหตุ :

- ค่าสูงสุด ต่ำสุด ค่าเฉลี่ย และ Uniformity ratio ที่แสดงทางด้านขวาของตาราง เป็นค่า DF และ Uniformity ratio ที่ได้จากการวัดแสงในแต่ละครั้ง
- ค่าสูงสุด ต่ำสุด ค่าเฉลี่ย ที่แสดงทางด้านล่างของตาราง เป็นค่า DF ที่เกิดขึ้นในแต่ละตำแหน่งการวัดแสง

จากตารางที่ 4.4 เมื่อพิจารณาค่า DF ที่ระนาบพื้นในชุดการทดลองกลุ่มที่ 1 พบว่า

ชุดการทดลองที่ 1 มีค่า DF ตั้งแต่ 0.46-2.17% เฉลี่ย 0.93% โดยที่ค่า DF ต่ำสุดและสูงสุดเกิดขึ้น ณ ตำแหน่งวัดแสงเดียวกันคือที่ระยะ 1.00 ม.จากผนังทิศเหนือ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.46% และ 2.17% ตามลำดับ โดยระดับความสม่ำเสมอของแสง (Uniformity ratio) ที่ได้ มีค่าตั้งแต่ 0.64-0.98 เฉลี่ยเท่ากับ 0.83

ชุดการทดลองที่ 2 มีค่า DF ตั้งแต่ 0.39-1.65% เฉลี่ย 0.74% โดยที่ค่า DF ต่ำสุดและสูงสุดเกิดขึ้น ณ ตำแหน่งวัดแสงเดียวกันคือที่ระยะ 1.00 ม.จากผนังทิศเหนือ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.36% และ 1.65% ตามลำดับ โดยระดับความสม่ำเสมอของแสง (Uniformity ratio) ที่ได้ มีค่าตั้งแต่ 0.67-0.96 เฉลี่ยเท่ากับ 0.82

ชุดการทดลองที่ 3 มีค่า DF ตั้งแต่ 0.37-1.84% เฉลี่ย 0.68% โดยที่ค่า DF ต่ำสุดและสูงสุดเกิดขึ้น ณ ตำแหน่งวัดแสงเดียวกันคือที่ระยะ 1.00 ม.จากผนังทิศเหนือ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.37% และ 1.84% ตามลำดับ โดยระดับความสม่ำเสมอของแสง (Uniformity ratio) ที่ได้ มีค่าตั้งแต่ 0.67-0.95 เฉลี่ยเท่ากับ 0.87

ชุดการทดลองที่ 4 มีค่า DF ตั้งแต่ 1.66-2.92% เฉลี่ย 2.29% โดยที่ค่า DF ต่ำสุดและสูงสุดเกิดขึ้น ณ ตำแหน่งวัดแสงเดียวกันคือที่ระยะ 9.00 ม.จากผนังทิศเหนือ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.66% และ 2.92% ตามลำดับ โดยระดับความสม่ำเสมอของแสง (Uniformity ratio) ที่ได้ มีค่าตั้งแต่ 0.78-0.93 เฉลี่ยเท่ากับ 0.85

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.5 แสดงค่า Daylight factor ที่ระนาบพื้นชุดการทดลองกลุ่มที่ 2 (unpolished surface)

กลุ่มที่ 2 ชุดการทดลองที่ 5-8								Daylight factor (%) ที่ระนาบพื้น			
			ตำแหน่งที่ทำการวัดแสงจากผนังทิศเหนือ					ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าเฉลี่ย	uniformity
			1.00 ม.	3.00 ม.	5.00 ม.	7.00 ม.	9.00 ม.				
ชุดการทดลองที่ 5 โคมตรง	วันที่ 21 มิ.ย.	9:00	0.55	0.61	0.64	0.73	0.79	0.79	0.55	0.66	0.83
		10:00	0.43	0.47	0.49	0.54	0.58	0.58	0.43	0.50	0.85
		11:00	0.40	0.43	0.44	0.48	0.51	0.51	0.40	0.45	0.87
		12:00	0.37	0.40	0.41	0.44	0.47	0.47	0.37	0.42	0.88
	วันที่ 21 ก.ย.	9:00	0.68	0.70	0.65	0.65	0.66	0.70	0.65	0.67	0.97
		10:00	0.64	0.65	0.59	0.59	0.59	0.65	0.59	0.61	0.97
		11:00	0.59	0.60	0.55	0.55	0.55	0.60	0.55	0.57	0.97
		12:00	0.58	0.59	0.55	0.54	0.54	0.59	0.54	0.56	0.96
	วันที่ 21 ธ.ค.	9:00	2.16	2.04	1.45	1.08	0.92	2.16	0.92	1.53	0.60
		10:00	1.73	1.52	1.08	0.88	0.79	1.73	0.79	1.20	0.66
		11:00	1.56	1.34	1.00	0.85	0.79	1.56	0.79	1.11	0.71
		12:00	1.49	1.29	0.97	0.84	0.78	1.49	0.78	1.07	0.73
	ค่าสูงสุด		2.16	2.04	1.45	1.08	0.92	2.16			0.97
	ค่าต่ำสุด		0.37	0.40	0.41	0.44	0.47		0.37		0.60
	ค่าเฉลี่ย		0.93	0.89	0.74	0.68	0.66			0.78	0.83
ชุดการทดลองที่ 6 โคมโค้ง	วันที่ 21 มิ.ย.	9:00	0.40	0.46	0.48	0.52	0.54	0.54	0.40	0.48	0.84
		10:00	0.35	0.40	0.41	0.44	0.45	0.45	0.35	0.41	0.86
		11:00	0.33	0.36	0.38	0.40	0.40	0.40	0.33	0.37	0.87
		12:00	0.31	0.35	0.37	0.39	0.39	0.39	0.31	0.36	0.87
	วันที่ 21 ก.ย.	9:00	0.52	0.56	0.53	0.51	0.49	0.56	0.49	0.52	0.94
		10:00	0.50	0.53	0.50	0.47	0.45	0.53	0.45	0.49	0.92
		11:00	0.49	0.52	0.48	0.44	0.42	0.52	0.42	0.47	0.89
		12:00	0.47	0.50	0.46	0.42	0.40	0.50	0.40	0.45	0.89
	วันที่ 21 ธ.ค.	9:00	1.37	1.38	1.10	0.85	0.73	1.38	0.73	1.08	0.67
		10:00	1.16	1.16	0.92	0.74	0.65	1.16	0.65	0.93	0.70
		11:00	1.03	1.03	0.84	0.69	0.61	1.03	0.61	0.84	0.73
		12:00	0.94	0.94	0.78	0.64	0.57	0.94	0.57	0.78	0.74
	ค่าสูงสุด		1.37	1.38	1.10	0.85	0.73	1.38			0.94
	ค่าต่ำสุด		0.31	0.35	0.37	0.39	0.39		0.31		0.67
	ค่าเฉลี่ย		0.66	0.68	0.60	0.54	0.51			0.60	0.83
ชุดการทดลองที่ 7 โคมโค้งคว่ำปิดกก	วันที่ 21 มิ.ย.	9:00	0.38	0.41	0.42	0.40	0.46	0.46	0.38	0.41	0.92
		10:00	0.40	0.43	0.44	0.43	0.51	0.51	0.40	0.44	0.91
		11:00	0.41	0.44	0.45	0.45	0.52	0.52	0.41	0.45	0.91
		12:00	0.41	0.44	0.45	0.44	0.52	0.52	0.41	0.45	0.91
	วันที่ 21 ก.ย.	9:00	0.40	0.44	0.46	0.46	0.52	0.52	0.40	0.46	0.88
		10:00	0.38	0.42	0.43	0.43	0.50	0.50	0.38	0.43	0.89
		11:00	0.36	0.40	0.41	0.41	0.48	0.48	0.36	0.41	0.89
		12:00	0.36	0.39	0.41	0.40	0.47	0.47	0.36	0.41	0.89
	วันที่ 21 ธ.ค.	9:00	1.15	1.00	0.81	0.68	0.72	1.15	0.68	0.87	0.78
		10:00	0.79	0.74	0.68	0.60	0.65	0.79	0.60	0.69	0.86
		11:00	0.69	0.68	0.63	0.57	0.63	0.69	0.57	0.64	0.89
		12:00	0.68	0.67	0.63	0.57	0.63	0.68	0.57	0.64	0.89
	ค่าสูงสุด		1.15	1.00	0.81	0.68	0.72	1.15			0.92
	ค่าต่ำสุด		0.36	0.39	0.41	0.40	0.46		0.36		0.78
	ค่าเฉลี่ย		0.54	0.54	0.52	0.49	0.55			0.53	0.88

ตารางที่ 4.5 (ต่อ) แสดงค่า Daylight factor ที่ระนาบพื้นชุดการทดลองกลุ่มที่ 2 (unpolished surface)

กลุ่มที่ 2 ชุดการทดลองที่ 5-8 — Daylight factor (%) ที่ระนาบพื้น

			ตำแหน่งที่ทำการวัดแสงจากผนังทิศเหนือ					ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าเฉลี่ย	uniformity
			1.00 ม.	3.00 ม.	5.00 ม.	7.00 ม.	9.00 ม.				
ชุดการทดลองที่ 8 โคมโค้งหงาย	วันที่ 21 มิ.ย.	9:00	1.34	1.52	1.63	1.55	1.73	1.73	1.34	1.55	0.86
		10:00	1.39	1.56	1.66	1.58	1.75	1.75	1.39	1.59	0.87
		11:00	1.42	1.60	1.69	1.60	1.79	1.79	1.42	1.62	0.87
		12:00	1.44	1.62	1.71	1.63	1.83	1.83	1.44	1.65	0.88
	วันที่ 21 ก.ย.	9:00	1.55	1.71	1.69	1.34	1.61	1.71	1.34	1.58	0.85
		10:00	1.60	1.75	1.70	1.36	1.58	1.75	1.36	1.60	0.85
		11:00	1.60	1.75	1.70	1.36	1.60	1.75	1.36	1.60	0.85
		12:00	1.58	1.76	1.78	1.42	1.63	1.78	1.42	1.63	0.87
	วันที่ 21 ธ.ค.	9:00	1.77	1.92	1.68	1.30	1.22	1.92	1.22	1.58	0.77
		10:00	1.78	1.90	1.68	1.32	1.27	1.90	1.27	1.59	0.80
		11:00	1.82	1.95	1.71	1.35	1.30	1.95	1.30	1.63	0.80
		12:00	1.80	1.93	1.71	1.35	1.32	1.93	1.32	1.62	0.81
	ค่าสูงสุด		1.82	1.95	1.78	1.63	1.83	1.95			0.88
	ค่าต่ำสุด		1.34	1.52	1.63	1.30	1.22		1.22		0.77
	ค่าเฉลี่ย		1.59	1.75	1.70	1.43	1.55			1,60	0.84

หมายเหตุ :

- ค่าสูงสุด ต่ำสุด ค่าเฉลี่ย และ Uniformity ratio ที่แสดงทางด้านขวาของตาราง เป็นค่า DF และ Uniformity ratio ที่ได้จากการวัดแสงในแต่ละครั้ง
- ค่าสูงสุด ต่ำสุด ค่าเฉลี่ย ที่แสดงทางด้านล่างของตาราง เป็นค่า DF ที่เกิดขึ้นในแต่ละตำแหน่งการวัดแสง

จากตารางที่ 4.5 เมื่อพิจารณาค่า DF ที่ระนาบพื้นในชุดการทดลองกลุ่มที่ 2 พบว่า

ชุดการทดลองที่ 5 มีค่า DF ตั้งแต่ 0.37-2.16% เฉลี่ย 0.78% โดยที่ค่า DF ต่ำสุดและสูงสุดเกิดขึ้น ณ ตำแหน่งวัดแสงเดียวกันคือที่ระยะ 1.00 ม.จากผนังทิศเหนือ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.37% และ 2.16% ตามลำดับ โดยระดับความสม่ำเสมอของแสง (Uniformity ratio) ที่ได้ มีค่าตั้งแต่ 0.60-0.97 เฉลี่ยเท่ากับ 0.83

ชุดการทดลองที่ 6 มีค่า DF ตั้งแต่ 0.31-1.38% เฉลี่ย 0.60% โดยที่ค่า DF ต่ำสุดอยู่ในตำแหน่งวัดแสงระยะ 1.00 ม.จากผนังทิศเหนือ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.31% และ DF สูงสุดอยู่ในตำแหน่งวัดแสงระยะ 3.00 ม.จากผนังทิศเหนือ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.38% โดยระดับความสม่ำเสมอของแสง (Uniformity ratio) ที่ได้ มีค่าตั้งแต่ 0.67-0.94 เฉลี่ยเท่ากับ 0.83

ชุดการทดลองที่ 7 มีค่า DF ตั้งแต่ 0.36-1.15% เฉลี่ย 0.53% โดยที่ค่า DF ต่ำสุดและสูงสุดเกิดขึ้น ณ ตำแหน่งวัดแสงเดียวกันคือที่ระยะ 1.00 ม.จากผนังทิศเหนือ ซึ่งมีค่าเท่ากับ

0.36% และ 1.15% ตามลำดับ โดยระดับความสม่ำเสมอของแสง (Uniformity ratio) ที่ได้ มีค่าตั้งแต่ 0.78-0.92 เฉลี่ยเท่ากับ 0.88

ชุดการทดลองที่ 8 มีค่า DF ตั้งแต่ 1.22-1.95% เฉลี่ย 1.60% โดยที่ค่า DF ต่ำสุดอยู่ในตำแหน่งวัดแสงระยะ 9.00 ม.จากผนังทิศเหนือ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.22% และ DF สูงสุดอยู่ในตำแหน่งวัดแสงระยะ 3.00 ม.จากผนังทิศเหนือ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.95% โดยระดับความสม่ำเสมอของแสง (Uniformity ratio) ที่ได้ มีค่าตั้งแต่ 0.77-0.88 เฉลี่ยเท่ากับ 0.84

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.6 แสดงค่า Daylight factor ที่ระนาบพื้นชุดการทดลองกลุ่มที่ 3 (matte surface)

กลุ่มที่ 3 ชุดการทดลองที่ 9-12			ตำแหน่งที่ทำการวัดแสงจากผนังทิศเหนือ					ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าเฉลี่ย	uniformity
			1.00 ม.	3.00 ม.	5.00 ม.	7.00 ม.	9.00 ม.				
ชุดการทดลองที่ 9 โคมตรง	วันที่ 21 มิ.ย.	9:00	0.66	0.72	0.75	0.78	0.99	0.99	0.66	0.78	0.84
		10:00	0.64	0.69	0.71	0.72	0.91	0.91	0.64	0.73	0.87
		11:00	0.63	0.68	0.69	0.70	0.87	0.87	0.63	0.71	0.89
		12:00	0.62	0.67	0.67	0.67	0.85	0.85	0.62	0.70	0.90
	วันที่ 21 ก.ย.	9:00	0.82	0.85	0.79	0.73	0.86	0.86	0.73	0.81	0.90
		10:00	0.80	0.83	0.76	0.70	0.82	0.83	0.70	0.78	0.89
		11:00	0.78	0.79	0.75	0.69	0.80	0.80	0.69	0.76	0.90
		12:00	0.76	0.77	0.73	0.68	0.79	0.79	0.68	0.75	0.91
	วันที่ 21 ธ.ค.	9:00	1.40	1.36	1.12	0.91	0.97	1.40	0.91	1.15	0.79
		10:00	1.25	1.21	1.01	0.84	0.92	1.25	0.84	1.05	0.80
		11:00	1.17	1.14	0.96	0.81	0.89	1.17	0.81	0.99	0.81
		12:00	1.14	1.11	0.94	0.79	0.88	1.14	0.79	0.97	0.81
	ค่าสูงสุด		1.40	1.36	1.12	0.91	0.99	1.40			0.91
	ค่าต่ำสุด		0.62	0.67	0.67	0.67	0.79		0.62		0.79
	ค่าเฉลี่ย		0.89	0.90	0.82	0.75	0.88			0.85	0.86
ชุดการทดลองที่ 10 โคมโค้ง	วันที่ 21 มิ.ย.	9:00	0.39	0.45	0.46	0.49	0.53	0.53	0.39	0.46	0.83
		10:00	0.38	0.44	0.44	0.46	0.50	0.50	0.38	0.44	0.85
		11:00	0.37	0.41	0.43	0.46	0.47	0.47	0.37	0.43	0.87
		12:00	0.38	0.43	0.44	0.47	0.48	0.48	0.38	0.44	0.87
	วันที่ 21 ก.ย.	9:00	0.47	0.52	0.49	0.69	0.51	0.69	0.47	0.54	0.88
		10:00	0.47	0.52	0.48	0.47	0.49	0.52	0.47	0.49	0.96
		11:00	0.45	0.48	0.45	0.44	0.42	0.48	0.42	0.45	0.95
		12:00	0.47	0.50	0.47	0.45	0.44	0.50	0.44	0.46	0.94
	วันที่ 21 ธ.ค.	9:00	0.73	0.79	0.70	0.64	0.63	0.79	0.63	0.70	0.90
		10:00	0.67	0.72	0.64	0.60	0.60	0.72	0.60	0.65	0.92
		11:00	0.67	0.72	0.65	0.60	0.60	0.72	0.60	0.65	0.92
		12:00	0.70	0.72	0.64	0.56	0.56	0.72	0.56	0.64	0.87
	ค่าสูงสุด		0.73	0.79	0.70	0.69	0.63	0.79			0.96
	ค่าต่ำสุด		0.37	0.41	0.43	0.44	0.42		0.37		0.83
	ค่าเฉลี่ย		0.51	0.56	0.53	0.53	0.52			0.53	0.90
ชุดการทดลองที่ 11 โคมโค้งคว่ำปิดกก	วันที่ 21 มิ.ย.	9:00	0.72	0.75	0.73	0.70	0.82	0.82	0.70	0.74	0.94
		10:00	0.71	0.73	0.71	0.68	0.80	0.80	0.68	0.73	0.94
		11:00	0.69	0.71	0.69	0.66	0.78	0.78	0.66	0.71	0.94
		12:00	0.69	0.71	0.69	0.66	0.77	0.77	0.66	0.70	0.94
	วันที่ 21 ก.ย.	9:00	0.70	0.75	0.76	0.75	0.89	0.89	0.70	0.77	0.91
		10:00	0.68	0.72	0.74	0.74	0.87	0.87	0.68	0.75	0.91
		11:00	0.67	0.71	0.72	0.72	0.86	0.86	0.67	0.74	0.91
		12:00	0.66	0.70	0.72	0.72	0.85	0.85	0.66	0.73	0.90
	วันที่ 21 ธ.ค.	9:00	1.27	1.24	1.07	0.90	0.97	1.27	0.90	1.09	0.83
		10:00	1.05	1.03	0.93	0.78	0.91	1.05	0.78	0.94	0.83
		11:00	0.95	0.94	0.87	0.79	0.88	0.95	0.79	0.89	0.89
		12:00	0.91	0.91	0.85	0.77	0.86	0.91	0.77	0.86	0.90
	ค่าสูงสุด		1.27	1.24	1.07	0.90	0.97	1.27			0.94
	ค่าต่ำสุด		0.66	0.70	0.69	0.66	0.77		0.66		0.83
	ค่าเฉลี่ย		0.81	0.83	0.79	0.74	0.85			0.80	0.90

ตารางที่ 4.6 (ต่อ) แสดงค่า Daylight factor ที่ระนาบพื้นชุดการทดลองกลุ่มที่ 3 (matte surface)

กลุ่มที่ 3 ชุดการทดลองที่ 9-12								Daylight factor (%) ที่ระนาบพื้น			
			ตำแหน่งที่ทำการวัดแสงจากผนังทิศเหนือ					ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าเฉลี่ย	uniformity
			1.00 ม.	3.00 ม.	5.00 ม.	7.00 ม.	9.00 ม.				
ชุดการทดลองที่ 12 โดมโค้งหงาย	วันที่ 21 มิ.ย.	9:00	0.91	1.02	1.09	1.08	1.24	1.24	0.91	1.06	0.85
		10:00	0.89	0.99	1.04	1.02	1.17	1.17	0.89	1.02	0.87
		11:00	0.88	0.97	1.00	0.98	1.11	1.11	0.88	0.99	0.89
		12:00	0.88	0.96	1.00	0.97	1.10	1.10	0.88	0.98	0.89
	วันที่ 21 ก.ย.	9:00	1.12	1.17	1.13	0.98	1.06	1.17	0.98	1.09	0.90
		10:00	1.07	1.12	1.05	0.92	0.99	1.12	0.92	1.03	0.90
		11:00	1.04	1.09	1.02	0.89	0.95	1.09	0.89	1.00	0.89
		12:00	1.03	1.07	1.00	0.88	0.93	1.07	0.88	0.98	0.89
	วันที่ 21 ธ.ค.	9:00	1.39	1.40	1.18	0.93	0.95	1.40	0.93	1.17	0.79
		10:00	1.35	1.35	1.15	0.91	0.94	1.35	0.91	1.14	0.80
		11:00	1.34	1.34	1.14	0.90	0.93	1.34	0.90	1.13	0.80
		12:00	1.34	1.34	1.14	0.90	0.93	1.34	0.90	1.13	0.80
	ค่าสูงสุด		1.39	1.40	1.18	1.08	1.24	1.40			0.90
	ค่าต่ำสุด		0.88	0.96	1.00	0.88	0.93		0.88		0.79
	ค่าเฉลี่ย		1.10	1.15	1.08	0.95	1.02			1.06	0.86

หมายเหตุ :

- ค่าสูงสุด ต่ำสุด ค่าเฉลี่ย และ Uniformity ratio ที่แสดงทางด้านขวาของตาราง เป็นค่า DF และ Uniformity ratio ที่ได้จากการวัดแสงในแต่ละครั้ง
- ค่าสูงสุด ต่ำสุด ค่าเฉลี่ย ที่แสดงทางด้านล่างของตาราง เป็นค่า DF ที่เกิดขึ้นในแต่ละตำแหน่งการวัดแสง

จากตารางที่ 4.6 เมื่อพิจารณาค่า DF ที่ระนาบพื้นในชุดการทดลองกลุ่มที่ 3 พบว่า

ชุดการทดลองที่ 9 มีค่า DF ตั้งแต่ 0.62-1.40% เฉลี่ย 0.85% โดยที่ค่า DF ต่ำสุดและสูงสุดเกิดขึ้น ณ ตำแหน่งวัดแสงเดียวกันคือที่ระยะ 1.00 ม.จากผนังทิศเหนือ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.62% และ 1.40% ตามลำดับ โดยระดับความสม่ำเสมอของแสง (Uniformity ratio) ที่ได้ มีค่าตั้งแต่ 0.79-0.91 เฉลี่ยเท่ากับ 0.86

ชุดการทดลองที่ 10 มีค่า DF ตั้งแต่ 0.37-0.79% เฉลี่ย 0.53% โดยที่ค่า DF ต่ำสุดอยู่ในตำแหน่งวัดแสงระยะ 1.00 ม.จากผนังทิศเหนือ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.37% และ DF สูงสุดอยู่ในตำแหน่งวัดแสงระยะ 3.00 ม.จากผนังทิศเหนือ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.79% โดยระดับความสม่ำเสมอของแสง (Uniformity ratio) ที่ได้ มีค่าตั้งแต่ 0.83-0.96เฉลี่ยเท่ากับ 0.90

ชุดการทดลองที่ 11 มีค่า DF ตั้งแต่ 0.66-1.27% เฉลี่ย 0.80% โดยที่ค่า DF ต่ำสุดและสูงสุดเกิดขึ้น ณ ตำแหน่งวัดแสงเดียวกันคือที่ระยะ 1.00 ม.จากผนังทิศเหนือ ซึ่งมีค่า

เท่ากับ 0.66% และ 1.27% ตามลำดับ โดยระดับความสม่ำเสมอของแสง (Uniformity ratio) ที่ได้มีค่าตั้งแต่ 0.83-0.94 เฉลี่ยเท่ากับ 0.90

ชุดการทดลองที่ 12 มีค่า DF ตั้งแต่ 0.88-1.40% เฉลี่ย 1.06% โดยที่ค่า DF ต่ำสุดอยู่ในตำแหน่งวัดแสงระยะ 1.00 ม.และ 7.00 ม.จากผนังทิศเหนือ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.88% และ DF สูงสุดอยู่ในตำแหน่งวัดแสงระยะ 3.00 ม.จากผนังทิศเหนือ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.40% โดยระดับความสม่ำเสมอของแสง (Uniformity ratio) ที่ได้ มีค่าตั้งแต่ 0.79-0.90 เฉลี่ยเท่ากับ 0.86

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.7 แสดงค่า Daylight factor ที่ระนาบผนังทิศเหนือชุดการทดลองกลุ่มที่ 1 (polished surface)

กลุ่มที่ 1 ชุดการทดลองที่ 1-4								Daylight factor (%) ที่ระนาบผนังทิศเหนือ			
			ตำแหน่งที่ทำการวัดแสงจากระดับพื้น					ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าเฉลี่ย	uniformity
			0.95 ม.	2.35 ม.	3.75 ม.	5.15 ม.	6.55 ม.				
ชุดการทดลองที่ 1 โคมตรง	วันที่ 21 มิ.ย.	9:00	0.31	0.44	0.64	1.00	1.98	1.98	0.31	0.87	0.35
		10:00	0.25	0.36	0.54	0.85	1.68	1.68	0.25	0.74	0.34
		11:00	0.21	0.30	0.46	0.70	1.41	1.41	0.21	0.62	0.33
		12:00	0.19	0.28	0.43	0.72	1.33	1.33	0.19	0.59	0.33
	วันที่ 21 ก.ย.	9:00	0.32	0.47	0.72	1.37	2.89	2.89	0.32	1.15	0.27
		10:00	0.30	0.44	0.69	1.36	2.70	2.70	0.30	1.10	0.27
		11:00	0.30	0.44	0.69	1.41	2.76	2.76	0.30	1.12	0.26
		12:00	0.29	0.43	0.67	1.35	2.75	2.75	0.29	1.10	0.26
	วันที่ 21 ธ.ค.	9:00	0.84	1.23	1.89	2.92	6.99	6.99	0.84	2.78	0.30
		10:00	0.79	1.21	2.01	3.13	7.10	7.10	0.79	2.85	0.28
		11:00	0.70	1.06	1.77	2.85	6.21	6.21	0.70	2.52	0.28
		12:00	0.70	1.08	1.80	2.93	5.67	5.67	0.70	2.44	0.29
	ค่าสูงสุด		0.84	1.23	2.01	3.13	7.10	7.10			0.35
	ค่าต่ำสุด		0.19	0.28	0.43	0.70	1.33		0.19		0.26
	ค่าเฉลี่ย		0.43	0.65	1.03	1.72	3.62			1.49	0.30
ชุดการทดลองที่ 2 โคมโค้ง	วันที่ 21 มิ.ย.	9:00	0.24	0.32	0.43	0.58	1.47	1.47	0.24	0.61	0.40
		10:00	0.22	0.30	0.42	0.59	1.55	1.55	0.22	0.62	0.37
		11:00	0.18	0.24	0.34	0.48	1.24	1.24	0.18	0.50	0.37
		12:00	0.17	0.23	0.31	0.43	1.09	1.09	0.17	0.45	0.38
	วันที่ 21 ก.ย.	9:00	0.30	0.43	0.61	0.92	3.09	3.09	0.30	1.07	0.28
		10:00	0.27	0.37	0.55	0.85	1.74	1.74	0.27	0.75	0.35
		11:00	0.24	0.33	0.50	0.79	2.33	2.33	0.24	0.84	0.29
		12:00	0.22	0.30	0.45	0.70	1.52	1.52	0.22	0.64	0.35
	วันที่ 21 ธ.ค.	9:00	0.70	1.05	1.76	2.89	5.47	5.47	0.70	2.37	0.29
		10:00	0.58	0.89	1.52	2.58	5.32	5.32	0.58	2.18	0.27
		11:00	0.47	0.73	1.28	2.25	4.82	4.82	0.47	1.91	0.25
		12:00	0.44	0.69	1.21	2.14	4.69	4.69	0.44	1.83	0.24
	ค่าสูงสุด		0.70	1.05	1.76	2.89	5.47	5.47			0.40
	ค่าต่ำสุด		0.17	0.23	0.31	0.43	1.09		0.17		0.24
	ค่าเฉลี่ย		0.34	0.49	0.78	1.27	2.86			1.15	0.32
ชุดการทดลองที่ 3 โคมโค้งคว่ำปกนก	วันที่ 21 มิ.ย.	9:00	0.24	0.32	0.50	0.80	2.14	2.14	0.24	0.80	0.30
		10:00	0.26	0.36	0.55	0.96	2.36	2.36	0.26	0.90	0.29
		11:00	0.26	0.37	0.59	1.00	2.36	2.36	0.26	0.92	0.28
		12:00	0.27	0.38	0.64	1.01	2.40	2.40	0.27	0.94	0.29
	วันที่ 21 ก.ย.	9:00	0.26	0.36	0.54	0.80	2.31	2.31	0.26	0.85	0.30
		10:00	0.24	0.34	0.50	0.74	2.12	2.12	0.24	0.79	0.30
		11:00	0.23	0.31	0.47	0.70	1.98	1.98	0.23	0.74	0.31
		12:00	0.26	0.36	0.58	0.81	2.20	2.20	0.26	0.84	0.31
	วันที่ 21 ธ.ค.	9:00	0.59	0.87	1.44	2.28	4.43	4.43	0.59	1.92	0.31
		10:00	0.49	0.73	1.21	2.00	4.24	4.24	0.49	1.73	0.28
		11:00	0.44	0.65	1.10	1.87	4.06	4.06	0.44	1.63	0.27
		12:00	0.41	0.62	1.04	1.81	3.86	3.86	0.41	1.55	0.27
	ค่าสูงสุด		0.59	0.87	1.44	2.28	4.43	4.43			0.31
	ค่าต่ำสุด		0.23	0.31	0.47	0.70	1.98		0.23		0.27
	ค่าเฉลี่ย		0.33	0.47	0.76	1.23	2.87			1.13	0.29

ตารางที่ 4.7 (ต่อ) แสดงค่า Daylight factor ที่ระนาบผนังทิศเหนือชุดการทดลองกลุ่มที่ 1 (polished surface)

กลุ่มที่ 1 ชุดการทดลองที่ 1-4								Daylight factor (%) ที่ระนาบผนังทิศเหนือ			
			ตำแหน่งที่ทำการวัดแสงจากระดับพื้น					ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าเฉลี่ย	uniformity
			0.95 ม.	2.35 ม.	3.75 ม.	5.15 ม.	6.55 ม.				
ชุดการทดลองที่ 4 โดมใส้งหงาย	วันที่ 21 มิ.ย.	9:00	1.05	1.42	1.98	2.67	4.10	4.10	1.05	2.24	0.47
		10:00	1.41	1.95	2.78	3.45	4.94	4.94	1.41	2.91	0.49
		11:00	1.36	1.87	2.56	3.19	4.45	4.45	1.36	2.69	0.51
		12:00	1.34	1.83	2.50	3.14	4.39	4.39	1.34	2.64	0.51
	วันที่ 21 ก.ย.	9:00	0.73	0.94	1.29	1.63	4.12	4.12	0.73	1.74	0.42
		10:00	0.76	0.99	1.35	1.77	4.27	4.27	0.76	1.83	0.41
		11:00	0.87	0.97	1.36	1.80	4.15	4.15	0.87	1.83	0.48
		12:00	0.79	1.03	1.43	1.71	3.80	3.80	0.79	1.75	0.45
	วันที่ 21 ธ.ค.	9:00	0.78	1.06	1.56	2.16	5.24	5.24	0.78	2.16	0.36
		10:00	0.77	1.05	1.55	2.09	5.37	5.37	0.77	2.17	0.36
		11:00	0.77	1.03	1.53	2.15	4.79	4.79	0.77	2.05	0.37
		12:00	0.76	1.03	1.51	2.12	4.73	4.73	0.76	2.03	0.38
	ค่าสูงสุด		1.41	1.95	2.78	3.45	5.37	5.37			0.51
	ค่าต่ำสุด		0.73	0.94	1.29	1.63	3.80		0.73		0.36
	ค่าเฉลี่ย		0.95	1.26	1.78	2.32	4.53			2.17	0.43

หมายเหตุ :

- ค่าสูงสุด ต่ำสุด ค่าเฉลี่ย และ Uniformity ratio ที่แสดงทางด้านขวาของตาราง เป็นค่า DF และ Uniformity ratio ที่ได้จากการวัดแสงในแต่ละครั้ง
- ค่าสูงสุด ต่ำสุด ค่าเฉลี่ย ที่แสดงทางด้านล่างของตาราง เป็นค่า DF ที่เกิดขึ้นในแต่ละตำแหน่งการวัดแสง

จากตารางที่ 4.7 เมื่อพิจารณาค่า DF ระนาบผนังทิศเหนือในชุดการทดลองกลุ่มที่ 1 พบว่า

ชุดการทดลองที่ 1 มีค่า DF ตั้งแต่ 0.19-7.10% เฉลี่ย 1.49% โดยที่ค่า DF สูงสุดอยู่ในตำแหน่งวัดแสงที่ 6.55 ม.จากระดับพื้นในทุกช่วงเวลา ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 1.33-7.10% และมีค่า DF ต่ำสุดอยู่ในตำแหน่งวัดแสงที่ 0.95 ม.จากระดับพื้นในทุกช่วงเวลาเช่นกัน ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 0.19-0.84% โดยระดับความสม่ำเสมอของแสง (Uniformity ratio) ที่ได้ มีค่าตั้งแต่ 0.26-0.35 เฉลี่ยเท่ากับ 0.30

ชุดการทดลองที่ 2 มีค่า DF ตั้งแต่ 0.17-5.47% เฉลี่ย 1.15% โดยที่ค่า DF สูงสุดอยู่ในตำแหน่งวัดแสงที่ 6.55 ม.จากระดับพื้นในทุกช่วงเวลา ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 1.09-5.47% และมีค่า DF ต่ำสุดอยู่ในตำแหน่งวัดแสงที่ 0.95 ม.จากระดับพื้นในทุกช่วงเวลาเช่นกัน ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 0.17-0.70% โดยระดับความสม่ำเสมอของแสง (Uniformity ratio) ที่ได้ มีค่าตั้งแต่ 0.24-0.40 เฉลี่ยเท่ากับ 0.32

ชุดการทดลองที่ 3 มีค่า DF ตั้งแต่ 0.23-4.43% เฉลี่ย 1.13% โดยที่ค่า DF สูงสุดอยู่ในตำแหน่งวัดแสงที่ 6.55 ม.จากระดับพื้นในทุกช่วงเวลา ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 1.98-4.43% และมีค่า DF ต่ำสุดอยู่ในตำแหน่งวัดแสงที่ 0.95 ม.จากระดับพื้นในทุกช่วงเวลาเช่นกัน ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 0.23-0.59% โดยระดับความสม่ำเสมอของแสง (Uniformity ratio) ที่ได้ มีค่าตั้งแต่ 0.27-0.31 เฉลี่ยเท่ากับ 0.29

ชุดการทดลองที่ 4 มีค่า DF ตั้งแต่ 0.73-5.37% เฉลี่ย 2.17% โดยที่ค่า DF สูงสุดอยู่ในตำแหน่งวัดแสงที่ 6.55 ม.จากระดับพื้นในทุกช่วงเวลา ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 3.80-5.37% และมีค่า DF ต่ำสุดอยู่ในตำแหน่งวัดแสงที่ 0.95 ม.จากระดับพื้นในทุกช่วงเวลาเช่นกัน ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 0.73-1.41% โดยระดับความสม่ำเสมอของแสง (Uniformity ratio) ที่ได้ มีค่าตั้งแต่ 0.36-0.51 เฉลี่ยเท่ากับ 0.43

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.8 แสดงค่า Daylight factor ที่ระนาบผนังทิศเหนือชุดการทดลองกลุ่มที่ 2 (unpolished surface)

กลุ่มที่ 2 ชุดการทดลองที่ 5-8 — Daylight factor (%) ที่ระนาบผนังทิศเหนือ

			ตำแหน่งที่ทำการวัดแสงจากระดับพื้น					ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าเฉลี่ย	uniformity
			0.95 ม.	2.35 ม.	3.75 ม.	5.15 ม.	6.55 ม.				
ชุดการทดลองที่ 5 โคมตรง	วันที่ 21 มิ.ย.	9:00	0.22	0.32	0.42	0.70	1.40	1.40	0.22	0.61	0.36
		10:00	0.18	0.25	0.34	0.59	1.22	1.22	0.18	0.52	0.34
		11:00	0.17	0.24	0.34	0.57	1.19	1.19	0.17	0.50	0.34
		12:00	0.19	0.28	0.39	0.65	1.36	1.36	0.19	0.57	0.34
	วันที่ 21 ก.ย.	9:00	0.26	0.38	0.55	1.11	2.40	2.40	0.26	0.94	0.28
		10:00	0.23	0.34	0.51	1.06	2.55	2.55	0.23	0.94	0.24
		11:00	0.23	0.34	0.57	1.14	2.28	2.28	0.23	0.91	0.25
		12:00	0.25	0.39	0.62	1.15	2.42	2.42	0.25	0.97	0.26
	วันที่ 21 ธ.ค.	9:00	0.67	1.02	1.52	2.63	5.56	5.56	0.67	2.28	0.29
		10:00	0.59	0.94	1.47	2.66	4.76	4.76	0.59	2.09	0.28
		11:00	0.55	0.88	1.41	2.61	4.29	4.29	0.55	1.95	0.28
		12:00	0.54	0.83	1.39	2.42	4.88	4.88	0.54	2.01	0.27
	ค่าสูงสุด		0.67	1.02	1.52	2.66	5.56	5.56			0.36
	ค่าต่ำสุด		0.17	0.24	0.34	0.57	1.19		0.17		0.24
	ค่าเฉลี่ย		0.34	0.52	0.79	1.44	2.86			1.19	0.30
ชุดการทดลองที่ 6 โคมโค้ง	วันที่ 21 มิ.ย.	9:00	0.19	0.27	0.35	0.50	1.09	1.09	0.19	0.48	0.40
		10:00	0.16	0.23	0.30	0.46	1.02	1.02	0.16	0.44	0.38
		11:00	0.15	0.20	0.27	0.42	0.96	0.96	0.15	0.40	0.37
		12:00	0.14	0.20	0.27	0.40	0.91	0.91	0.14	0.39	0.37
	วันที่ 21 ก.ย.	9:00	0.20	0.30	0.42	0.71	1.88	1.88	0.20	0.70	0.29
		10:00	0.19	0.28	0.40	0.69	1.86	1.86	0.19	0.68	0.28
		11:00	0.18	0.26	0.38	0.66	1.86	1.86	0.18	0.67	0.27
		12:00	0.17	0.24	0.36	0.63	1.79	1.79	0.17	0.64	0.26
	วันที่ 21 ธ.ค.	9:00	0.45	0.68	1.06	1.92	3.92	3.92	0.45	1.60	0.28
		10:00	0.38	0.59	0.93	1.74	3.79	3.79	0.38	1.49	0.26
		11:00	0.33	0.51	0.81	1.55	3.47	3.47	0.33	1.34	0.25
		12:00	0.33	0.51	0.80	1.55	3.42	3.42	0.33	1.32	0.25
	ค่าสูงสุด		0.45	0.68	1.06	1.92	3.92	3.92			0.40
	ค่าต่ำสุด		0.14	0.20	0.27	0.40	0.91		0.14		0.25
	ค่าเฉลี่ย		0.24	0.36	0.53	0.94	2.16			0.85	0.30
ชุดการทดลองที่ 7 โคมโค้งต่ำปีกนก	วันที่ 21 มิ.ย.	9:00	0.18	0.25	0.36	0.51	1.29	1.29	0.18	0.52	0.34
		10:00	0.18	0.25	0.37	0.53	1.39	1.39	0.18	0.55	0.33
		11:00	0.25	0.35	0.51	0.74	1.94	1.94	0.25	0.76	0.33
		12:00	0.18	0.26	0.37	0.54	1.42	1.42	0.18	0.55	0.33
	วันที่ 21 ก.ย.	9:00	0.19	0.28	0.38	0.53	1.39	1.39	0.19	0.55	0.35
		10:00	0.18	0.25	0.36	0.50	1.35	1.35	0.18	0.53	0.34
		11:00	0.20	0.27	0.39	0.55	1.47	1.47	0.20	0.58	0.34
		12:00	0.19	0.28	0.39	0.56	1.87	1.87	0.19	0.66	0.29
	วันที่ 21 ธ.ค.	9:00	0.43	0.65	1.05	1.63	3.27	3.27	0.43	1.41	0.30
		10:00	0.33	0.49	0.78	1.28	2.87	2.87	0.33	1.15	0.29
		11:00	0.28	0.42	0.65	1.10	2.64	2.64	0.28	1.02	0.28
		12:00	0.28	0.40	0.63	1.04	2.53	2.53	0.28	0.98	0.28
	ค่าสูงสุด		0.43	0.65	1.05	1.63	3.27	3.27			0.35
	ค่าต่ำสุด		0.18	0.25	0.36	0.50	1.29		0.18		0.28
	ค่าเฉลี่ย		0.24	0.35	0.52	0.79	1.95			0.77	0.32

ตารางที่ 4.8 (ต่อ) แสดงค่า Daylight factor ที่ระนาบผนังทิศเหนือชุดการทดลองกลุ่มที่ 2 (unpolished surface)

กลุ่มที่ 2 ชุดการทดลองที่ 5-8 — Daylight factor (%) ที่ระนาบผนังทิศเหนือ

			ตำแหน่งที่ทำการวัดแสงจากระดับพื้น					ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าเฉลี่ย	uniformity
			0.95 ม.	2.35 ม.	3.75 ม.	5.15 ม.	6.55 ม.				
ชุดการทดลองที่ 8 โคมโค้งหงาย	วันที่ 21 มิ.ย.	9:00	0.62	0.80	1.14	1.51	2.99	2.99	0.62	1.41	0.44
		10:00	0.65	0.84	1.23	1.62	3.00	3.00	0.65	1.47	0.44
		11:00	0.66	0.86	1.26	1.67	2.95	2.95	0.66	1.48	0.45
		12:00	0.67	0.87	1.27	1.68	2.89	2.89	0.67	1.48	0.45
	วันที่ 21 ก.ย.	9:00	0.60	0.78	1.17	1.53	3.14	3.14	0.60	1.44	0.41
		10:00	0.62	0.80	1.23	1.64	3.44	3.44	0.62	1.55	0.40
		11:00	0.63	0.82	1.26	1.67	3.47	3.47	0.63	1.57	0.40
		12:00	0.64	0.83	1.28	1.69	3.40	3.40	0.64	1.57	0.41
	วันที่ 21 ธ.ค.	9:00	0.62	0.81	1.35	1.84	5.09	5.09	0.62	1.94	0.32
		10:00	0.62	0.82	1.37	1.87	4.95	4.95	0.62	1.93	0.32
		11:00	0.63	0.82	1.38	1.88	4.82	4.82	0.63	1.91	0.33
		12:00	0.63	0.83	1.39	1.89	4.75	4.75	0.63	1.90	0.33
	ค่าสูงสุด		0.67	0.87	1.39	1.89	5.09	5.09			0.45
	ค่าต่ำสุด		0.60	0.78	1.14	1.51	2.89		0.60		0.32
	ค่าเฉลี่ย		0.63	0.82	1.28	1.71	3.74			1.64	0.39

หมายเหตุ :

- ค่าสูงสุด ต่ำสุด ค่าเฉลี่ย และ Uniformity ratio ที่แสดงทางด้านขวาของตาราง เป็นค่า DF และ Uniformity ratio ที่ได้จากการวัดแสงในแต่ละครั้ง
- ค่าสูงสุด ต่ำสุด ค่าเฉลี่ย ที่แสดงทางด้านล่างของตาราง เป็นค่า DF ที่เกิดขึ้นในแต่ละตำแหน่งการวัดแสง

จากตารางที่ 4.8 เมื่อพิจารณาค่า DF ระนาบผนังทิศเหนือในชุดการทดลองกลุ่มที่ 2 พบว่า

ชุดการทดลองที่ 5 มีค่า DF ตั้งแต่ 0.17-5.56% เฉลี่ย 1.19% โดยที่ค่า DF สูงสุดอยู่ในตำแหน่งวัดแสงที่ 6.55 ม.จากระดับพื้นในทุกช่วงเวลา ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 1.19-5.56% และมีค่า DF ต่ำสุดอยู่ในตำแหน่งวัดแสงที่ 0.95 ม.จากระดับพื้นในทุกช่วงเวลาเช่นกัน ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 0.17-0.67% โดยระดับความสม่ำเสมอของแสง (Uniformity ratio) ที่ได้ มีค่าตั้งแต่ 0.24-0.36 เฉลี่ยเท่ากับ 0.30

ชุดการทดลองที่ 6 มีค่า DF ตั้งแต่ 0.14-3.92% เฉลี่ย 0.85% โดยที่ค่า DF สูงสุดอยู่ในตำแหน่งวัดแสงที่ 6.55 ม.จากระดับพื้นในทุกช่วงเวลา ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 0.91-3.92% และมีค่า DF ต่ำสุดอยู่ในตำแหน่งวัดแสงที่ 0.95 ม.จากระดับพื้นในทุกช่วงเวลาเช่นกัน ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 0.14-0.54% โดยระดับความสม่ำเสมอของแสง (Uniformity ratio) ที่ได้ มีค่าตั้งแต่ 0.25-0.40 เฉลี่ยเท่ากับ 0.30

ชุดการทดลองที่ 7 มีค่า DF ตั้งแต่ 0.18-3.27% เฉลี่ย 0.77% โดยที่ค่า DF สูงสุดอยู่ในตำแหน่งวัดแสงที่ 6.55 ม.จากระดับพื้นในทุกช่วงเวลา ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 1.29-3.27% และมีค่า DF ต่ำสุดอยู่ในตำแหน่งวัดแสงที่ 0.95 ม.จากระดับพื้นในทุกช่วงเวลาเช่นกัน ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 0.18-0.43% โดยระดับความสม่ำเสมอของแสง (Uniformity ratio) ที่ได้ มีค่าตั้งแต่ 0.28-0.35 เฉลี่ยเท่ากับ 0.32

ชุดการทดลองที่ 8 มีค่า DF ตั้งแต่ 0.60-5.09% เฉลี่ย 1.64% โดยที่ค่า DF สูงสุดอยู่ในตำแหน่งวัดแสงที่ 6.55 ม.จากระดับพื้นในทุกช่วงเวลา ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 2.89-5.09% และมีค่า DF ต่ำสุดอยู่ในตำแหน่งวัดแสงที่ 0.95 ม.จากระดับพื้นในทุกช่วงเวลาเช่นกัน ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 0.60-0.67% โดยระดับความสม่ำเสมอของแสง (Uniformity ratio) ที่ได้ มีค่าตั้งแต่ 0.32-0.45 เฉลี่ยเท่ากับ 0.39

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.9 แสดงค่า Daylight factor ที่ระนาบผนังทิศเหนือชุดการทดลองกลุ่มที่ 3 (matte surface)

กลุ่มที่ 3 ชุดการทดลองที่ 9-12			Daylight factor (%) ที่ระนาบผนังทิศเหนือ								
			ตำแหน่งที่ทำการวัดแสงจากระดับพื้น					ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าเฉลี่ย	uniformity
			0.95 ม.	2.35 ม.	3.75 ม.	5.15 ม.	6.55 ม.				
ชุดการทดลองที่ 9 โคมตรง	วันที่ 21 มิ.ย.	9:00	0.34	0.48	0.68	0.93	2.45	2.45	0.34	0.98	0.35
		10:00	0.33	0.46	0.67	0.99	2.42	2.42	0.33	0.97	0.34
		11:00	0.42	0.61	0.87	1.05	3.15	3.15	0.42	1.22	0.34
		12:00	0.31	0.46	0.67	0.99	2.60	2.60	0.31	1.01	0.31
	วันที่ 21 ก.ย.	9:00	0.36	0.53	0.81	1.28	3.17	3.17	0.36	1.23	0.30
		10:00	0.35	0.51	0.78	1.25	3.02	3.02	0.35	1.18	0.30
		11:00	0.38	0.58	0.86	1.34	3.26	3.26	0.38	1.28	0.29
		12:00	0.33	0.52	0.78	1.21	3.21	3.21	0.33	1.21	0.27
	วันที่ 21 ธ.ค.	9:00	0.49	0.73	1.16	2.09	5.98	5.98	0.49	2.09	0.23
		10:00	0.45	0.68	1.07	1.80	5.43	5.43	0.45	1.88	0.24
		11:00	0.43	0.65	1.03	1.61	4.82	4.82	0.43	1.71	0.25
		12:00	0.45	0.71	1.08	1.81	5.10	5.10	0.45	1.83	0.25
	ค่าสูงสุด		0.49	0.73	1.16	2.09	5.98	5.98			0.35
	ค่าต่ำสุด		0.31	0.46	0.67	0.93	2.42		0.31		0.23
	ค่าเฉลี่ย		0.39	0.58	0.87	1.36	3.72			1.38	0.29
ชุดการทดลองที่ 10 โคมโค้ง	วันที่ 21 มิ.ย.	9:00	0.20	0.27	0.36	0.56	1.32	1.32	0.20	0.54	0.36
		10:00	0.18	0.25	0.34	0.53	1.30	1.30	0.18	0.52	0.34
		11:00	0.17	0.24	0.33	0.53	1.32	1.32	0.17	0.52	0.33
		12:00	0.17	0.24	0.34	0.56	1.44	1.44	0.17	0.55	0.31
	วันที่ 21 ก.ย.	9:00	0.20	0.29	0.42	0.73	1.96	1.96	0.20	0.72	0.28
		10:00	0.19	0.27	0.40	0.70	1.86	1.86	0.19	0.69	0.27
		11:00	0.19	0.27	0.40	0.71	1.87	1.87	0.19	0.69	0.27
		12:00	0.19	0.28	0.42	0.73	1.91	1.91	0.19	0.71	0.27
	วันที่ 21 ธ.ค.	9:00	0.31	0.47	0.73	1.30	3.41	3.41	0.31	1.25	0.25
		10:00	0.26	0.38	0.61	1.11	3.01	3.01	0.26	1.08	0.24
		11:00	0.25	0.37	0.58	1.06	2.89	2.89	0.25	1.03	0.24
		12:00	0.25	0.36	0.58	1.06	2.84	2.84	0.25	1.02	0.24
	ค่าสูงสุด		0.31	0.47	0.73	1.30	3.41	3.41			0.36
	ค่าต่ำสุด		0.17	0.24	0.33	0.53	1.30		0.17		0.24
	ค่าเฉลี่ย		0.21	0.31	0.46	0.80	2.10			0.77	0.28
ชุดการทดลองที่ 11 โคมโค้งคว่ำปิดกก	วันที่ 21 มิ.ย.	9:00	0.31	0.41	0.66	1.05	2.19	2.19	0.31	0.92	0.34
		10:00	0.30	0.40	0.64	1.04	2.16	2.16	0.30	0.91	0.33
		11:00	0.29	0.39	0.63	1.03	2.11	2.11	0.29	0.89	0.33
		12:00	0.29	0.39	0.63	1.03	2.12	2.12	0.29	0.89	0.33
	วันที่ 21 ก.ย.	9:00	0.33	0.43	0.67	1.07	2.41	2.41	0.33	0.98	0.33
		10:00	0.32	0.42	0.66	1.06	2.34	2.34	0.32	0.96	0.33
		11:00	0.31	0.41	0.65	1.04	2.26	2.26	0.31	0.94	0.34
		12:00	0.31	0.41	0.64	1.04	2.25	2.25	0.31	0.93	0.34
	วันที่ 21 ธ.ค.	9:00	0.49	0.68	1.12	0.49	2.19	2.19	0.49	1.00	0.49
		10:00	0.42	0.58	0.95	0.41	3.56	3.56	0.41	1.18	0.34
		11:00	0.40	0.55	0.89	0.35	3.31	3.31	0.35	1.10	0.32
		12:00	0.38	0.52	0.85	0.35	3.24	3.24	0.35	1.07	0.33
	ค่าสูงสุด		0.49	0.68	1.12	1.07	3.56	3.56			0.49
	ค่าต่ำสุด		0.29	0.39	0.63	0.35	2.11		0.29		0.32
	ค่าเฉลี่ย		0.35	0.47	0.75	0.83	2.51			0.98	0.35

ตารางที่ 4.9 (ต่อ) แสดงค่า Daylight factor ที่ระนาบผนังทิศเหนือชุดการทดลองกลุ่มที่ 3 (matte surface)

กลุ่มที่ 3 ชุดการทดลองที่ 9-12			Daylight factor (%) ที่ระนาบผนังทิศเหนือ								
			ตำแหน่งที่ทำการวัดแสงจากระดับพื้น					ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าเฉลี่ย	uniformity
			0.95 ม.	2.35 ม.	3.75 ม.	5.15 ม.	6.55 ม.				
ชุดการทดลองที่ 12 โดมโค้งหงาย	วันที่ 21 มิ.ย.	9:00	0.47	0.59	0.79	1.07	2.77	2.77	0.47	1.14	0.41
		10:00	0.45	0.57	0.76	1.07	2.64	2.64	0.45	1.10	0.41
		11:00	0.43	0.55	0.74	1.05	2.53	2.53	0.43	1.06	0.41
		12:00	0.41	0.54	0.74	1.04	2.50	2.50	0.41	1.05	0.40
	วันที่ 21 ก.ย.	9:00	0.47	0.62	0.89	1.34	3.51	3.51	0.47	1.37	0.35
		10:00	0.45	0.59	0.85	1.31	3.38	3.38	0.45	1.32	0.35
		11:00	0.44	0.57	0.84	1.35	3.40	3.40	0.44	1.32	0.34
		12:00	0.44	0.57	0.82	1.27	3.22	3.22	0.44	1.26	0.35
	วันที่ 21 ธ.ค.	9:00	0.57	0.74	1.15	1.75	5.18	5.18	0.57	1.88	0.30
		10:00	0.55	0.71	1.11	1.71	5.03	5.03	0.55	1.82	0.30
		11:00	0.54	0.70	1.07	1.67	4.54	4.54	0.54	1.70	0.32
		12:00	0.53	0.69	1.06	1.66	4.59	4.59	0.53	1.71	0.31
	ค่าสูงสุด		0.57	0.74	1.15	1.75	5.18	5.18			0.41
	ค่าต่ำสุด		0.41	0.54	0.74	1.04	2.50		0.41		0.30
	ค่าเฉลี่ย		0.48	0.62	0.90	1.36	3.61			1.39	0.35

หมายเหตุ :

- ค่าสูงสุด ต่ำสุด ค่าเฉลี่ย และ Uniformity ratio ที่แสดงทางด้านขวาของตาราง เป็นค่า DF และ Uniformity ratio ที่ได้จากการวัดแสงในแต่ละครั้ง
- ค่าสูงสุด ต่ำสุด ค่าเฉลี่ย ที่แสดงทางด้านล่างของตาราง เป็นค่า DF ที่เกิดขึ้นในแต่ละตำแหน่งการวัดแสง

จากตารางที่ 4.9 เมื่อพิจารณาค่า DF ระนาบผนังทิศเหนือในชุดการทดลองกลุ่มที่ 3 พบว่า

ชุดการทดลองที่ 9 มีค่า DF ตั้งแต่ 0.31-5.98% เฉลี่ย 1.38% โดยที่ค่า DF สูงสุดอยู่ในตำแหน่งวัดแสงที่ 6.55 ม.จากระดับพื้นในทุกช่วงเวลา ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 2.42-5.98% และมีค่า DF ต่ำสุดอยู่ในตำแหน่งวัดแสงที่ 0.95 ม.จากระดับพื้นในทุกช่วงเวลาเช่นกัน ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 0.31-0.49% โดยระดับความสม่ำเสมอของแสง (Uniformity ratio) ที่ได้ มีค่าตั้งแต่ 0.23-0.35 เฉลี่ยเท่ากับ 0.29

ชุดการทดลองที่ 10 มีค่า DF ตั้งแต่ 0.17-3.41% เฉลี่ย 0.77% โดยที่ค่า DF สูงสุดอยู่ในตำแหน่งวัดแสงที่ 6.55 ม.จากระดับพื้นในทุกช่วงเวลา ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 1.30-3.41% และมีค่า DF ต่ำสุดอยู่ในตำแหน่งวัดแสงที่ 0.95 ม.จากระดับพื้นในทุกช่วงเวลาเช่นกัน ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 0.17-0.31% โดยระดับความสม่ำเสมอของแสง (Uniformity ratio) ที่ได้ มีค่าตั้งแต่ 0.24-0.36 เฉลี่ยเท่ากับ 0.28

ชุดการทดลองที่ 11 มีค่า DF ตั้งแต่ 0.29-3.56% เฉลี่ย 0.98% โดยที่ค่า DF สูงสุดอยู่ในตำแหน่งวัดแสงที่ 6.55 ม.จากระดับพื้นในทุกช่วงเวลา ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 2.11-3.56% และมีค่า DF ต่ำสุดอยู่ในตำแหน่งวัดแสงที่ 0.95 ม.จากระดับพื้นในทุกช่วงเวลา ยกเว้นในวันที่ 21 ธ.ค. เวลา 10.00-12.00 น. โดยระดับความสม่ำเสมอของแสง (Uniformity ratio) ที่ได้ มีค่าตั้งแต่ 0.32-0.49 เฉลี่ยเท่ากับ 0.35

ชุดการทดลองที่ 12 มีค่า DF ตั้งแต่ 0.41-5.18% เฉลี่ย 1.39% โดยที่ค่า DF สูงสุดอยู่ในตำแหน่งวัดแสงที่ 6.55 ม.จากระดับพื้นในทุกช่วงเวลา ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 2.50-5.18% และมีค่า DF ต่ำสุดอยู่ในตำแหน่งวัดแสงที่ 0.95 ม.จากระดับพื้นในทุกช่วงเวลาเช่นกัน ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 0.41-0.57% โดยระดับความสม่ำเสมอของแสง (Uniformity ratio) ที่ได้ มีค่าตั้งแต่ 0.30-0.41 เฉลี่ยเท่ากับ 0.35

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.10 แสดงค่า Daylight factor ที่ระนาบผนังทิศใต้ของชุดการทดลองกลุ่มที่ 1 (polished surface)

กลุ่มที่ 1 ชุดการทดลองที่ 1-4			Daylight factor (%) ที่ระนาบผนังทิศใต้								
			ตำแหน่งที่ทำการวัดแสงจากระดับพื้น					ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าเฉลี่ย	uniformity
			0.95 ม.	2.35 ม.	3.75 ม.	5.15 ม.	6.55 ม.				
ชุดการทดลองที่ 1 โคมตรง	วันที่ 21 มิ.ย.	9:00	0.31	0.46	0.71	1.44	2.97	2.97	0.31	1.18	0.27
		10:00	0.27	0.40	0.61	1.12	1.64	1.64	0.27	0.81	0.33
		11:00	0.24	0.35	0.55	0.96	2.31	2.31	0.24	0.88	0.27
		12:00	0.23	0.34	0.54	0.93	2.21	2.21	0.23	0.85	0.27
	วันที่ 21 ก.ย.	9:00	0.29	0.41	0.61	0.96	1.72	1.72	0.29	0.80	0.36
		10:00	0.27	0.39	0.57	0.90	1.58	1.58	0.27	0.74	0.37
		11:00	0.25	0.36	0.52	0.83	1.47	1.47	0.25	0.69	0.37
		12:00	0.23	0.32	0.47	0.75	1.34	1.34	0.23	0.62	0.37
	วันที่ 21 ธ.ค.	9:00	0.46	0.61	0.81	1.16	2.64	2.64	0.46	1.14	0.40
		10:00	0.45	0.60	0.80	1.16	2.53	2.53	0.45	1.11	0.41
		11:00	0.44	0.59	0.80	1.17	2.57	2.57	0.44	1.11	0.40
		12:00	0.42	0.56	0.76	1.13	2.42	2.42	0.42	1.06	0.40
	ค่าสูงสุด		0.46	0.61	0.81	1.44	2.97	2.97			0.41
	ค่าต่ำสุด		0.23	0.32	0.47	0.75	1.34		0.23		0.27
	ค่าเฉลี่ย		0.32	0.45	0.65	1.04	2.12			0.92	0.35
ชุดการทดลองที่ 2 โคมโค้ง	วันที่ 21 มิ.ย.	9:00	0.29	0.40	0.60	0.92	3.01	3.01	0.29	1.05	0.28
		10:00	0.24	0.34	0.50	0.77	2.53	2.53	0.24	0.88	0.27
		11:00	0.20	0.28	0.42	0.64	2.12	2.12	0.20	0.73	0.27
		12:00	0.17	0.23	0.34	0.53	1.71	1.71	0.17	0.60	0.29
	วันที่ 21 ก.ย.	9:00	0.25	0.34	0.46	0.63	1.65	1.65	0.25	0.67	0.38
		10:00	0.21	0.28	0.38	0.52	1.29	1.29	0.21	0.53	0.39
		11:00	0.21	0.28	0.38	0.51	1.20	1.20	0.21	0.52	0.41
		12:00	0.19	0.26	0.34	0.46	1.08	1.08	0.19	0.47	0.42
	วันที่ 21 ธ.ค.	9:00	0.48	0.60	0.72	0.79	1.46	1.46	0.48	0.81	0.60
		10:00	0.44	0.55	0.67	0.75	1.41	1.41	0.44	0.77	0.58
		11:00	0.41	0.51	0.62	0.70	1.30	1.30	0.41	0.71	0.58
		12:00	0.39	0.49	0.60	0.68	1.25	1.25	0.39	0.68	0.58
	ค่าสูงสุด		0.48	0.60	0.72	0.92	3.01	3.01			0.60
	ค่าต่ำสุด		0.17	0.23	0.34	0.46	1.08		0.17		0.27
	ค่าเฉลี่ย		0.29	0.38	0.50	0.66	1.67			0.70	0.42
ชุดการทดลองที่ 3 โคมโค้งคว่ำปกนก	วันที่ 21 มิ.ย.	9:00	0.25	0.35	0.52	0.77	2.29	2.29	0.25	0.84	0.30
		10:00	0.27	0.37	0.56	0.83	2.02	2.02	0.27	0.81	0.33
		11:00	0.29	0.40	0.61	0.89	1.98	1.98	0.29	0.83	0.35
		12:00	0.29	0.40	0.64	0.90	2.11	2.11	0.29	0.87	0.33
	วันที่ 21 ก.ย.	9:00	0.24	0.34	0.51	0.80	2.14	2.14	0.24	0.81	0.30
		10:00	0.23	0.31	0.48	0.80	2.14	2.14	0.23	0.79	0.29
		11:00	0.26	0.33	0.50	0.85	2.29	2.29	0.26	0.85	0.30
		12:00	0.27	0.38	0.60	0.98	2.51	2.51	0.27	0.95	0.29
	วันที่ 21 ธ.ค.	9:00	0.39	0.52	0.74	1.00	2.20	2.20	0.39	0.97	0.41
		10:00	0.36	0.47	0.69	0.96	2.12	2.12	0.36	0.92	0.39
		11:00	0.36	0.48	0.71	1.00	2.25	2.25	0.36	0.96	0.38
		12:00	0.32	0.43	0.63	0.89	1.98	1.98	0.32	0.85	0.38
	ค่าสูงสุด		0.39	0.52	0.74	1.00	2.51	2.51			0.41
	ค่าต่ำสุด		0.23	0.31	0.48	0.77	1.98		0.23		0.29
	ค่าเฉลี่ย		0.29	0.40	0.60	0.89	2.17			0.87	0.34

ตารางที่ 4.10 (ต่อ) แสดงค่า Daylight factor ที่ระนาบผนังทิศใต้ของชุดการทดลองกลุ่มที่ 1 (polished surface)

กลุ่มที่ 1 ชุดการทดลองที่ 1-4								Daylight factor (%) ที่ระนาบผนังทิศใต้			
			ตำแหน่งที่ทำการวัดแสงจากระดับพื้น					ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าเฉลี่ย	uniformity
			0.95 ม.	2.35 ม.	3.75 ม.	5.15 ม.	6.55 ม.				
ชุดการทดลองที่ 4 โดมโค้งหงาย	วันที่ 21 มิ.ย.	9:00	0.73	0.94	1.33	1.66	3.59	3.59	0.73	1.65	0.44
		10:00	0.80	1.04	1.50	1.98	4.31	4.31	0.80	1.92	0.41
		11:00	0.82	1.07	1.55	2.08	4.29	4.29	0.82	1.96	0.42
		12:00	0.81	1.06	1.50	2.11	4.30	4.30	0.81	1.96	0.41
	วันที่ 21 ก.ย.	9:00	1.05	1.43	2.01	2.74	3.98	3.98	1.05	2.24	0.47
		10:00	1.12	1.53	2.14	3.00	4.10	4.10	1.12	2.38	0.47
		11:00	1.15	1.55	2.19	3.12	4.19	4.19	1.15	2.44	0.47
		12:00	1.24	1.67	2.36	3.35	4.70	4.70	1.24	2.67	0.47
	วันที่ 21 ธ.ค.	9:00	0.79	0.98	1.16	1.25	2.28	2.28	0.79	1.29	0.61
		10:00	0.96	1.19	1.39	1.45	2.56	2.56	0.96	1.51	0.64
		11:00	0.91	1.13	1.30	1.34	2.41	2.41	0.91	1.42	0.64
		12:00	1.24	1.53	1.74	1.78	3.32	3.32	1.24	1.92	0.64
	ค่าสูงสุด		1.24	1.67	2.36	3.35	4.70	4.70			0.64
	ค่าต่ำสุด		0.73	0.94	1.16	1.25	2.28		0.73		0.41
	ค่าเฉลี่ย		0.97	1.26	1.68	2.16	3.67			1.95	0.51

หมายเหตุ :

- ค่าสูงสุด ต่ำสุด ค่าเฉลี่ย และ Uniformity ratio ที่แสดงทางด้านขวาของตาราง เป็นค่า DF และ Uniformity ratio ที่ได้จากการวัดแสงในแต่ละครั้ง
- ค่าสูงสุด ต่ำสุด ค่าเฉลี่ย ที่แสดงทางด้านล่างของตาราง เป็นค่า DF ที่เกิดขึ้นในแต่ละตำแหน่งการวัดแสง

จากตารางที่ 4.10 เมื่อพิจารณาค่า DF ที่ระนาบผนังทิศใต้ในชุดการทดลองกลุ่มที่ 1 พบว่า

ชุดการทดลองที่ 1 มีค่า DF ตั้งแต่ 0.23-2.97% เฉลี่ย 0.92% โดยที่ค่า DF สูงสุดอยู่ในตำแหน่งวัดแสงที่ 6.55 ม.จากระดับพื้นในทุกช่วงเวลา ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 1.34-2.97% และมีค่า DF ต่ำสุดอยู่ในตำแหน่งวัดแสงที่ 0.95 ม.จากระดับพื้นในทุกช่วงเวลาเช่นกัน ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 0.23-0.46% โดยระดับความสม่ำเสมอของแสง (Uniformity ratio) ที่ได้ มีค่าตั้งแต่ 0.27-0.41 เฉลี่ยเท่ากับ 0.35

ชุดการทดลองที่ 2 มีค่า DF ตั้งแต่ 0.17-3.01% เฉลี่ย 0.70% โดยที่ค่า DF สูงสุดอยู่ในตำแหน่งวัดแสงที่ 6.55 ม.จากระดับพื้นในทุกช่วงเวลา ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 1.08-3.01% และมีค่า DF ต่ำสุดอยู่ในตำแหน่งวัดแสงที่ 0.95 ม.จากระดับพื้นในทุกช่วงเวลาเช่นกัน ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 0.17-0.48% โดยระดับความสม่ำเสมอของแสง (Uniformity ratio) ที่ได้ มีค่าตั้งแต่ 0.27-0.60 เฉลี่ยเท่ากับ 0.42

ชุดการทดลองที่ 3 มีค่า DF ตั้งแต่ 0.23-2.51% เฉลี่ย 0.87% โดยที่ค่า DF สูงสุดอยู่ในตำแหน่งวัดแสงที่ 6.55 ม.จากระดับพื้นในทุกช่วงเวลา ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 1.98-2.51% และมีค่า DF ต่ำสุดอยู่ในตำแหน่งวัดแสงที่ 0.95 ม.จากระดับพื้นในทุกช่วงเวลาเช่นกัน ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 0.23-0.39% โดยระดับความสม่ำเสมอของแสง (Uniformity ratio) ที่ได้ มีค่าตั้งแต่ 0.29-0.41 เฉลี่ยเท่ากับ 0.34

ชุดการทดลองที่ 4 มีค่า DF ตั้งแต่ 0.73-4.70% เฉลี่ย 1.95% โดยที่ค่า DF สูงสุดอยู่ในตำแหน่งวัดแสงที่ 6.55 ม.จากระดับพื้นในทุกช่วงเวลา ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 2.28-4.70% และมีค่า DF ต่ำสุดอยู่ในตำแหน่งวัดแสงที่ 0.95 ม.จากระดับพื้นในทุกช่วงเวลาเช่นกัน ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 0.73-1.24% โดยระดับความสม่ำเสมอของแสง (Uniformity ratio) ที่ได้ มีค่าตั้งแต่ 0.41-0.64 เฉลี่ยเท่ากับ 0.51

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.11 แสดงค่า Daylight factor ที่ระนาบผนังทิศใต้ชุดการทดลองกลุ่มที่ 2 (unpolished surface)

กลุ่มที่ 2 ชุดการทดลองที่ 5-8								Daylight factor (%) ที่ระนาบผนังทิศใต้			
			ตำแหน่งที่ทำการวัดแสงจากระดับพื้น					ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าเฉลี่ย	uniformity
			0.95 ม.	2.35 ม.	3.75 ม.	5.15 ม.	6.55 ม.				
ชุดการทดลองที่ 5 โคมตรง	วันที่ 21 มิ.ย.	9:00	0.26	0.38	0.57	1.22	2.86	2.86	0.26	1.06	0.24
		10:00	0.21	0.31	0.46	0.95	2.31	2.31	0.21	0.85	0.25
		11:00	0.18	0.27	0.43	0.80	1.75	1.75	0.18	0.69	0.26
		12:00	0.18	0.27	0.42	0.79	1.77	1.77	0.18	0.69	0.26
	วันที่ 21 ก.ย.	9:00	0.21	0.31	0.41	0.69	1.42	1.42	0.21	0.61	0.35
		10:00	0.19	0.28	0.37	0.63	1.23	1.23	0.19	0.54	0.36
		11:00	0.18	0.26	0.35	0.59	1.16	1.16	0.18	0.51	0.36
		12:00	0.20	0.28	0.41	0.66	1.34	1.34	0.20	0.58	0.35
	วันที่ 21 ธ.ค.	9:00	0.39	0.51	0.62	0.88	1.49	1.49	0.39	0.78	0.50
		10:00	0.35	0.46	0.57	0.83	1.36	1.36	0.35	0.71	0.49
		11:00	0.32	0.43	0.54	0.79	1.29	1.29	0.32	0.67	0.48
		12:00	0.31	0.41	0.52	0.78	1.30	1.30	0.31	0.67	0.46
	ค่าสูงสุด		0.39	0.51	0.62	1.22	2.86	2.86			0.50
	ค่าต่ำสุด		0.18	0.26	0.35	0.59	1.16		0.18		0.24
	ค่าเฉลี่ย		0.25	0.35	0.47	0.80	1.61			0.70	0.36
ชุดการทดลองที่ 6 โคมโค้ง	วันที่ 21 มิ.ย.	9:00	0.20	0.30	0.43	0.74	2.02	2.02	0.20	0.74	0.28
		10:00	0.17	0.25	0.36	0.61	1.68	1.68	0.17	0.61	0.28
		11:00	0.15	0.22	0.32	0.54	1.52	1.52	0.15	0.55	0.28
		12:00	0.14	0.21	0.29	0.50	1.44	1.44	0.14	0.52	0.27
	วันที่ 21 ก.ย.	9:00	0.20	0.27	0.35	0.51	1.08	1.08	0.20	0.48	0.41
		10:00	0.18	0.24	0.32	0.46	0.98	0.98	0.18	0.44	0.41
		11:00	0.16	0.22	0.29	0.41	0.86	0.86	0.16	0.39	0.42
		12:00	0.16	0.22	0.28	0.40	0.82	0.82	0.16	0.37	0.42
	วันที่ 21 ธ.ค.	9:00	0.32	0.43	0.53	0.73	1.41	1.41	0.32	0.68	0.47
		10:00	0.30	0.41	0.50	0.70	1.39	1.39	0.30	0.66	0.45
		11:00	0.27	0.36	0.45	0.62	1.23	1.23	0.27	0.58	0.46
		12:00	0.26	0.35	0.42	0.57	1.13	1.13	0.26	0.55	0.47
	ค่าสูงสุด		0.32	0.43	0.53	0.74	2.02	2.02			0.47
	ค่าต่ำสุด		0.14	0.21	0.28	0.40	0.82		0.14		0.27
	ค่าเฉลี่ย		0.21	0.29	0.38	0.57	1.30			0.55	0.38
ชุดการทดลองที่ 7 โคมโค้งคว่ำปกนก	วันที่ 21 มิ.ย.	9:00	0.20	0.28	0.40	0.55	1.50	1.50	0.20	0.59	0.35
		10:00	0.21	0.30	0.43	0.62	1.55	1.55	0.21	0.62	0.34
		11:00	0.20	0.28	0.40	0.58	1.44	1.44	0.20	0.58	0.34
		12:00	0.20	0.28	0.41	0.60	1.49	1.49	0.20	0.59	0.33
	วันที่ 21 ก.ย.	9:00	0.20	0.29	0.41	0.58	1.47	1.47	0.20	0.59	0.34
		10:00	0.18	0.26	0.37	0.53	1.38	1.38	0.18	0.54	0.33
		11:00	0.23	0.33	0.47	0.68	1.77	1.77	0.23	0.70	0.33
		12:00	0.16	0.22	0.33	0.47	1.22	1.22	0.16	0.48	0.33
	วันที่ 21 ธ.ค.	9:00	0.30	0.40	0.52	0.68	1.36	1.36	0.30	0.65	0.46
		10:00	0.26	0.35	0.48	0.63	1.33	1.33	0.26	0.61	0.43
		11:00	0.25	0.33	0.45	0.61	1.29	1.29	0.25	0.59	0.42
		12:00	0.33	0.45	0.61	0.82	1.74	1.74	0.33	0.79	0.42
	ค่าสูงสุด		0.33	0.45	0.61	0.82	1.77	1.77			0.46
	ค่าต่ำสุด		0.16	0.22	0.33	0.47	1.22		0.16		0.33
	ค่าเฉลี่ย		0.23	0.31	0.44	0.61	1.46			0.61	0.37

ตารางที่ 4.11 (ต่อ) แสดงค่า Daylight factor ที่ระนาบผนังทิศใต้ชุดการทดลองกลุ่มที่ 2 (unpolished surface)

กลุ่มที่ 2 ชุดการทดลองที่ 5-8 — Daylight factor (%) ที่ระนาบผนังทิศใต้

			ตำแหน่งที่ทำการวัดแสงจากระดับพื้น					ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าเฉลี่ย	uniformity
			0.95 ม.	2.35 ม.	3.75 ม.	5.15 ม.	6.55 ม.				
ชุดการทดลองที่ 8 โดมโค้งหงาย	วันที่ 21 มิ.ย.	9:00	0.60	0.78	1.19	1.57	3.69	3.69	0.60	1.57	0.38
		10:00	0.63	0.82	1.26	1.66	3.42	3.42	0.63	1.56	0.41
		11:00	0.65	0.85	1.30	1.70	3.34	3.34	0.65	1.57	0.42
		12:00	0.66	0.86	1.31	1.71	3.28	3.28	0.66	1.56	0.42
	วันที่ 21 ก.ย.	9:00	0.62	0.80	1.16	1.60	3.21	3.21	0.62	1.48	0.42
		10:00	0.64	0.82	1.20	1.36	2.96	2.96	0.64	1.40	0.46
		11:00	0.65	0.83	1.20	1.58	2.80	2.80	0.65	1.41	0.46
		12:00	0.66	0.84	1.22	1.60	2.77	2.77	0.66	1.42	0.46
	วันที่ 21 ธ.ค.	9:00	0.58	0.71	0.96	1.13	2.68	2.68	0.58	1.21	0.48
		10:00	0.60	0.74	0.99	1.17	2.66	2.66	0.60	1.23	0.49
		11:00	0.61	0.75	1.01	1.21	2.62	2.62	0.61	1.24	0.49
		12:00	0.61	0.75	1.02	1.22	2.56	2.56	0.61	1.23	0.50
	ค่าสูงสุด		0.66	0.86	1.31	1.71	3.69	3.69			0.50
	ค่าต่ำสุด		0.58	0.71	0.96	1.13	2.56		0.58		0.38
	ค่าเฉลี่ย		0.63	0.80	1.15	1.46	3.00			1.41	0.45

หมายเหตุ :

- ค่าสูงสุด ต่ำสุด ค่าเฉลี่ย และ Uniformity ratio ที่แสดงทางด้านขวาของตาราง เป็นค่า DF และ Uniformity ratio ที่ได้จากการวัดแสงในแต่ละครั้ง
- ค่าสูงสุด ต่ำสุด ค่าเฉลี่ย ที่แสดงทางด้านล่างของตาราง เป็นค่า DF ที่เกิดขึ้นในแต่ละตำแหน่งการวัดแสง

จากตารางที่ 4.11 เมื่อพิจารณาค่า DF ที่ระนาบผนังทิศใต้ในชุดการทดลองกลุ่มที่ 2 พบว่า

ชุดการทดลองที่ 5 มีค่า DF ตั้งแต่ 0.18-2.86% เฉลี่ย 0.70% โดยที่ค่า DF สูงสุดอยู่ในตำแหน่งวัดแสงที่ 6.55 ม.จากระดับพื้นในทุกช่วงเวลา ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 1.16-2.86% และมีค่า DF ต่ำสุดอยู่ในตำแหน่งวัดแสงที่ 0.95 ม.จากระดับพื้นในทุกช่วงเวลาเช่นกัน ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 0.18-0.39% โดยระดับความสม่ำเสมอของแสง (Uniformity ratio) ที่ได้ มีค่าตั้งแต่ 0.24-0.50 เฉลี่ยเท่ากับ 0.36

ชุดการทดลองที่ 6 มีค่า DF ตั้งแต่ 0.14-2.02% เฉลี่ย 0.55% โดยที่ค่า DF สูงสุดอยู่ในตำแหน่งวัดแสงที่ 6.55 ม.จากระดับพื้นในทุกช่วงเวลา ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 0.82-2.02% และมีค่า DF ต่ำสุดอยู่ในตำแหน่งวัดแสงที่ 0.95 ม.จากระดับพื้นในทุกช่วงเวลาเช่นกัน ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 0.14-0.32% โดยระดับความสม่ำเสมอของแสง (Uniformity ratio) ที่ได้ มีค่าตั้งแต่ 0.27-0.60 เฉลี่ยเท่ากับ 0.42

ชุดการทดลองที่ 7 มีค่า DF ตั้งแต่ 0.16-1.77% เฉลี่ย 0.61% โดยที่ค่า DF สูงสุดอยู่ในตำแหน่งวัดแสงที่ 6.55 ม.จากระดับพื้นในทุกช่วงเวลา ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 1.22-1.77% และมีค่า DF ต่ำสุดอยู่ในตำแหน่งวัดแสงที่ 0.95 ม.จากระดับพื้นในทุกช่วงเวลาเช่นกัน ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 0.16-0.33% โดยระดับความสม่ำเสมอของแสง (Uniformity ratio) ที่ได้ มีค่าตั้งแต่ 0.33-0.46 เฉลี่ยเท่ากับ 0.37

ชุดการทดลองที่ 8 มีค่า DF ตั้งแต่ 0.58-3.69% เฉลี่ย 1.41% โดยที่ค่า DF สูงสุดอยู่ในตำแหน่งวัดแสงที่ 6.55 ม.จากระดับพื้นในทุกช่วงเวลา ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 2.56-3.69% และมีค่า DF ต่ำสุดอยู่ในตำแหน่งวัดแสงที่ 0.95 ม.จากระดับพื้นในทุกช่วงเวลาเช่นกัน ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 0.58-0.66% โดยระดับความสม่ำเสมอของแสง (Uniformity ratio) ที่ได้มีค่าตั้งแต่ 0.38-0.50 เฉลี่ยเท่ากับ0.45

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.12 แสดงค่า Daylight factor ที่ระนาบผนังทิศใต้ชุดการทดลองกลุ่มที่ 3 (matte surface)

กลุ่มที่ 3 ชุดการทดลองที่ 9-12								Daylight factor (%) ที่ระนาบผนังทิศใต้			
			ตำแหน่งที่ทำการวัดแสงจากระดับพื้น					ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าเฉลี่ย	uniformity
			0.95 ม.	2.35 ม.	3.75 ม.	5.15 ม.	6.55 ม.				
ชุดการทดลองที่ 9 โคมตรง	วันที่ 21 มิ.ย.	9:00	0.36	0.53	0.81	1.26	3.19	3.19	0.36	1.23	0.29
		10:00	0.34	0.49	0.76	1.12	2.86	2.86	0.34	1.11	0.30
		11:00	0.34	0.49	0.74	0.89	2.79	2.79	0.34	1.05	0.33
		12:00	0.32	0.49	0.73	1.11	2.94	2.94	0.32	1.12	0.29
	วันที่ 21 ก.ย.	9:00	0.35	0.50	0.70	0.95	2.59	2.59	0.35	1.02	0.34
		10:00	0.33	0.46	0.66	0.93	2.36	2.36	0.33	0.95	0.35
		11:00	0.33	0.47	0.66	0.96	2.38	2.38	0.33	0.96	0.34
		12:00	0.32	0.47	0.67	0.98	2.59	2.59	0.32	1.01	0.32
	วันที่ 21 ธ.ค.	9:00	0.41	0.57	0.75	1.00	2.52	2.52	0.41	1.05	0.39
		10:00	0.38	0.53	0.70	0.95	2.39	2.39	0.38	0.99	0.38
		11:00	0.40	0.56	0.75	1.01	2.50	2.50	0.40	1.05	0.39
		12:00	0.40	0.55	0.73	0.97	2.43	2.43	0.40	1.02	0.39
	ค่าสูงสุด		0.41	0.57	0.81	1.26	3.19	3.19			0.39
	ค่าต่ำสุด		0.32	0.46	0.66	0.89	2.36		0.32		0.29
	ค่าเฉลี่ย		0.36	0.51	0.72	1.01	2.63			1.05	0.34
ชุดการทดลองที่ 10 โคมโค้ง	วันที่ 21 มิ.ย.	9:00	0.19	0.28	0.42	0.72	1.93	1.93	0.19	0.71	0.27
		10:00	0.20	0.30	0.44	0.76	2.02	2.02	0.20	0.75	0.27
		11:00	0.20	0.29	0.43	0.75	1.98	1.98	0.20	0.73	0.28
		12:00	0.19	0.27	0.41	0.71	1.87	1.87	0.19	0.69	0.27
	วันที่ 21 ก.ย.	9:00	0.20	0.28	0.40	0.64	1.62	1.62	0.20	0.63	0.32
		10:00	0.19	0.27	0.38	0.62	1.60	1.60	0.19	0.61	0.31
		11:00	0.18	0.26	0.37	0.60	1.51	1.51	0.18	0.58	0.31
		12:00	0.17	0.24	0.34	0.54	1.37	1.37	0.17	0.53	0.33
	วันที่ 21 ธ.ค.	9:00	0.26	0.36	0.46	0.66	1.50	1.50	0.26	0.65	0.41
		10:00	0.24	0.33	0.42	0.61	1.39	1.39	0.24	0.60	0.40
		11:00	0.11	0.15	0.20	0.28	0.65	0.65	0.11	0.28	0.40
		12:00	0.21	0.29	0.38	0.54	1.22	1.22	0.21	0.53	0.40
	ค่าสูงสุด		0.26	0.36	0.46	0.76	2.02	2.02			0.41
	ค่าต่ำสุด		0.11	0.15	0.20	0.28	0.65		0.11		0.27
	ค่าเฉลี่ย		0.20	0.28	0.39	0.62	1.56			0.61	0.33
ชุดการทดลองที่ 11 โคมโค้งคว่ำปิดกก	วันที่ 21 มิ.ย.	9:00	0.34	0.44	0.69	1.11	2.59	2.59	0.34	1.03	0.33
		10:00	0.32	0.42	0.65	1.05	2.31	2.31	0.32	0.95	0.33
		11:00	0.31	0.41	0.64	1.04	2.30	2.30	0.31	0.94	0.33
		12:00	0.31	0.40	0.64	1.03	2.24	2.24	0.31	0.92	0.33
	วันที่ 21 ก.ย.	9:00	0.31	0.41	0.66	0.31	2.23	2.23	0.31	0.79	0.39
		10:00	0.31	0.42	0.66	0.41	2.27	2.27	0.31	0.81	0.38
		11:00	0.30	0.40	0.64	1.04	2.17	2.17	0.30	0.91	0.33
		12:00	0.29	0.39	0.63	1.03	2.18	2.18	0.29	0.91	0.32
	วันที่ 21 ธ.ค.	9:00	0.37	0.48	0.68	0.99	2.06	2.06	0.37	0.92	0.41
		10:00	0.34	0.44	0.64	0.97	2.00	2.00	0.34	0.88	0.39
		11:00	0.32	0.42	0.62	0.30	2.02	2.02	0.30	0.74	0.41
		12:00	0.32	0.41	0.62	0.29	2.05	2.05	0.29	0.74	0.39
	ค่าสูงสุด		0.37	0.48	0.69	1.11	2.59	2.59			0.41
	ค่าต่ำสุด		0.29	0.39	0.62	0.29	2.00		0.29		0.32
	ค่าเฉลี่ย		0.32	0.42	0.65	0.80	2.20			0.88	0.36

ตารางที่ 4.12 (ต่อ) แสดงค่า Daylight factor ที่ระนาบผนังทิศใต้ชุดการทดลองกลุ่มที่ 3 (matte surface)

กลุ่มที่ 3 ชุดการทดลองที่ 9-12								Daylight factor (%) ที่ระนาบผนังทิศใต้			
			ตำแหน่งที่ทำการวัดแสงจากระดับพื้น					ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าเฉลี่ย	uniformity
			0.95 ม.	2.35 ม.	3.75 ม.	5.15 ม.	6.55 ม.				
ชุดการทดลองที่ 12 โคมโค้งหงาย	วันที่ 21 มิ.ย.	9:00	0.47	0.61	0.88	1.33	3.49	3.49	0.47	1.36	0.35
		10:00	0.45	0.58	0.83	1.26	3.28	3.28	0.45	1.28	0.35
		11:00	0.44	0.56	0.80	1.21	3.15	3.15	0.44	1.23	0.36
		12:00	0.43	0.56	0.79	1.20	3.05	3.05	0.43	1.21	0.36
	วันที่ 21 ก.ย.	9:00	0.47	0.60	0.80	1.10	2.81	2.81	0.47	1.15	0.41
		10:00	0.46	0.58	0.77	1.07	2.71	2.71	0.46	1.12	0.41
		11:00	0.44	0.55	0.74	1.04	2.52	2.52	0.44	1.06	0.42
		12:00	0.44	0.55	0.73	1.02	2.32	2.32	0.44	1.01	0.43
	วันที่ 21 ธ.ค.	9:00	0.48	0.58	0.72	0.93	2.10	2.10	0.48	0.96	0.50
		10:00	0.48	0.58	0.72	0.88	2.06	2.06	0.48	0.94	0.51
		11:00	0.47	0.57	0.71	0.87	2.06	2.06	0.47	0.94	0.50
		12:00	0.47	0.56	0.71	0.86	2.03	2.03	0.47	0.93	0.50
	ค่าสูงสุด		0.48	0.61	0.88	1.33	3.49	3.49			0.91
	ค่าต่ำสุด		0.43	0.55	0.71	0.86	2.03		0.43		0.79
	ค่าเฉลี่ย		0.46	0.57	0.77	1.06	2.63			1.10	0.86

หมายเหตุ :

- ค่าสูงสุด ต่ำสุด ค่าเฉลี่ย และ Uniformity ratio ที่แสดงทางด้านขวาของตาราง เป็นค่า DF และ Uniformity ratio ที่ได้จากการวัดแสงในแต่ละครั้ง
- ค่าสูงสุด ต่ำสุด ค่าเฉลี่ย ที่แสดงทางด้านล่างของตาราง เป็นค่า DF ที่เกิดขึ้นในแต่ละตำแหน่งการวัดแสง

จากตารางที่ 4.12 เมื่อพิจารณาค่า DF ที่ระนาบผนังทิศใต้ในชุดการทดลองกลุ่มที่ 3 พบว่า

ชุดการทดลองที่ 9 มีค่า DF ตั้งแต่ 0.32-3.19% เฉลี่ย 1.05% โดยที่ค่า DF สูงสุดอยู่ในตำแหน่งวัดแสงที่ 6.55 ม.จากระดับพื้นในทุกช่วงเวลา ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 2.36-3.19% และมีค่า DF ต่ำสุดอยู่ในตำแหน่งวัดแสงที่ 0.95 ม.จากระดับพื้นในทุกช่วงเวลาเช่นกัน ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 0.32-0.41% โดยระดับความสม่ำเสมอของแสง (Uniformity ratio) ที่ได้ มีค่าตั้งแต่ 0.29-0.39 เฉลี่ยเท่ากับ 0.34

ชุดการทดลองที่ 10 มีค่า DF ตั้งแต่ 0.11-2.02% เฉลี่ย 0.61% โดยที่ค่า DF สูงสุดอยู่ในตำแหน่งวัดแสงที่ 6.55 ม.จากระดับพื้นในทุกช่วงเวลา ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 0.65-2.02% และมีค่า DF ต่ำสุดอยู่ในตำแหน่งวัดแสงที่ 0.95 ม.จากระดับพื้นในทุกช่วงเวลาเช่นกัน ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 0.11-0.26% โดยระดับความสม่ำเสมอของแสง (Uniformity ratio) ที่ได้ มีค่าตั้งแต่ 0.27-0.41 เฉลี่ยเท่ากับ 0.33

ชุดการทดลองที่ 11 มีค่า DF ตั้งแต่ 0.29-2.59% เฉลี่ย 0.88% โดยที่ค่า DF สูงสุดอยู่ในตำแหน่งวัดแสงที่ 6.55 ม.จากระดับพื้นในทุกช่วงเวลา ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 2.00-2.59% และมีค่า DF ต่ำสุดอยู่ในตำแหน่งวัดแสงที่ 0.95 ม.จากระดับพื้นในทุกช่วงเวลา ยกเว้นในวันที่ 21 ธ.ค. เวลา 11.00-12.00 น. โดยระดับความสม่ำเสมอของแสง (Uniformity ratio) ที่ได้ มีค่าตั้งแต่ 0.32-0.41 เฉลี่ยเท่ากับ 0.36

ชุดการทดลองที่ 12 มีค่า DF ตั้งแต่ 0.43-3.49% เฉลี่ย 1.10% โดยที่ค่า DF สูงสุดอยู่ในตำแหน่งวัดแสงที่ 6.55 ม.จากระดับพื้นในทุกช่วงเวลา ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 2.03-3.49% และมีค่า DF ต่ำสุดอยู่ในตำแหน่งวัดแสงที่ 0.95 ม.จากระดับพื้นในทุกช่วงเวลาเช่นกัน ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 0.43-0.48% โดยระดับความสม่ำเสมอของแสง (Uniformity ratio) ที่ได้ มีค่าตั้งแต่ 0.79-0.91 เฉลี่ยเท่ากับ 0.86

4.2 วิเคราะห์ผลการทดลอง

เพื่อเป็นการทดสอบสมมติฐานงานวิจัยที่ได้วางไว้ ผู้วิจัยจึงได้นำผลการทดลองข้างต้นมาทำการวิเคราะห์เพื่อประเมินประสิทธิภาพของแสงที่เกิดจากโคมสะท้อนแสงแต่ละรูปแบบ โดยจะแยกวิเคราะห์ในส่วนของระนาบพื้นส่วนทางเดินและระนาบผนังจัดแสดงภาพออกจากกัน และทำการประเมินประสิทธิภาพของแสงตามประเด็นดังต่อไปนี้

1. ประสิทธิภาพของแสงระนาบพื้นส่วนทางเดิน
   - ประสิทธิภาพของแสงด้านความส่องสว่าง
   - ประสิทธิภาพของแสงด้านรูปแบบการกระจายตัว
   - ประสิทธิภาพของแสงด้านความสม่ำเสมอของแสง (Uniformity ratio)
2. ประสิทธิภาพของแสงระนาบผนังจัดแสดงภาพด้านทิศเหนือและทิศใต้
   - ประสิทธิภาพของแสงด้านความส่องสว่าง
   - ประสิทธิภาพของแสงด้านรูปแบบการกระจายตัว
   - ประสิทธิภาพของแสงด้านความสม่ำเสมอของแสง (Uniformity ratio)

การประเมินประสิทธิภาพของแสงระนาบพื้นส่วนทางเดิน

เมื่อพิจารณาผลการทดลองที่ได้จากตารางที่ 4.4-4.6 พบว่า ในแต่ละวันค่า DF ที่วัดได้ ณ ตำแหน่งการวัดแสงแต่ละตำแหน่งนั้น จะมีการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกัน กล่าวคือมีค่าเพิ่มขึ้นหรือลดลงเหมือนกัน โดยมีอัตราการเปลี่ยนแปลงใกล้เคียงกันทุกตำแหน่ง ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้ในการนำค่า DF เฉลี่ยในแต่ละวันมาใช้เป็นข้อมูลในการวิเคราะห์

เปรียบเทียบประสิทธิภาพของแสงด้านต่างๆที่เกิดจากโคมสะท้อนแสงแต่ละรูปแบบดังแสดงในตารางที่ 4.13 โดยจัดทำและนำเสนอในรูปแผนภูมิเพื่อให้เกิดความชัดเจนมากยิ่งขึ้น

ตารางที่ 4.13 แสดงค่า Daylight factor ที่ระนาบพื้นเฉลี่ยแต่ละวัน

กลุ่มที่ 1 ชุดการทดลองที่ 1-4 (polished surface) — Daylight factor (%) **ที่ระนาบพื้น**

		ตำแหน่งที่ทำการวัดแสงจากผนังทิศเหนือ					ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าเฉลี่ย	uniformity	uniformity เฉลี่ย
		1.00 ม.	3.00 ม.	5.00 ม.	7.00 ม.	9.00 ม.					
โคมตรง	21 มิ.ย.	0.54	0.60	0.63	0.73	0.79	0.79	0.54	0.66	0.83	0.84
	21 ก.ย.	0.72	0.75	0.71	0.74	0.75	0.75	0.71	0.73	0.97	
	21 ธ.ค.	1.93	1.73	1.25	1.07	0.99	1.93	0.99	1.40	0.71	
โคมโค้ง	21 มิ.ย.	0.42	0.49	0.53	0.56	0.61	0.61	0.42	0.52	0.80	0.81
	21 ก.ย.	0.60	0.64	0.61	0.56	0.59	0.64	0.56	0.60	0.93	
	21 ธ.ค.	1.40	1.35	1.10	0.85	0.78	1.40	0.78	1.10	0.71	
โคมโค้งปีกนก	21 มิ.ย.	0.50	0.52	0.54	0.58	0.71	0.71	0.50	0.57	0.88	0.88
	21 ก.ย.	0.45	0.47	0.47	0.44	0.50	0.50	0.44	0.47	0.95	
	21 ธ.ค.	1.24	1.12	0.94	0.80	0.86	1.24	0.80	0.99	0.80	
โคมโค้งหงาย	21 มิ.ย.	2.13	2.22	2.46	2.42	2.71	2.71	2.13	2.39	0.89	0.86
	21 ก.ย.	2.32	2.47	2.40	2.04	2.12	2.47	2.04	2.27	0.90	
	21 ธ.ค.	2.31	2.61	2.45	1.93	1.80	2.61	1.80	2.22	0.81	

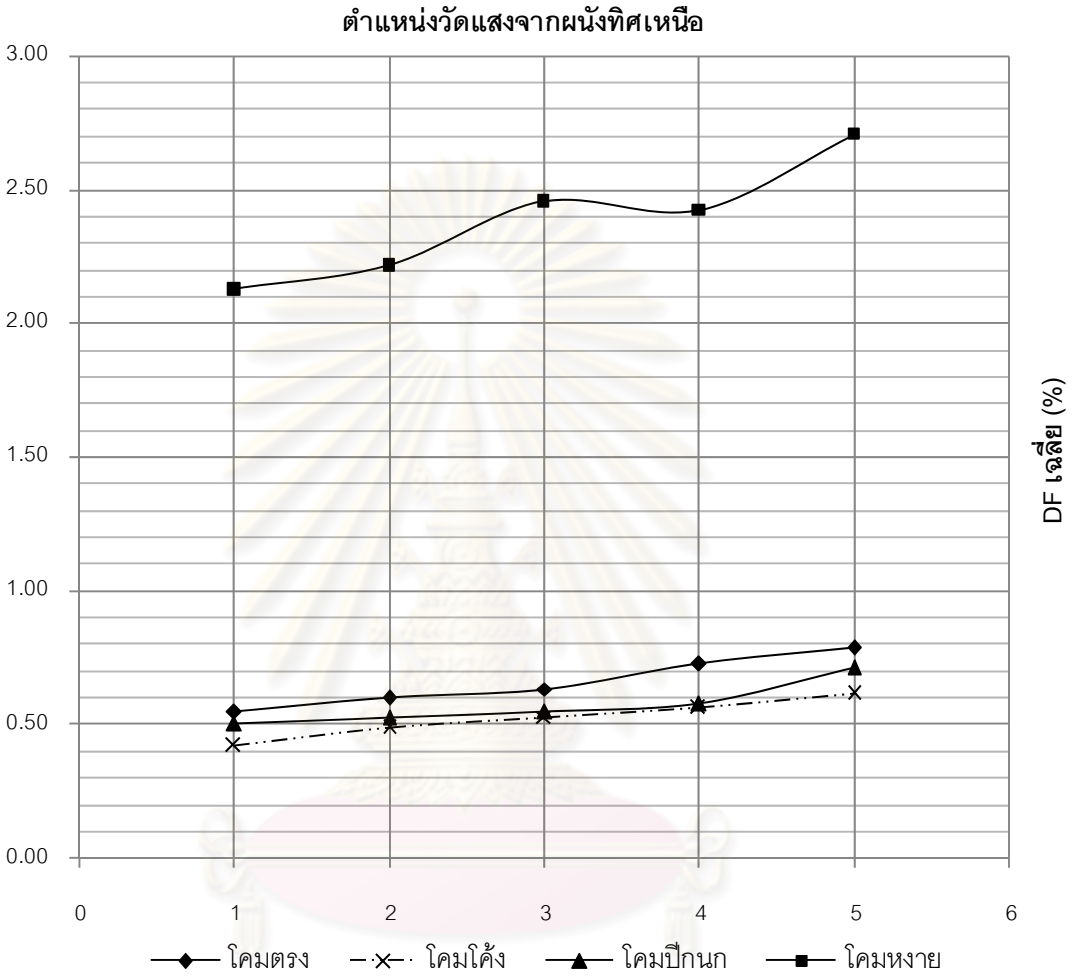
กลุ่มที่ 2 ชุดการทดลองที่ 5-8 (unpolished surface)

โคมตรง	21 มิ.ย.	0.44	0.48	0.49	0.55	0.59	0.59	0.44	0.51	0.86	0.83
	21 ก.ย.	0.62	0.64	0.59	0.58	0.59	0.64	0.58	0.60	0.97	
	21 ธ.ค.	1.74	1.55	1.13	0.92	0.82	1.74	0.82	1.23	0.67	
โคมโค้ง	21 มิ.ย.	0.35	0.39	0.41	0.44	0.45	0.45	0.35	0.41	0.86	0.83
	21 ก.ย.	0.49	0.53	0.49	0.46	0.44	0.53	0.44	0.48	0.91	
	21 ธ.ค.	1.12	1.13	0.91	0.73	0.64	1.13	0.64	0.91	0.71	
โคมโค้งปีกนก	21 มิ.ย.	0.40	0.43	0.44	0.43	0.50	0.50	0.40	0.44	0.91	0.88
	21 ก.ย.	0.38	0.41	0.43	0.42	0.49	0.49	0.38	0.43	0.88	
	21 ธ.ค.	0.83	0.77	0.69	0.60	0.66	0.83	0.60	0.71	0.85	
โคมโค้งหงาย	21 มิ.ย.	1.40	1.57	1.67	1.59	1.77	1.77	1.40	1.60	0.87	0.84
	21 ก.ย.	1.58	1.74	1.72	1.37	1.60	1.74	1.37	1.60	0.86	
	21 ธ.ค.	1.79	1.92	1.70	1.33	1.28	1.92	1.28	1.60	0.80	

กลุ่มที่ 3 ชุดการทดลองที่ 9-12 (matte surface)

โคมตรง	21 มิ.ย.	0.64	0.69	0.70	0.72	0.90	0.90	0.64	0.73	0.87	0.86
	21 ก.ย.	0.79	0.81	0.76	0.70	0.82	0.82	0.70	0.78	0.90	
	21 ธ.ค.	1.24	1.21	1.01	0.84	0.92	1.24	0.84	1.04	0.80	
โคมโค้ง	21 มิ.ย.	0.38	0.43	0.44	0.47	0.50	0.50	0.38	0.44	0.86	0.91
	21 ก.ย.	0.46	0.50	0.47	0.51	0.46	0.51	0.46	0.48	0.96	
	21 ธ.ค.	0.69	0.74	0.66	0.60	0.60	0.74	0.60	0.66	0.91	
โคมโค้งปีกนก	21 มิ.ย.	0.70	0.73	0.71	0.67	0.79	0.79	0.67	0.72	0.94	0.90
	21 ก.ย.	0.68	0.72	0.74	0.73	0.87	0.87	0.68	0.75	0.91	
	21 ธ.ค.	1.05	1.03	0.93	0.81	0.90	1.05	0.81	0.95	0.86	
โคมโค้งหงาย	21 มิ.ย.	0.89	0.98	1.03	1.01	1.15	1.15	0.89	1.01	0.88	0.86
	21 ก.ย.	1.06	1.11	1.05	0.92	0.98	1.11	0.92	1.03	0.90	
	21 ธ.ค.	1.35	1.36	1.16	0.91	0.94	1.36	0.91	1.14	0.80	

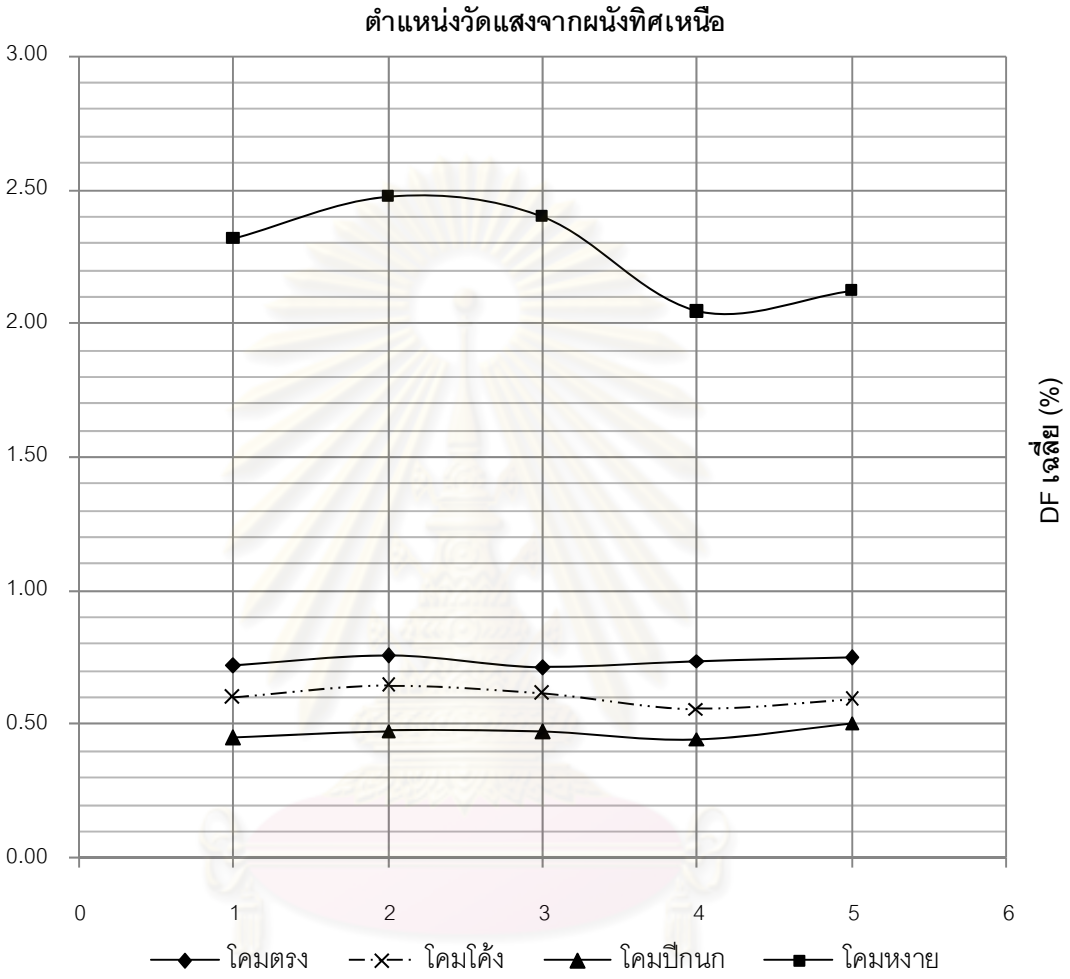
แผนภูมิที่ 4.4 แสดงระดับความส่องสว่างระนาบพื้นชุดการทดลองที่ 1-4 วันที่ 21 มิถุนายน



ระดับความส่องสว่างชุดการทดลองที่ 1-4 (polished surface) วันที่ 21 มิถุนายน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

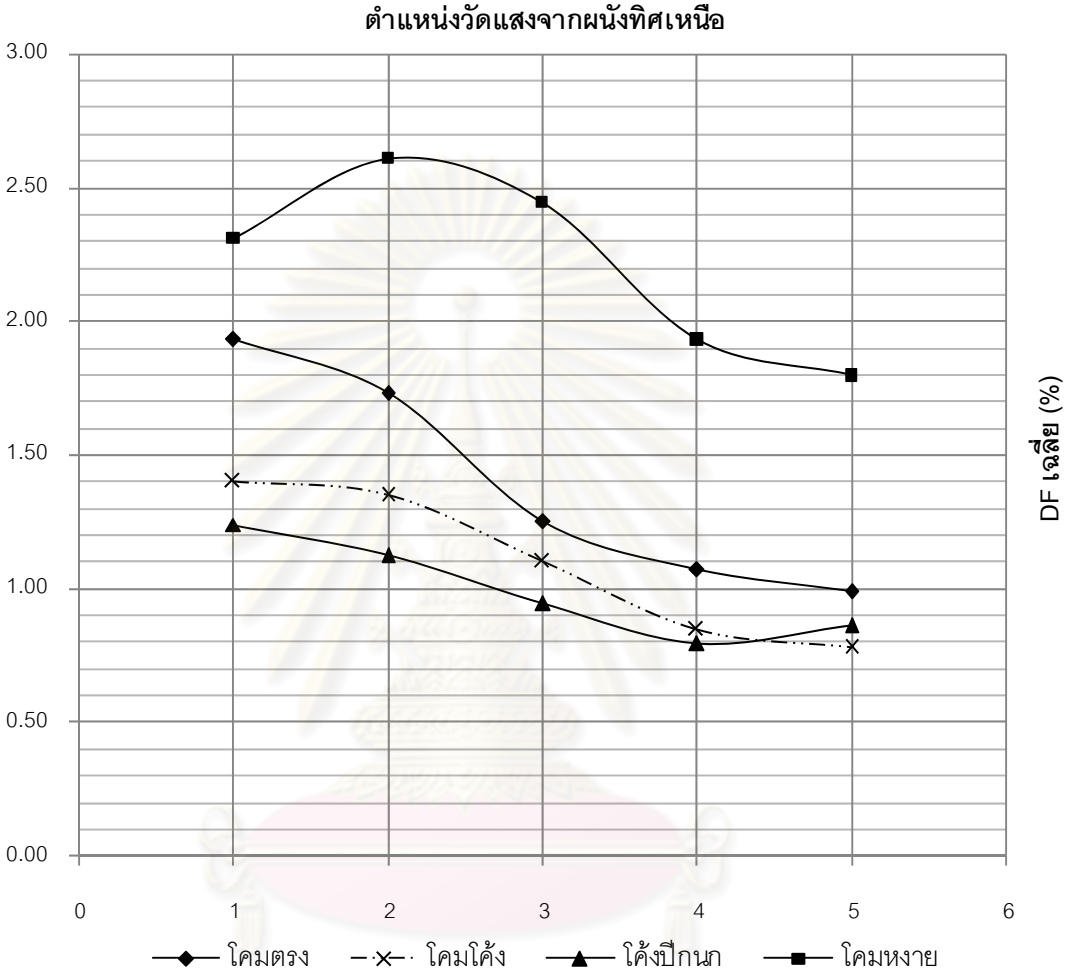
แผนภูมิที่ 4.5 **แสดงระดับความส่องสว่างระนาบพื้นชุดการทดลองที่** 1-4
วันที่ 21 **กันยายน**



ระดับความส่องสว่างชุดการทดลองที่ 1-4 (polished surface) **วันที่** 21 **กันยายน**

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

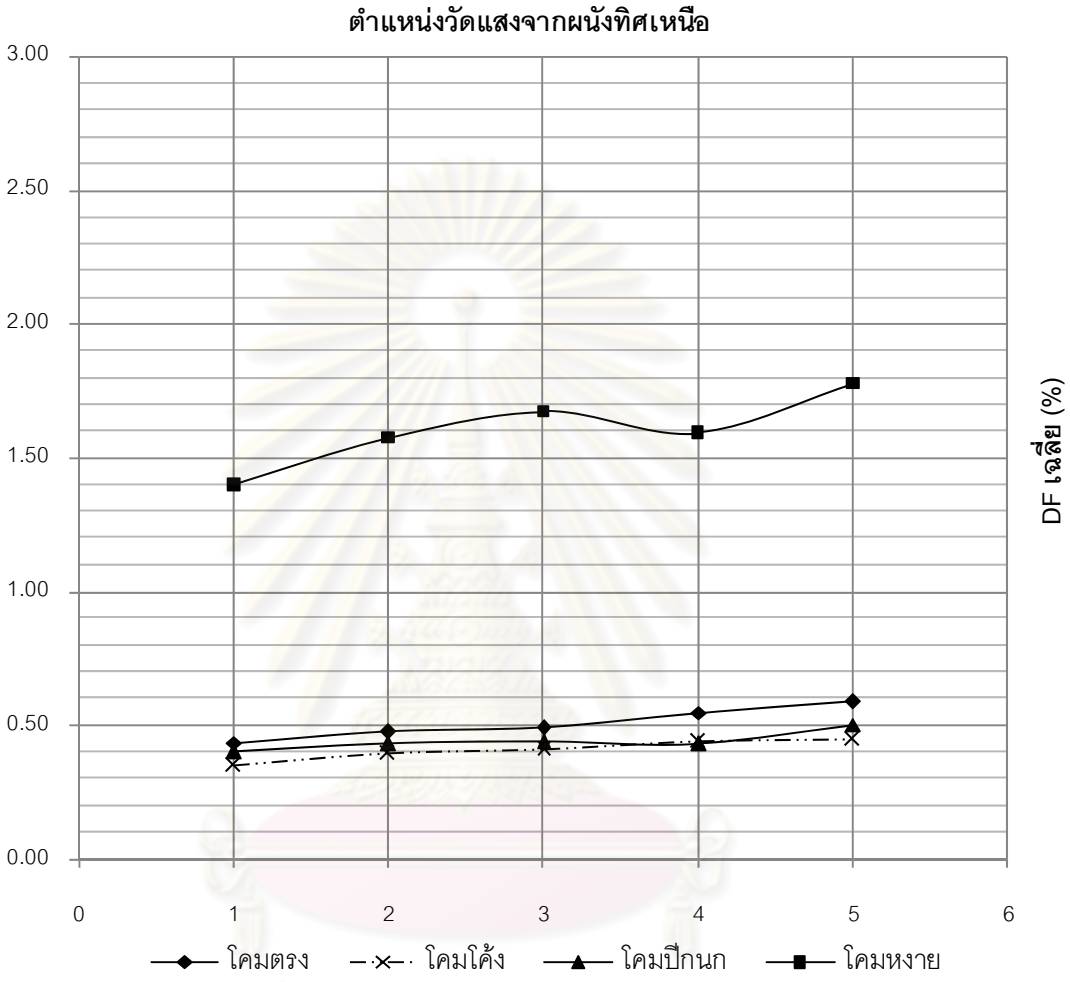
แผนภูมิที่ 4.6 **แสดงระดับความส่องสว่างระนาบพื้นชุดการทดลองที่** 1-4
วันที่ 21 **ธันวาคม**



ระดับความส่องสว่างชุดการทดลองที่ 1-4 (polished surface) **วันที่** 21 **ธันวาคม**

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

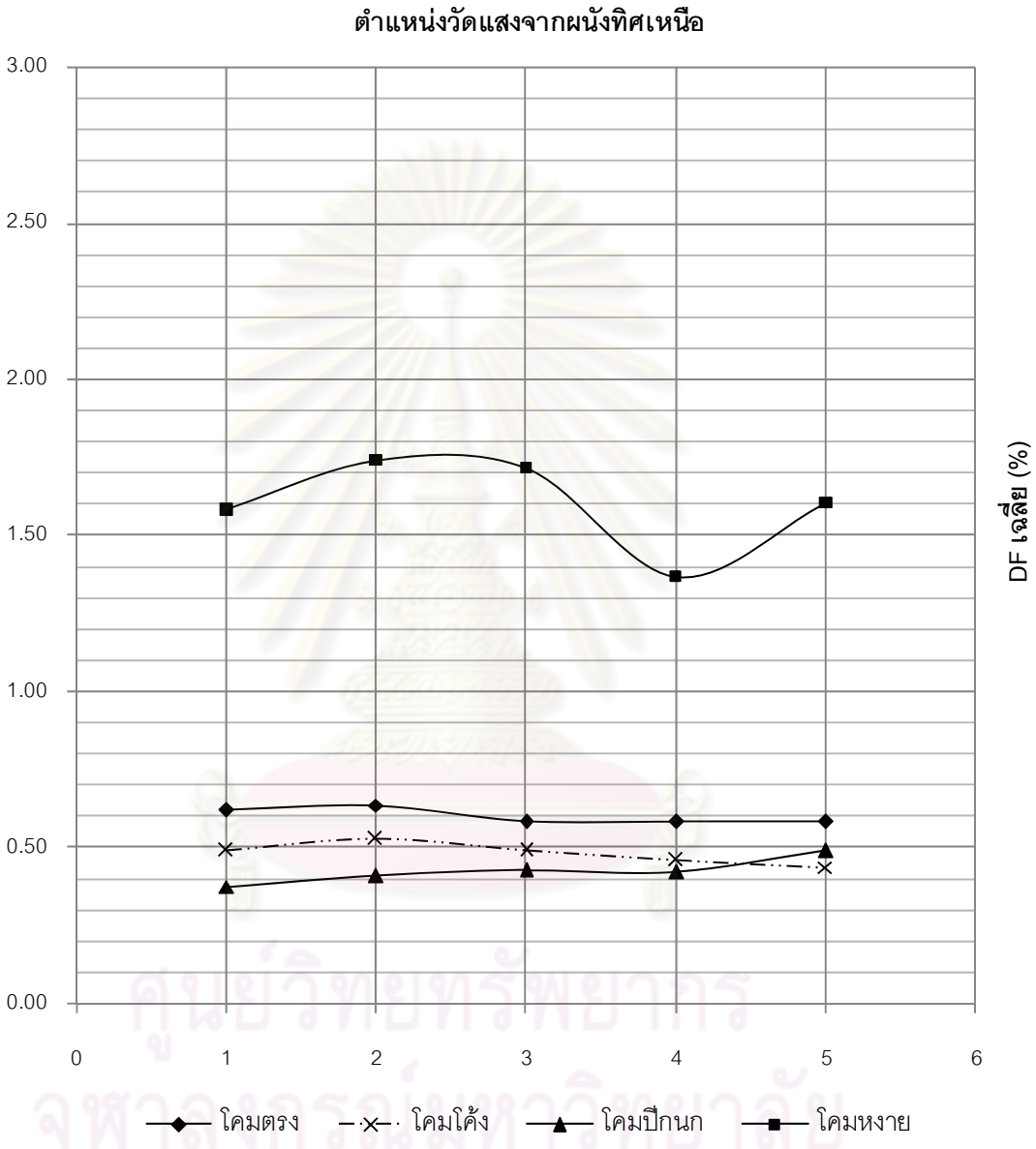
แผนภูมิที่ 4.7 แสดงระดับความส่องสว่างระนาบพื้นชุดการทดลองที่ 5-8 วันที่ 21 มิถุนายน



ระดับความส่องสว่างชุดการทดลองที่ 5-8 (unpolished surface) วันที่ 21 มิถุนายน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

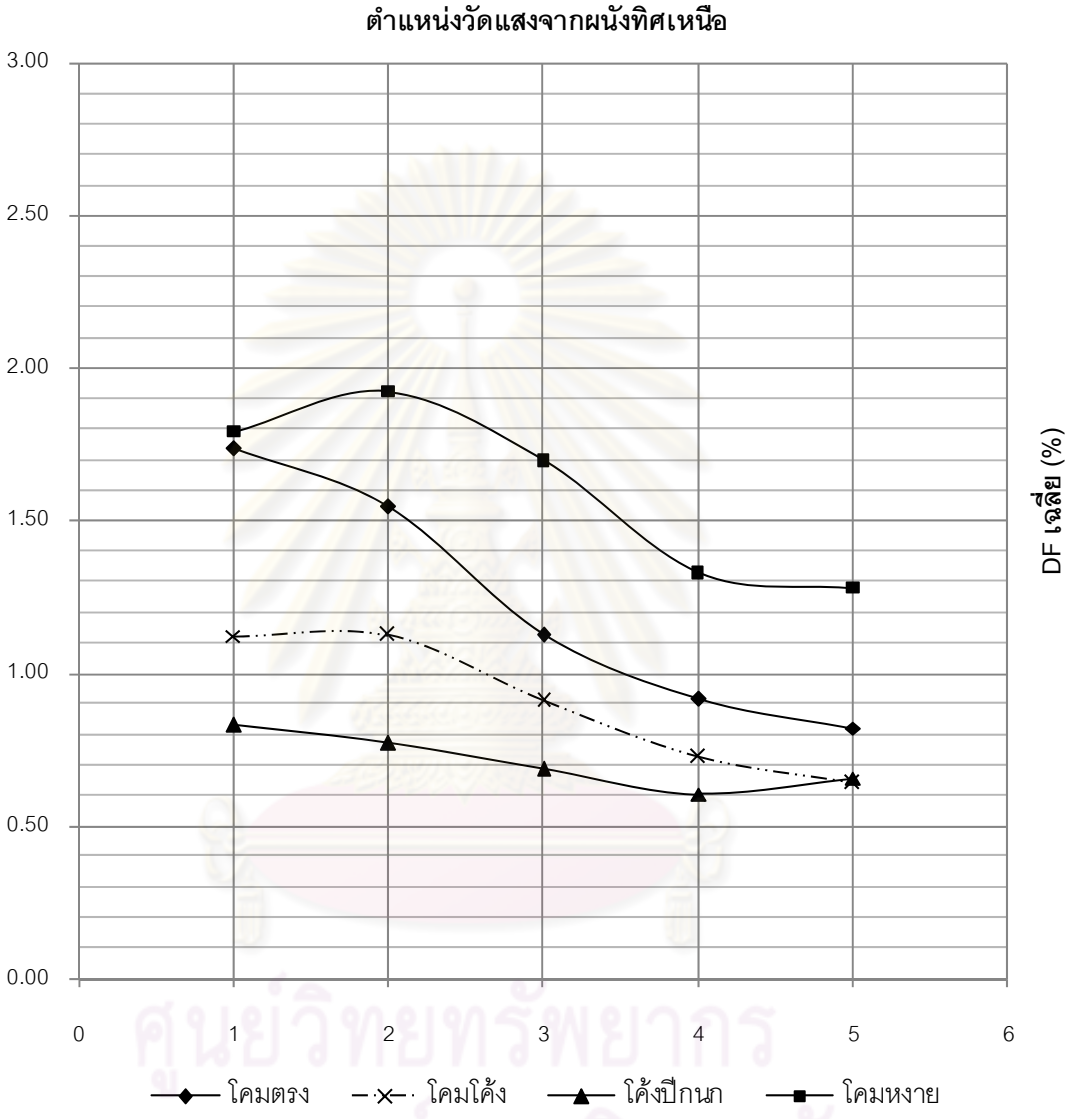
แผนภูมิที่ 4.8 **แสดงระดับความส่องสว่างระนาบพื้นชุดการทดลองที่** 5-8
วันที่ 21 **กันยายน**



ระดับความส่องสว่างชุดการทดลองที่ 5-8 (unpolished surface) **วันที่** 21 **กันยายน**

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

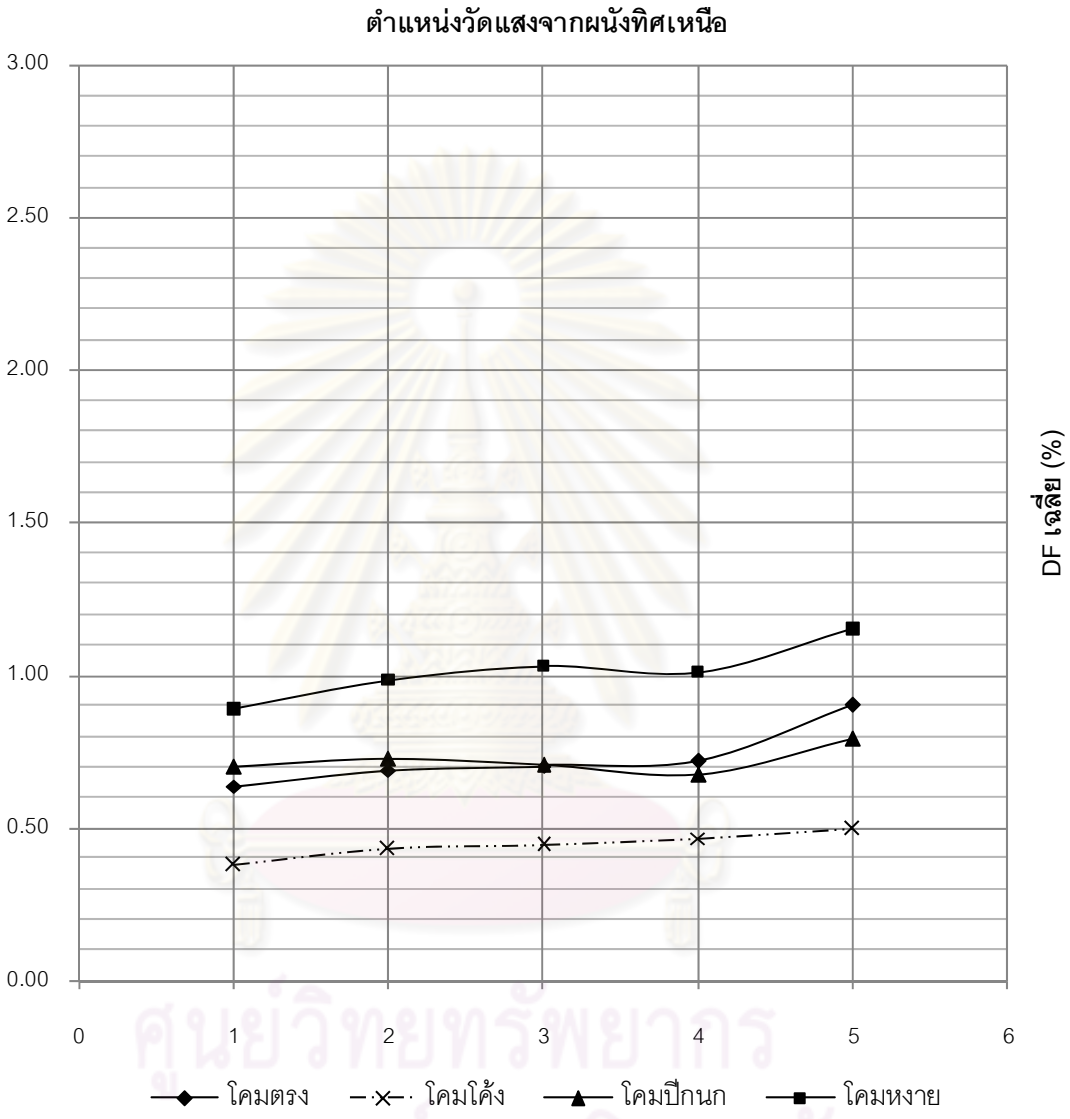
แผนภูมิที่ 4.9 แสดงระดับความส่องสว่างระนาบพื้นชุดการทดลองที่ 5-8
วันที่ 21 ธันวาคม



ระดับความส่องสว่างชุดการทดลองที่ 5-8 (unpolished surface) วันที่ 21 ธันวาคม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

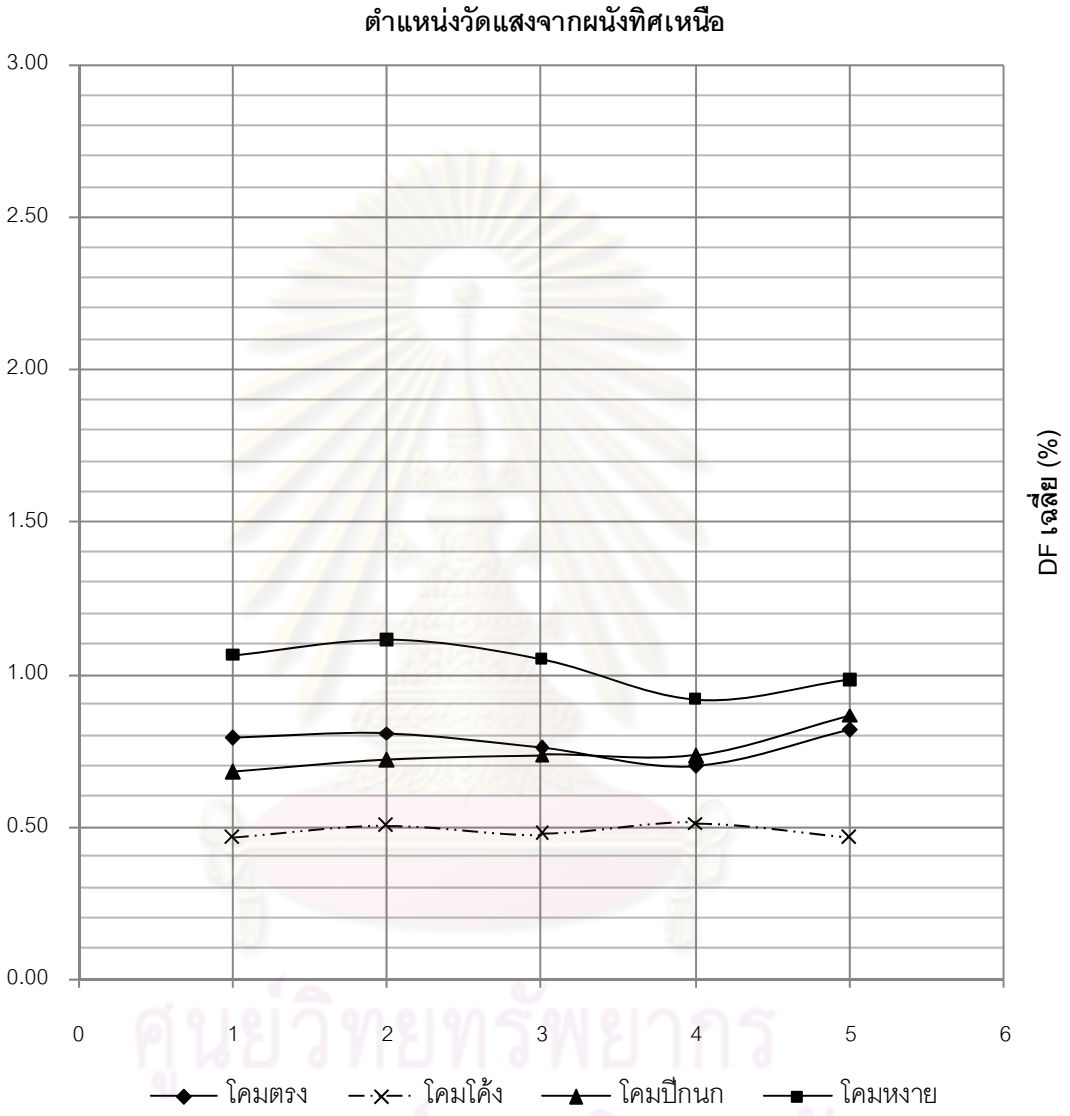
แผนภูมิที่ 4.10 แสดงระดับความส่องสว่างระนาบพื้นชุดการทดลองที่ 9-12 วันที่ 21 มิถุนายน



ระดับความส่องสว่างชุดการทดลองที่ 9-12 (matte surface) **วันที่ 21 มิถุนายน**

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

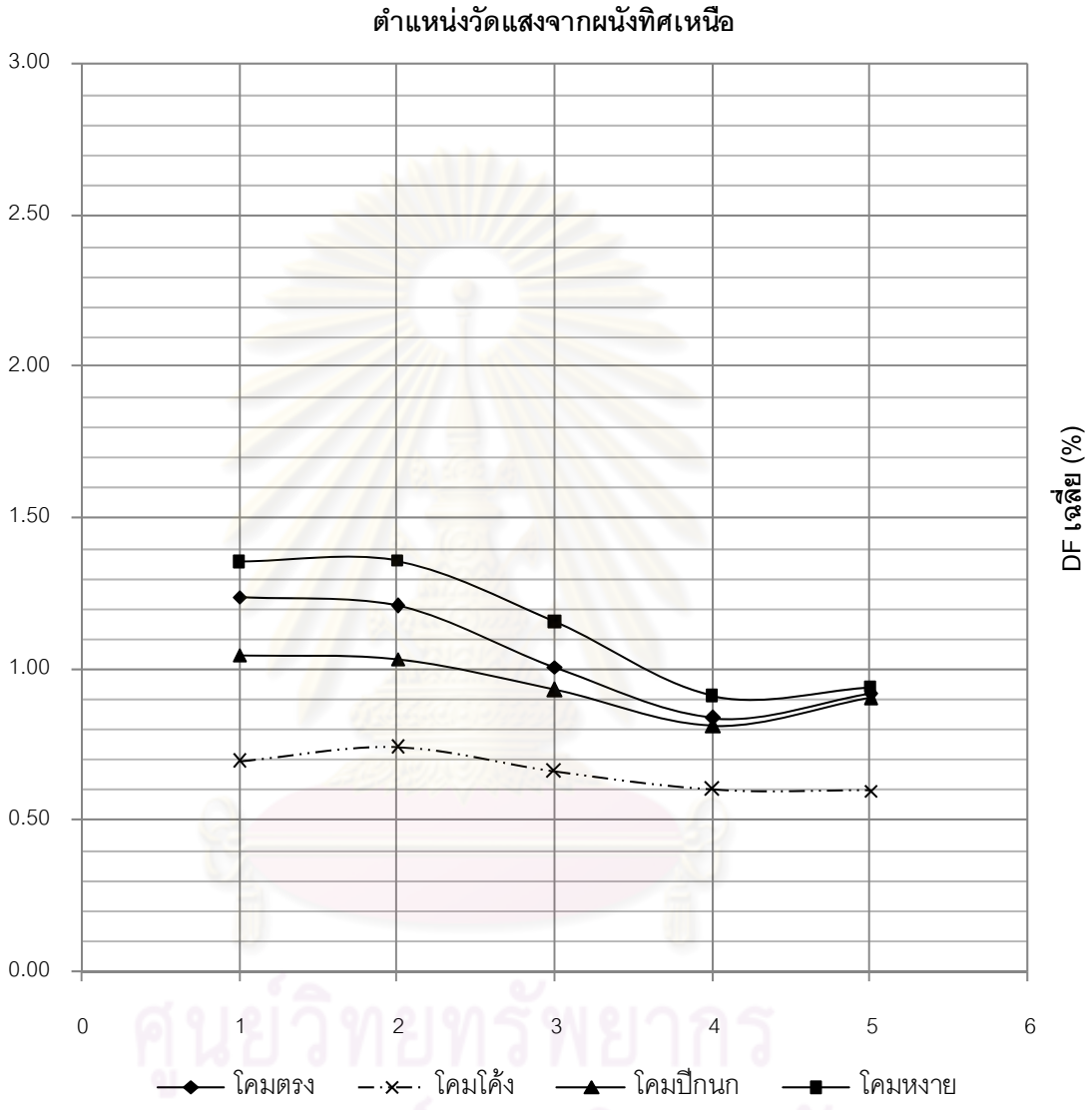
แผนภูมิที่ 4.11 แสดงระดับความส่องสว่างระนาบพื้นชุดการทดลองที่ 9-12 วันที่ 21 กันยายน



ระดับความส่องสว่างชุดการทดลองที่ 9-12 (matte surface) **วันที่ 21 กันยายน**

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แผนภูมิที่ 4.12 แสดงระดับความส่องสว่างระนาบพื้นชุดการทดลองที่ 9-12 วันที่ 21 ธันวาคม



ระดับความส่องสว่างชุดการทดลองที่ 9-12 (matte surface) **วันที่** 21 **ธันวาคม**

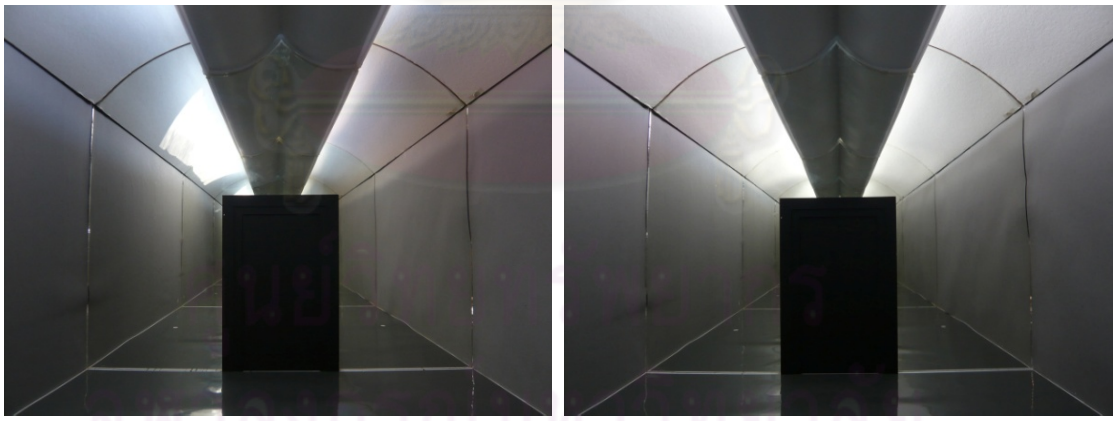
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.2.1 การประเมินประสิทธิภาพของแสงด้านความส่องสว่างที่ระนาบพื้นส่วนทางเดิน

เมื่อพิจารณาจากข้อมูลและแผนภูมิแสดงระดับความส่องสว่างที่ระนาบพื้นทั้งหมด พบว่าในทุกชุดการทดลองหรือโคมสะท้อนแสงทุกรูปแบบสามารถลดระดับความเข้มของแสงที่ระนาบพื้น ณ ตำแหน่งที่มีปริมาณแสงสูงสุดในแต่ละวันลงได้ 91.97-99.47% ทั้งนี้ตำแหน่งดังกล่าวเป็นตำแหน่งที่แสงจากดวงอาทิตย์ส่องผ่านเข้าสู่อาคารและปรากฏเป็นเงาแดดที่พื้น โดยยังคงให้ความส่องสว่างในระดับที่เพียงพอต่อการใช้งาน กล่าวคือมีค่า DF สูงกว่า 0.17%

จากแผนภูมิข้างต้น สามารถทำการวิเคราะห์ประเมินประสิทธิภาพของแสงที่เกิดจากโคมสะท้อนแสงรูปแบบต่างๆได้ดังนี้

1. โคมสะท้อนแสงลักษณะโค้งหงายส่งผลต่อระดับความส่องสว่างภายในสูงสุด โดยเฉพาะเมื่อทำจากวัสดุที่มีพื้นผิวเรียบแบบโลหะเงา (polished surface) จะยิ่งส่งผลให้ระดับความส่องสว่างภายในที่ได้มีปริมาณสูงกว่าโคมลักษณะอื่นอย่างเห็นได้ชัดเมื่อเทียบกับโคมลักษณะอื่นที่ทำจากวัสดุเดียวกัน ทั้งนี้เนื่องจากโคมดังกล่าวมีความลักษณะโค้งค่อนข้างมากจึงส่งผลให้แสงที่ตกกระทบลงสู่โคมสะท้อนตัวได้ดี อีกทั้งสันพับกึ่งกลางโคมยังช่วยในการดักแสงจากทิศทางต่างๆได้ดีอีกด้วย



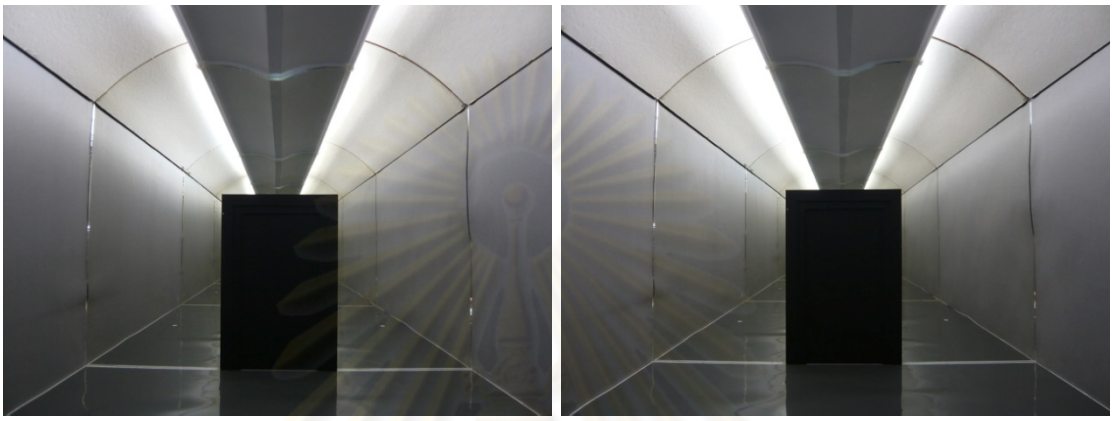
รูปที่ 4.1 ทัศนียภาพภายในหุ่นจำลอง
ชุดการทดลองที่ 4 ติดตั้งโคมโค้งหงายพื้นผิวเรียบแบบโลหะเงา และ
ชุดการทดลองที่ 12 ติดตั้งโคมโค้งหงายพื้นผิวหยาบด้าน

2. โคมที่ส่งผลต่อระดับความส่องสว่างภายในรองลงมา ได้แก่ โคมลักษณะตรง ทั้งนี้เนื่องจากการที่โคมมีลักษณะตรงจึงทำให้จำนวนครั้งในการสะท้อนของแสงที่ส่องผ่านช่องเปิดเข้าสู่พื้นที่ภายในมีจำนวนน้อยครั้งกว่า เมื่อเทียบกับโคมรูปลักษณะโค้งแบบอื่นๆที่มีความโค้งไม่มากนัก โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อโคมดังกล่าวทำจากวัสดุผิวหยาบด้าน (matte surface) จะส่งผลต่อระดับความส่องสว่างภายในสูงกว่าโคมที่ทำจากวัสดุที่มีพื้นผิวเรียบแบบโลหะเงา (polished surface) และพื้นผิวเรียบแบบโลหะด้าน (unpolished surface) เนื่องจากความแตกต่างของลักษณะการสะท้อนแสงที่เกิดขึ้น กล่าวคือ วัสดุพื้นผิวหยาบด้านจะส่งผลให้เกิดการสะท้อนแบบกระจาย (diffuse reflection) แสงที่สะท้อนออกในหลายทิศทาง จึงช่วยให้แสงกระจายตัวสู่พื้นที่ภายในได้ดีกว่าลักษณะการสะท้อนแสงแบบกระจกเงา (specular reflection) ที่เกิดจากการที่วัสดุมีพื้นผิวเรียบ ทั้งนี้ยกเว้นในวันที่ 21 ธ.ค.โคมพื้นผิวเรียบจะส่งผลต่อระดับความส่องสว่างสูงกว่าโคมพื้นผิวหยาบด้าน เนื่องจากแสงจากดวงอาทิตย์ส่องเข้าสู่อาคารในองศาที่ค่อนข้างต่ำ และกระทบตัวโคมด้านทิศเหนือเป็นส่วนใหญ่ การกระจายตัวที่เกิดจากวัสดุพื้นผิวหยาบด้านไม่เพียงพอที่จะทำให้ระดับความส่องสว่างภายในโดยรวมสูงขึ้น

รูปที่ 4.2 ทัศนียภาพภายในหุ่นจำลองชุดการทดลองที่ 9 ติดตั้งโคมตรงพื้นผิวหยาบด้าน

3. โคมลักษณะโค้งคว่ำปีกนกที่ทำจากวัสดุพื้นผิวเรียบแบบโลหะเงา (polished surface) และผิวเรียบแบบโลหะด้าน (unpolished surface) ส่งผลต่อระดับความส่องสว่างภายในน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับโคมลักษณะอื่นที่ทำจากวัสดุเดียวกัน เนื่องจากลักษณะการสะท้อนของแสงที่เกิดขึ้นกับวัสดุพื้นผิวเรียบเงาต้องอาศัยทิศทางการตกกระทบของแสงเป็นสำคัญ ดังนั้นการที่ส่วนโค้งปีกนก 2 ด้านมีลักษณะโค้งกลับเข้าด้านในกึ่งกลางโคม จึงทำให้แสงกระจายตัวได้

ยาก ทั้งนี้หากโคมทำจากวัสดุผิวหยาบด้านจะส่งผลให้ระดับความส่องสว่างภายในมีค่ามากขึ้นจนใกล้เคียงกับโคมลักษณะตรงที่ทำจากวัสดุเดียวกัน เนื่องจากพื้นผิวของวัสดุมีความหยาบและด้านทำให้แสงที่ตกกระทบลงสู่โคมเกิดการสะท้อนแบบกระจาย (diffuse reflection) แสงจึงสามารถสะท้อนกลับเข้าสู่พื้นที่ด้านในได้เพิ่มมากขึ้น



รูปที่ 4.3 ทัศนียภาพภายในหุ่นจำลองชุดการทดลองที่ 3 ติดตั้งโคมปีกนกพื้นผิวเรียบแบบโลหะเงาและชุดการทดลองที่ 11 ติดตั้งโคมปีกนกพื้นผิวหยาบด้าน

4. โคมลักษณะโค้งส่งผลต่อระดับความส่องสว่างภายในน้อยที่สุดหากทำจากวัสดุผิวหยาบด้าน เนื่องจากระยะระหว่างช่องเปิดด้านบนกับตัวโคมมีขนาดค่อนข้างน้อย การที่วัสดุโคมมีพื้นผิวด้านจึงไม่สามารถช่วยกระจายแสงเข้าสู่ภายในได้มากนัก

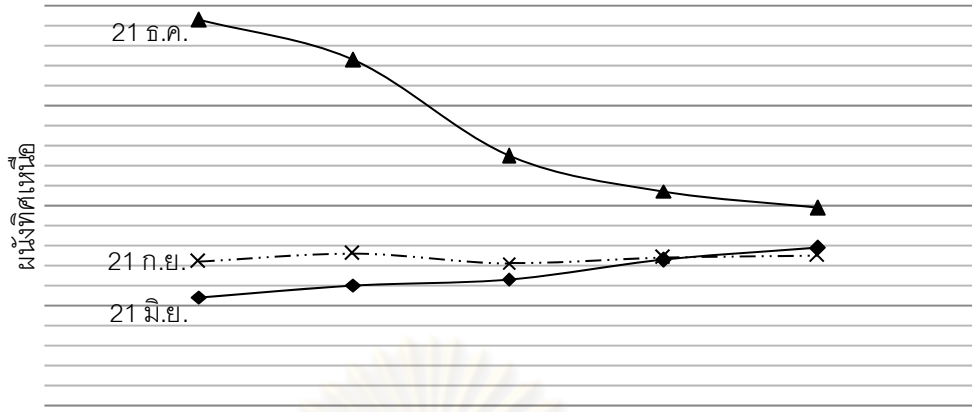
รูปที่ 4.4 ทัศนียภาพภายในหุ่นจำลองชุดการทดลองที่ 10 ติดตั้งโคมโค้งพื้นผิวหยาบด้าน

นอกจากนี้ยังพบว่าในวันที่ 21 ธ.ค. โคมเกือบทุกลักษณะจะให้ประสิทธิภาพความส่องสว่างสูงสุด ยกเว้นโคมลักษณะโค้งหงายที่ให้ประสิทธิภาพความส่องสว่างอยู่ในระดับใกล้เคียงกันทุกวัน อย่างไรก็ตามหากพิจารณาระดับความส่องสว่างทั้งหมดที่ได้จากโคมสะท้อนแสงในแต่ละรูปแบบ พบว่าอยู่ในระดับที่สูงเกินกว่าความต้องการใช้งานค่อนข้างมาก ดังนั้นจึงต้องทำการประเมินประสิทธิของแสงในด้านอื่นๆประกอบการพิจารณาหารูปแบบโคมสะท้อนแสงที่เหมาะสมสำหรับการใช้งานต่อไป

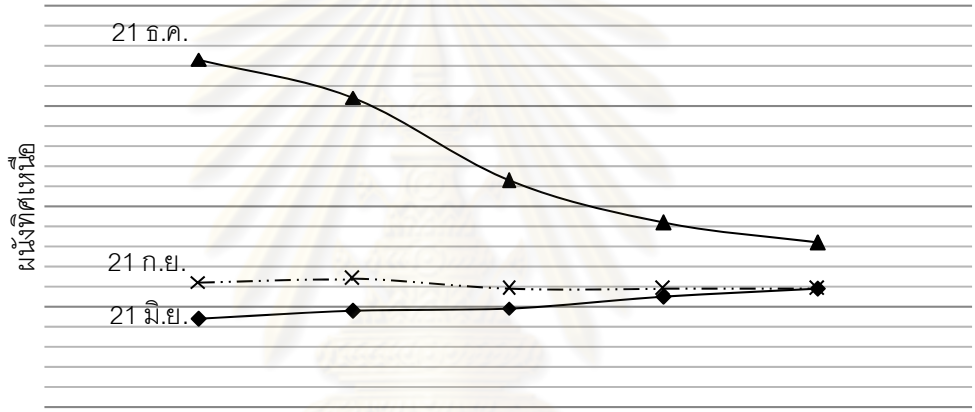
4.2.2 การประเมินประสิทธิภาพของแสงด้านรูปแบบการกระจายตัวและระดับความสม่ำเสมอของแสง (Uniformity ratio) ที่ระนาบพื้นส่วนทางเดิน

จากแผนภูมิที่ 4.4-4.12 พบว่าแสงภายในชุดการทดลองที่ได้นั้น มีรูปแบบการกระจายตัวที่แตกต่างกันในแต่ละวัน ซึ่งเป็นผลเนื่องมาจากทิศทางการส่องผ่านของแสงเข้าสู่ภายในที่เกิดจากลักษณะการเคลื่อนตัวของดวงอาทิตย์ โดยในวันที่ 21 มิ.ย.ดวงอาทิตย์จะเคลื่อนตัวอ้อมผ่านทางทิศเหนือ ในขณะที่วันที่ 21 ก.ย.และวันที่ 21 ธ.ค.นั้น ดวงอาทิตย์จะเคลื่อนตัวอ้อมผ่านทางทิศใต้ โดยทำมุมโปรไฟล์ในวันที่ 21 ก.ย.ด้วยค่าองศาที่สูงกว่าในวันที่ 21 ธ.ค.จึงส่งผลให้แสงที่ได้มีการกระจายตัวมีความแตกต่างกันนั่นเอง ด้วยเหตุดังกล่าวผู้วิจัยจึงได้นำเสนอรูปแสดงรูปแบบการกระจายตัวของแสงที่เกิดจากโคมลักษณะต่างๆโดยแยกตามวัน เพื่อให้สามารถจำแนกรูปแบบการกระจายตัวของแสงได้ชัดเจนขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 4.5-4.8

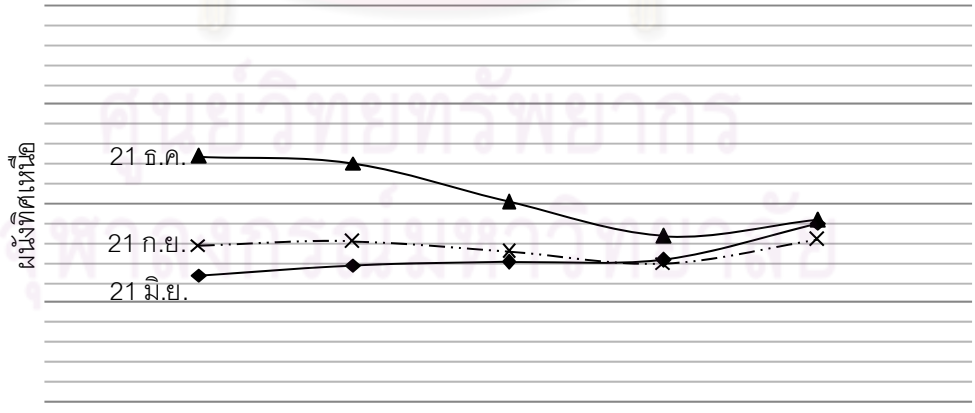
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปแบบการกระจายตัวของแสงชุดการทดลองที่ 1 (polished surface)

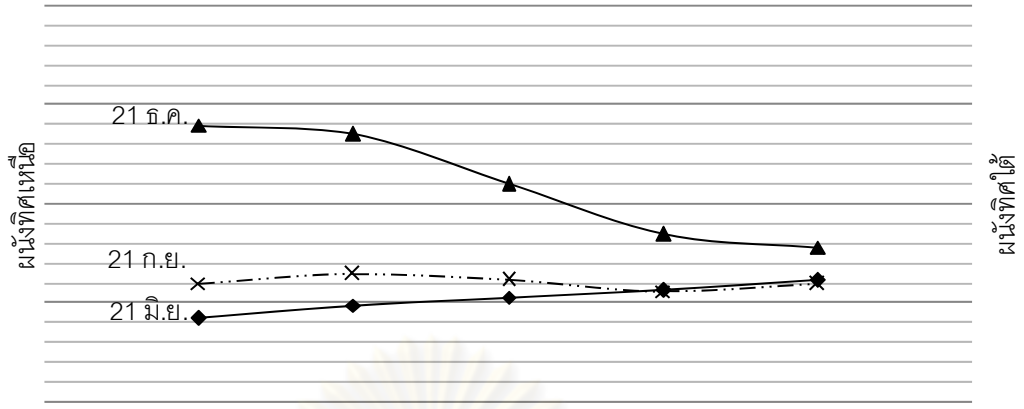


รูปแบบการกระจายตัวของแสงชุดการทดลองที่ 5 (unpolished surface)

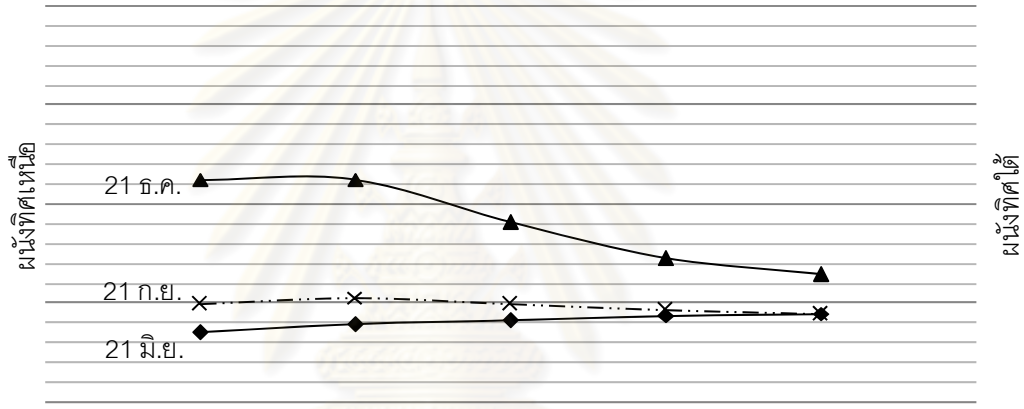


รูปแบบการกระจายตัวของแสงชุดการทดลองที่ 9 (matte surface)

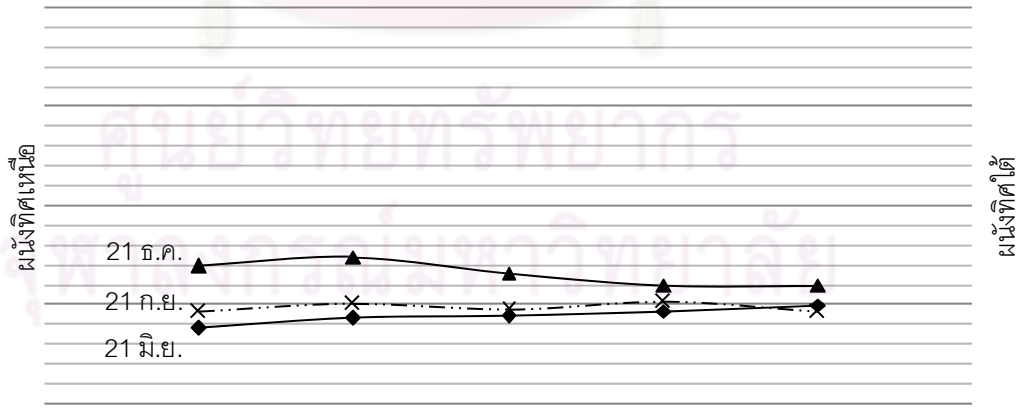
รูปที่ 4.5 แสดงรูปแบบการกระจายตัวของแสงชุดการทดลองที่ติดตั้งโคมลักษณะตรง



รูปแบบการกระจายตัวของแสงชุดการทดลองที่ 2 (polished surface)

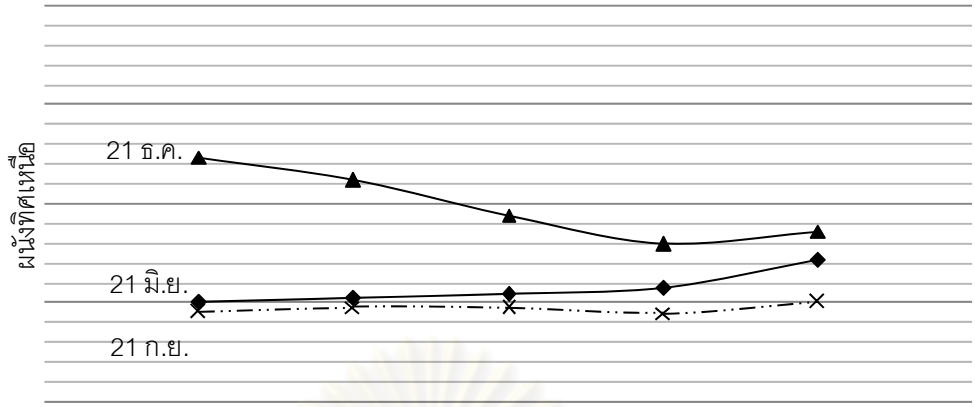


รูปแบบการกระจายตัวของแสงชุดการทดลองที่ 6 (unpolished surface)

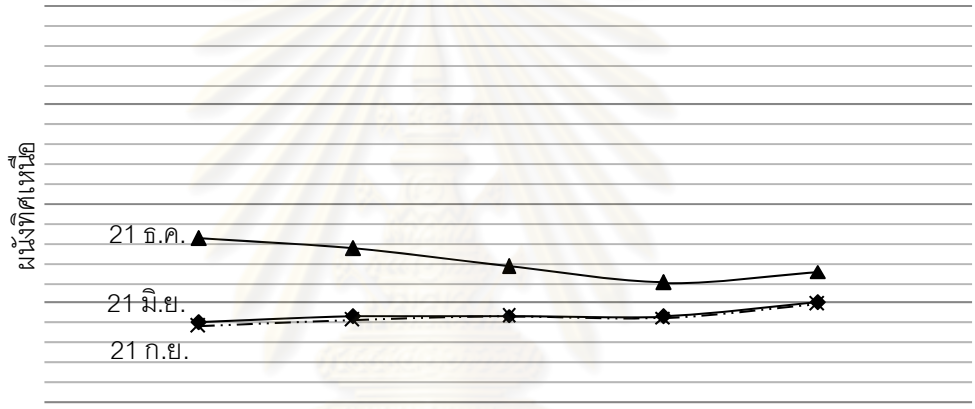


รูปแบบการกระจายตัวของแสงชุดการทดลองที่ 10 (matte surface)

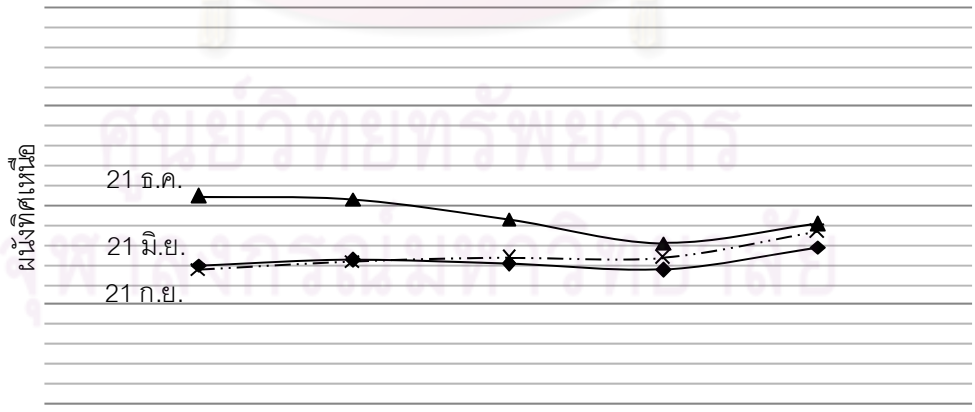
รูปที่ 4.6 แสดงรูปแบบการกระจายตัวของแสงชุดการทดลองที่ติดตั้งโคมลักษณะโค้ง



รูปแบบการกระจายตัวของแสงชุดการทดลองที่ 3 (polished surface)

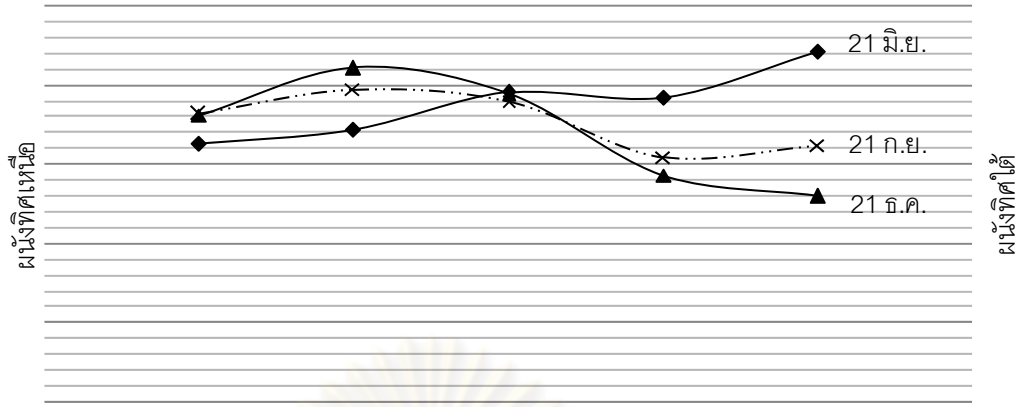


รูปแบบการกระจายตัวของแสงชุดการทดลองที่ 7 (unpolished surface)

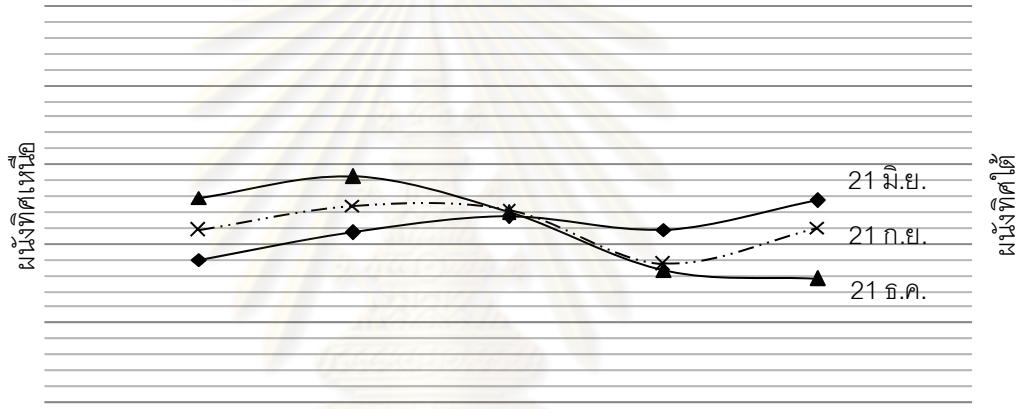


รูปแบบการกระจายตัวของแสงชุดการทดลองที่ 11 (matte surface)

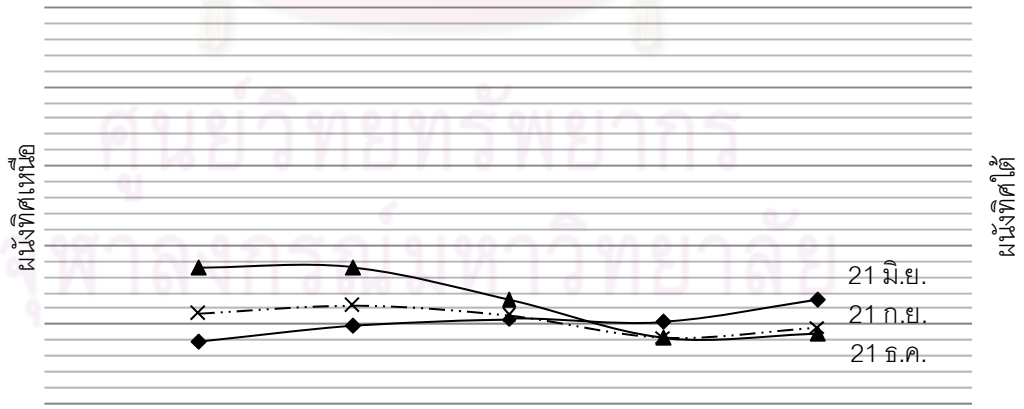
รูปที่ 4.7 แสดงรูปแบบการกระจายตัวของแสงชุดการทดลองที่ติดตั้งโคมลักษณะโค้งคว่ำปีกนก



รูปแบบการกระจายตัวของแสงชุดการทดลองที่ 4 (polished surface)



รูปแบบการกระจายตัวของแสงชุดการทดลองที่ 8 (unpolished surface)



รูปแบบการกระจายตัวของแสงชุดการทดลองที่ 12 (matte surface)

รูปที่ 4.8 แสดงรูปแบบการกระจายตัวของแสงชุดการทดลองที่ติดตั้งโคมลักษณะโค้งหงาย

จากแผนภูมิข้างต้น พบว่าโคมสะท้อนแสงทุกลักษณะส่งผลให้เกิดการกระจายตัวของแสงหลักๆอยู่ทั้งสิ้น 3 รูปแบบ ได้แก่

1. รูปแบบที่แสงส่วนใหญ่กระจายตัวสู่ระนาบพื้นบริเวณใกล้กับผนังทิศใต้ ซึ่งมีผลทำให้ตำแหน่งวัดแสงที่ระยะ 9.00 ม.จากผนังทิศเหนือมีระดับความส่องสว่างสูงสุด โดยมักจะเกิดขึ้นในวันที่ 21 มิ.ย.

2. รูปแบบที่แสงกระจายตัวสม่ำเสมอเกือบเป็นเส้นตรง โดยมักจะเกิดขึ้นในกรณีที่โคมมีลักษณะตรง ลักษณะโค้ง และลักษณะโค้งคว่ำแบบปีกนก ในวันที่ 21 ก.ย. เป็นส่วนใหญ่

3. รูปแบบที่แสงส่วนใหญ่กระจายตัวสู่ระนาบพื้นบริเวณใกล้กับผนังทิศเหนือ ซึ่งมีผลทำให้ตำแหน่งวัดแสงที่ระยะ 1.00 ม.หรือ 3.00 ม.จากผนังทิศเหนือมีระดับความส่องสว่างสูงสุด โดยมักจะเกิดขึ้นในวันที่ 21 ธ.ค.

ทั้งนี้เมื่อพิจารณาจากระดับความสม่ำเสมอของแสง (Uniformity ratio) เฉลี่ยแต่ละวัน พบว่าโคมลักษณะโค้งคว่ำปีกนกจะให้ระดับความสม่ำเสมอของแสง (Uniformity ratio) ดีที่สุด รองลงมาคือโคมลักษณะโค้งหงาย หากโคมทั้ง 2 ลักษณะทำจากวัสดุผิวเรียบแบบโลหะเงา (polished surface) และวัสดุผิวเรียบแบบโลหะด้าน (unpolished surface) ส่วนโคมลักษณะตรงที่ทำจากวัสดุผิวเรียบแบบโลหะเงา (polished surface) จะให้ระดับความสม่ำเสมอของแสงมากกว่าโคมลักษณะโค้ง ในขณะที่โคมลักษณะโค้งจะให้ระดับความสม่ำเสมอของแสงดีที่สุดหากทำจากวัสดุผิวหยาบด้าน (matte surface)

การประเมินประสิทธิภาพของแสงระนาบผนังส่วนจัดแสดงภาพศิลปะ

เมื่อพิจารณาผลการทดลองที่ได้จากตารางที่ 4.7-4.12 พบว่า ในแต่ละวันค่า DF ที่วัดได้ ณ ตำแหน่งการวัดแสงแต่ละตำแหน่งนั้น จะมีการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกัน กล่าวคือมีค่าเพิ่มขึ้นหรือลดลงเหมือนกัน โดยมีอัตราการเปลี่ยนแปลงใกล้เคียงกันทุกตำแหน่ง ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้ในการนำค่า DF เฉลี่ยในแต่ละวันมาใช้เป็นข้อมูลในการวิเคราะห์เปรียบเทียบประสิทธิภาพของแสงด้านต่างๆที่เกิดจากโคมสะท้อนแสงแต่ละรูปแบบดังแสดงในตารางที่ 4.14 และ 4.15 โดยจัดทำและนำเสนอในรูปแผนภูมิเพื่อให้เกิดความชัดเจนมากยิ่งขึ้น

ตารางที่ 4.14 แสดงค่า Daylight factor ที่ระนาบผนังทิศเหนือเฉลี่ยแต่ละวัน

กลุ่มที่ 1 ชุดการทดลองที่ 1-4 (polished surface) **Daylight factor (%) ที่ระนาบผนังทิศเหนือ**

		ตำแหน่งที่ทำการวัดแสงจากระดับพื้น					ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าเฉลี่ย	uniformity
		0.95 ม.	2.35 ม.	3.75 ม.	5.15 ม.	6.55 ม.				
โคมตรง	21 มิ.ย.	0.24	0.35	0.52	0.82	1.60	1.60	0.24	0.70	0.34
	21 ก.ย.	0.30	0.44	0.69	1.37	2.77	2.77	0.30	1.12	0.27
	21 ธ.ค.	0.76	1.15	1.87	2.96	6.49	6.49	0.76	2.64	0.29
โคมโค้ง	21 มิ.ย.	0.20	0.27	0.37	0.52	1.34	1.34	0.20	0.54	0.38
	21 ก.ย.	0.26	0.36	0.53	0.81	2.17	2.17	0.26	0.83	0.31
	21 ธ.ค.	0.55	0.84	1.44	2.47	5.07	5.07	0.55	2.07	0.26
โคมโค้งปีกนก	21 มิ.ย.	0.26	0.36	0.57	0.94	2.32	2.32	0.26	0.89	0.29
	21 ก.ย.	0.25	0.34	0.52	0.76	2.15	2.15	0.25	0.81	0.30
	21 ธ.ค.	0.48	0.72	1.20	1.99	4.15	4.15	0.48	1.71	0.28
โคมโค้งหงาย	21 มิ.ย.	1.29	1.77	2.45	3.11	4.47	4.47	1.29	2.62	0.49
	21 ก.ย.	0.79	0.98	1.36	1.73	4.08	4.08	0.79	1.79	0.44
	21 ธ.ค.	0.77	1.04	1.54	2.13	5.03	5.03	0.77	2.10	0.37

กลุ่มที่ 2 ชุดการทดลองที่ 5-8 (unpolished surface)

โคมตรง	21 มิ.ย.	0.19	0.27	0.38	0.63	1.29	1.29	0.19	0.55	0.35
	21 ก.ย.	0.24	0.36	0.56	1.12	2.41	2.41	0.24	0.94	0.26
	21 ธ.ค.	0.59	0.92	1.45	2.58	4.87	4.87	0.59	2.08	0.28
โคมโค้ง	21 มิ.ย.	0.16	0.23	0.30	0.45	1.00	1.00	0.16	0.43	0.38
	21 ก.ย.	0.18	0.27	0.39	0.67	1.85	1.85	0.18	0.67	0.27
	21 ธ.ค.	0.37	0.57	0.90	1.69	3.65	3.65	0.37	1.44	0.26
โคมโค้งปีกนก	21 มิ.ย.	0.20	0.28	0.40	0.58	1.51	1.51	0.20	0.59	0.33
	21 ก.ย.	0.19	0.27	0.38	0.54	1.52	1.52	0.19	0.58	0.33
	21 ธ.ค.	0.33	0.49	0.78	1.26	2.83	2.83	0.33	1.14	0.29
โคมโค้งหงาย	21 มิ.ย.	0.65	0.84	1.23	1.62	2.96	2.96	0.65	1.46	0.45
	21 ก.ย.	0.62	0.81	1.23	1.63	3.36	3.36	0.62	1.53	0.40
	21 ธ.ค.	0.63	0.82	1.37	1.87	4.90	4.90	0.63	1.92	0.33

กลุ่มที่ 3 ชุดการทดลองที่ 9-12 (matte surface)

โคมตรง	21 มิ.ย.	0.35	0.50	0.72	0.99	2.66	2.66	0.35	1.04	0.33
	21 ก.ย.	0.36	0.53	0.81	1.27	3.16	3.16	0.36	1.23	0.29
	21 ธ.ค.	0.46	0.69	1.08	1.83	5.33	5.33	0.46	1.88	0.24
โคมโค้ง	21 มิ.ย.	0.18	0.25	0.34	0.54	1.35	1.35	0.18	0.53	0.33
	21 ก.ย.	0.19	0.28	0.41	0.72	1.90	1.90	0.19	0.70	0.27
	21 ธ.ค.	0.27	0.39	0.63	1.13	3.04	3.04	0.27	1.09	0.24
โคมโค้งปีกนก	21 มิ.ย.	0.30	0.40	0.64	1.03	2.14	2.14	0.30	0.90	0.33
	21 ก.ย.	0.32	0.42	0.65	1.05	2.32	2.32	0.32	0.95	0.33
	21 ธ.ค.	0.42	0.58	0.95	0.40	3.07	3.07	0.40	1.09	0.37
โคมโค้งหงาย	21 มิ.ย.	0.44	0.56	0.76	1.06	2.61	2.61	0.44	1.09	0.40
	21 ก.ย.	0.45	0.59	0.85	1.31	3.38	3.38	0.45	1.32	0.34
	21 ธ.ค.	0.55	0.71	1.10	1.70	4.83	4.83	0.55	1.78	0.31

ตารางที่ 4.15 แสดงค่า Daylight factor ที่ระนาบผนังทิศใต้เฉลี่ยแต่ละวัน

กลุ่มที่ 1 ชุดการทดลองที่ 1-4 (polished surface) Daylight factor (%) **ที่ระนาบผนังทิศใต้**

		ตำแหน่งที่ทำการวัดแสงจากระดับพื้น					ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าเฉลี่ย	uniformity
		0.95 ม.	2.35 ม.	3.75 ม.	5.15 ม.	6.55 ม.				
โคมตรง	21 มิ.ย.	0.26	0.39	0.60	1.11	2.28	2.28	0.26	0.93	0.28
	21 ก.ย.	0.26	0.37	0.54	0.86	1.53	1.53	0.26	0.71	0.37
	21 ธ.ค.	0.44	0.59	0.79	1.16	2.54	2.54	0.44	1.10	0.40
โคมโค้ง	21 มิ.ย.	0.23	0.31	0.46	0.72	2.34	2.34	0.23	0.81	0.28
	21 ก.ย.	0.22	0.29	0.39	0.53	1.30	1.30	0.22	0.55	0.40
	21 ธ.ค.	0.43	0.54	0.65	0.73	1.36	1.36	0.43	0.74	0.58
โคมโค้งปีกนก	21 มิ.ย.	0.27	0.38	0.58	0.85	2.10	2.10	0.27	0.84	0.33
	21 ก.ย.	0.25	0.34	0.52	0.86	2.27	2.27	0.25	0.85	0.29
	21 ธ.ค.	0.36	0.48	0.69	0.96	2.14	2.14	0.36	0.93	0.39
โคมโค้งหงาย	21 มิ.ย.	0.79	1.03	1.47	1.96	4.12	4.12	0.79	1.87	0.42
	21 ก.ย.	1.14	1.55	2.18	3.05	4.24	4.24	1.14	2.43	0.47
	21 ธ.ค.	0.97	1.21	1.40	1.46	2.64	2.64	0.97	1.54	0.63

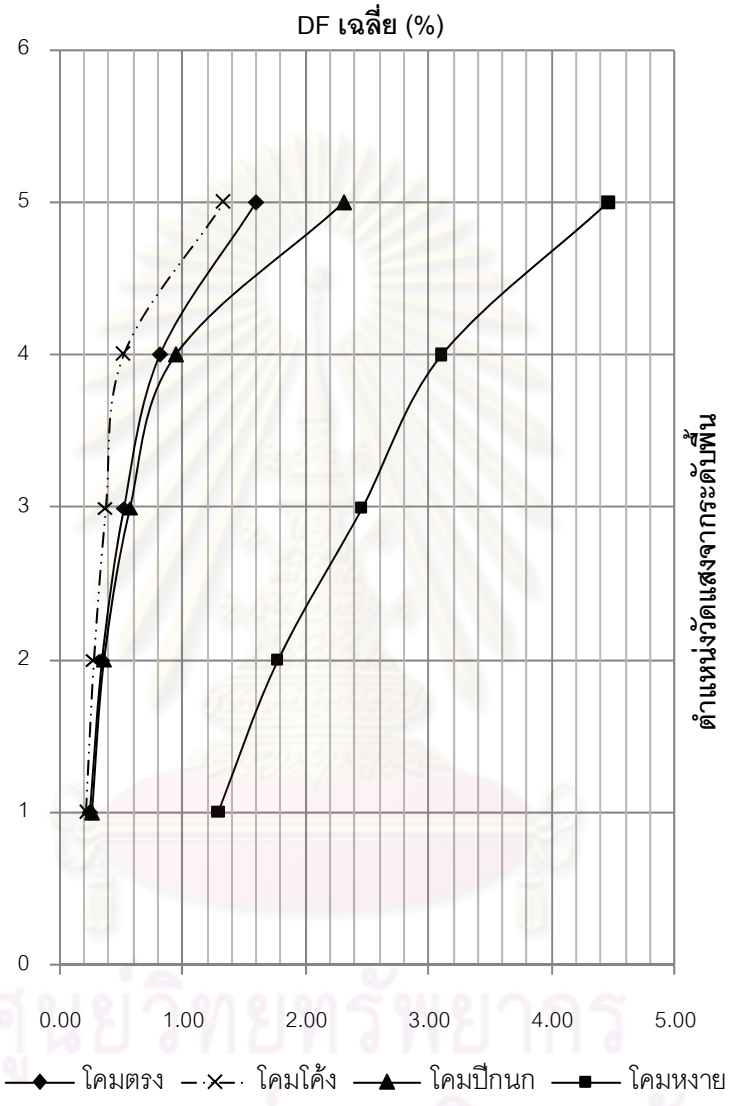
กลุ่มที่ 2 ชุดการทดลองที่ 5-8 (unpolished surface)

โคมตรง	21 มิ.ย.	0.21	0.31	0.47	0.94	2.17	2.17	0.21	0.82	0.25
	21 ก.ย.	0.20	0.28	0.39	0.64	1.29	1.29	0.20	0.56	0.35
	21 ธ.ค.	0.34	0.45	0.56	0.82	1.36	1.36	0.34	0.71	0.48
โคมโค้ง	21 มิ.ย.	0.17	0.24	0.35	0.60	1.66	1.66	0.17	0.60	0.28
	21 ก.ย.	0.17	0.24	0.31	0.45	0.94	0.94	0.17	0.42	0.41
	21 ธ.ค.	0.29	0.39	0.48	0.65	1.29	1.29	0.29	0.62	0.46
โคมโค้งปีกนก	21 มิ.ย.	0.20	0.28	0.41	0.59	1.50	1.50	0.20	0.60	0.34
	21 ก.ย.	0.19	0.27	0.39	0.57	1.46	1.46	0.19	0.58	0.33
	21 ธ.ค.	0.28	0.38	0.52	0.69	1.43	1.43	0.28	0.66	0.43
โคมโค้งหงาย	21 มิ.ย.	0.64	0.83	1.26	1.66	3.43	3.43	0.64	1.56	0.41
	21 ก.ย.	0.64	0.82	1.19	1.53	2.94	2.94	0.64	1.43	0.45
	21 ธ.ค.	0.60	0.74	0.99	1.18	2.63	2.63	0.60	1.23	0.49

กลุ่มที่ 3 ชุดการทดลองที่ 9-12 (matte surface)

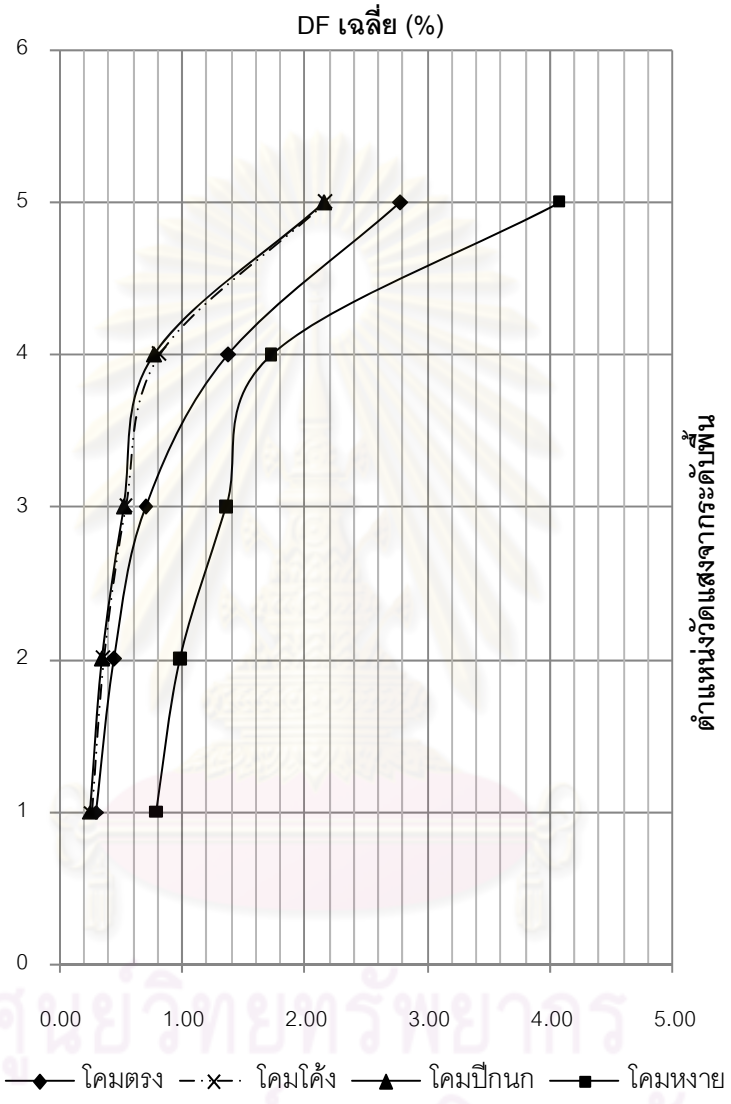
โคมตรง	21 มิ.ย.	0.34	0.50	0.76	1.10	2.95	2.95	0.34	1.13	0.30
	21 ก.ย.	0.33	0.47	0.68	0.96	2.48	2.48	0.33	0.98	0.34
	21 ธ.ค.	0.40	0.55	0.73	0.98	2.46	2.46	0.40	1.03	0.39
โคมโค้ง	21 มิ.ย.	0.20	0.29	0.42	0.73	1.95	1.95	0.20	0.72	0.27
	21 ก.ย.	0.19	0.26	0.37	0.60	1.52	1.52	0.19	0.59	0.32
	21 ธ.ค.	0.21	0.28	0.36	0.52	1.19	1.19	0.21	0.51	0.40
โคมโค้งปีกนก	21 มิ.ย.	0.32	0.42	0.66	1.06	2.36	2.36	0.32	0.96	0.33
	21 ก.ย.	0.30	0.41	0.65	0.70	2.21	2.21	0.30	0.85	0.36
	21 ธ.ค.	0.34	0.44	0.64	0.64	2.03	2.03	0.34	0.82	0.41
โคมโค้งหงาย	21 มิ.ย.	0.45	0.58	0.83	1.25	3.24	3.24	0.45	1.27	0.35
	21 ก.ย.	0.45	0.57	0.76	1.06	2.59	2.59	0.45	1.08	0.42
	21 ธ.ค.	0.47	0.57	0.71	0.89	2.06	2.06	0.47	0.94	0.50

แผนภูมิที่ 4.13 แสดงระดับความส่องสว่างผนังทิศเหนือชุดการทดลองที่ 1-4 วันที่ 21 มิถุนายน



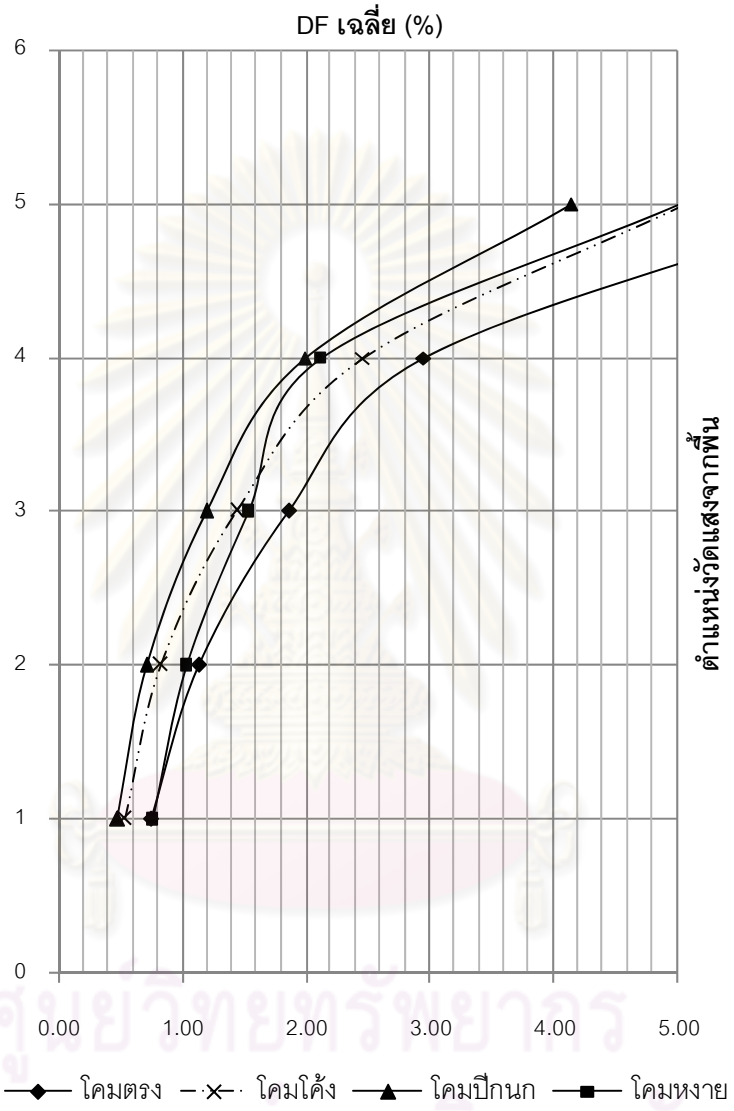
ระดับความส่องสว่างผนังทิศเหนือชุดการทดลองที่ 1-4 (polished surface) วันที่ 21 มิถุนายน

แผนภูมิที่ 4.14 แสดงระดับความส่องสว่างผนังทิศเหนือชุดการทดลองที่ 1-4 วันที่ 21 กันยายน



ระดับความส่องสว่างผนังทิศเหนือชุดการทดลองที่ 1-4 (polished surface) วันที่ 21 กันยายน

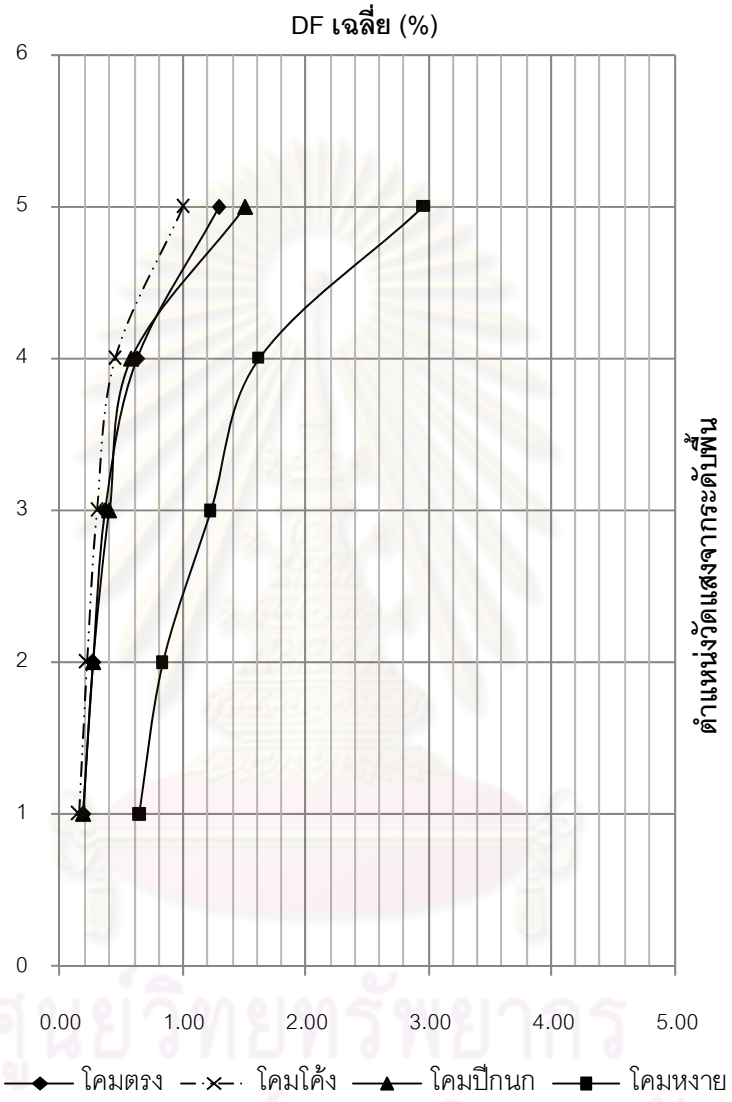
แผนภูมิที่ 4.15 แสดงระดับความส่องสว่างผนังทิศเหนือชุดการทดลองที่ 1-4 วันที่ 21 ธันวาคม



ระดับความส่องสว่างผนังทิศเหนือชุดการทดลองที่ 1-4 (polished surface) **วันที่ 21 ธันวาคม**

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

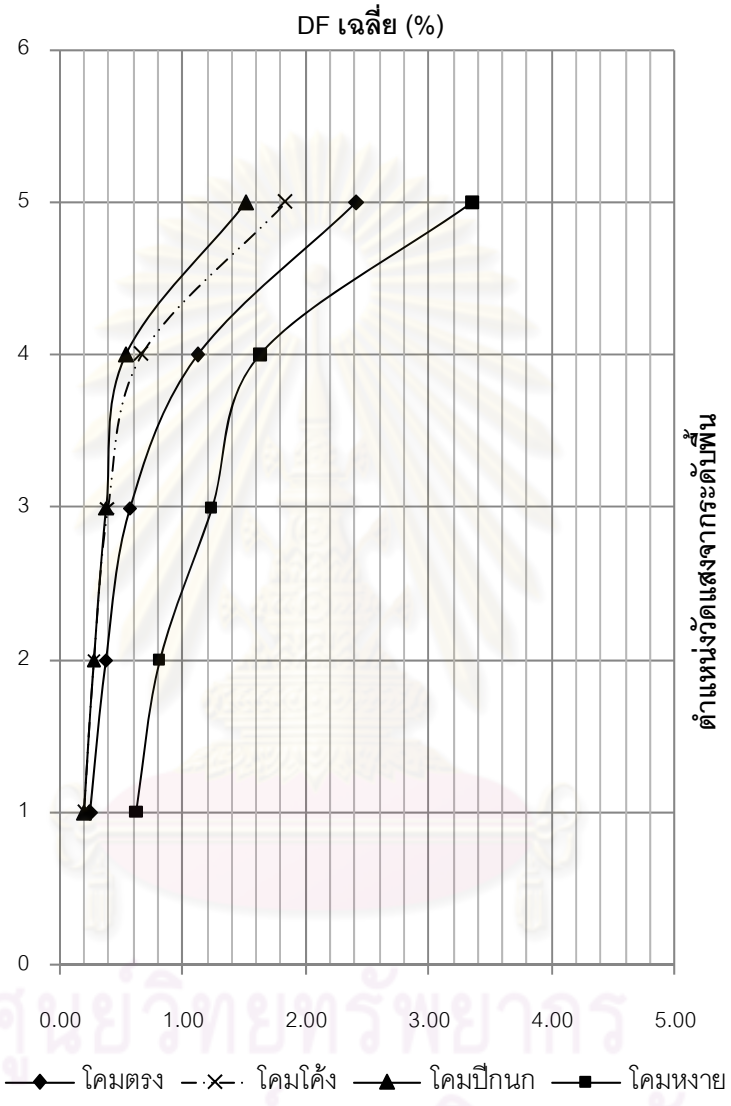
แผนภูมิที่ 4.16 แสดงระดับความส่องสว่างผนังทิศเหนือชุดการทดลองที่ 5-8 วันที่ 21 มิถุนายน



ระดับความส่องสว่างผนังทิศเหนือชุดการทดลองที่ 5-8 (unpolished surface) วันที่ 21 มิถุนายน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

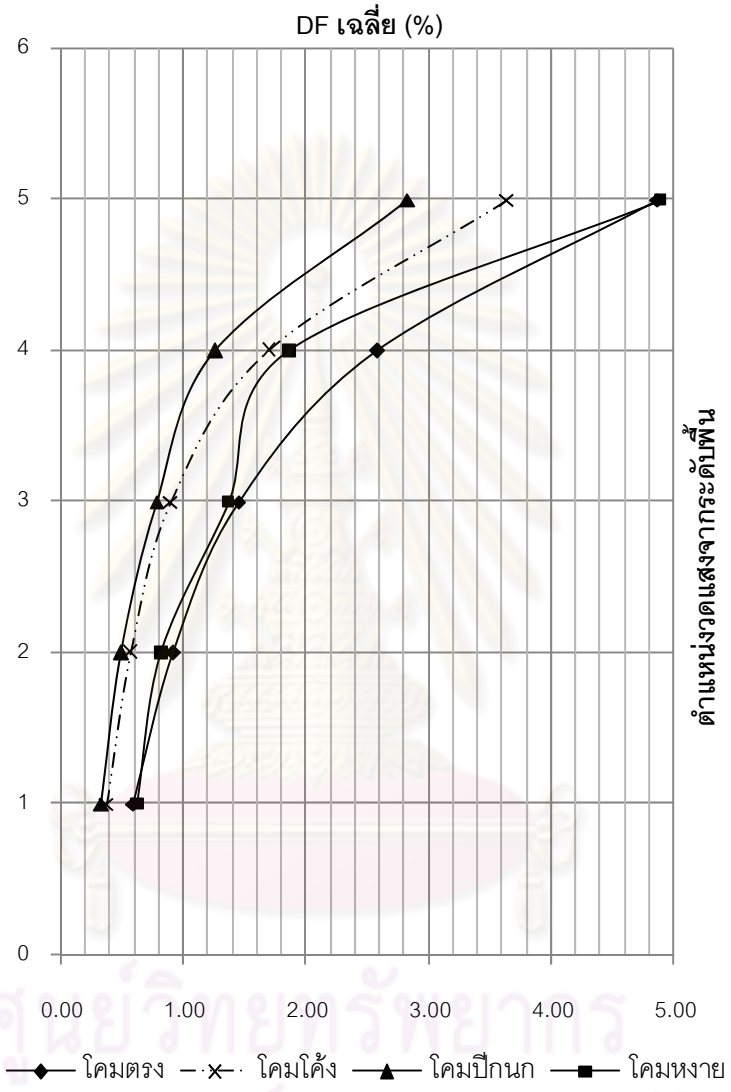
แผนภูมิที่ 4.17 แสดงระดับความส่องสว่างผนังทิศเหนือชุดการทดลองที่ 5-8 วันที่ 21 กันยายน



ระดับความส่องสว่างผนังทิศเหนือชุดการทดลองที่ 5-8 (unpolished surface) วันที่ 21 กันยายน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

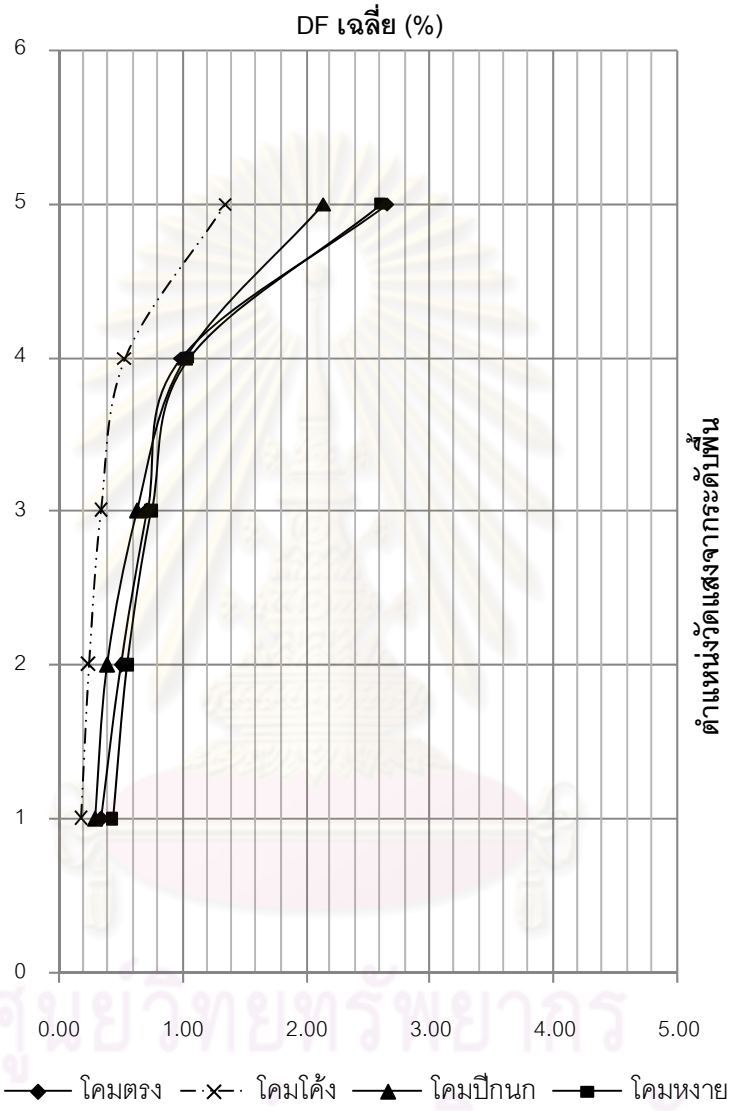
แผนภูมิที่ 4.18 แสดงระดับความส่องสว่างผนังทิศเหนือชุดการทดลองที่ 5-8 วันที่ 21 ธันวาคม



ระดับความส่องสว่างผนังทิศเหนือชุดการทดลองที่ 5-8
(unpolished surface) วันที่ 21 ธันวาคม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

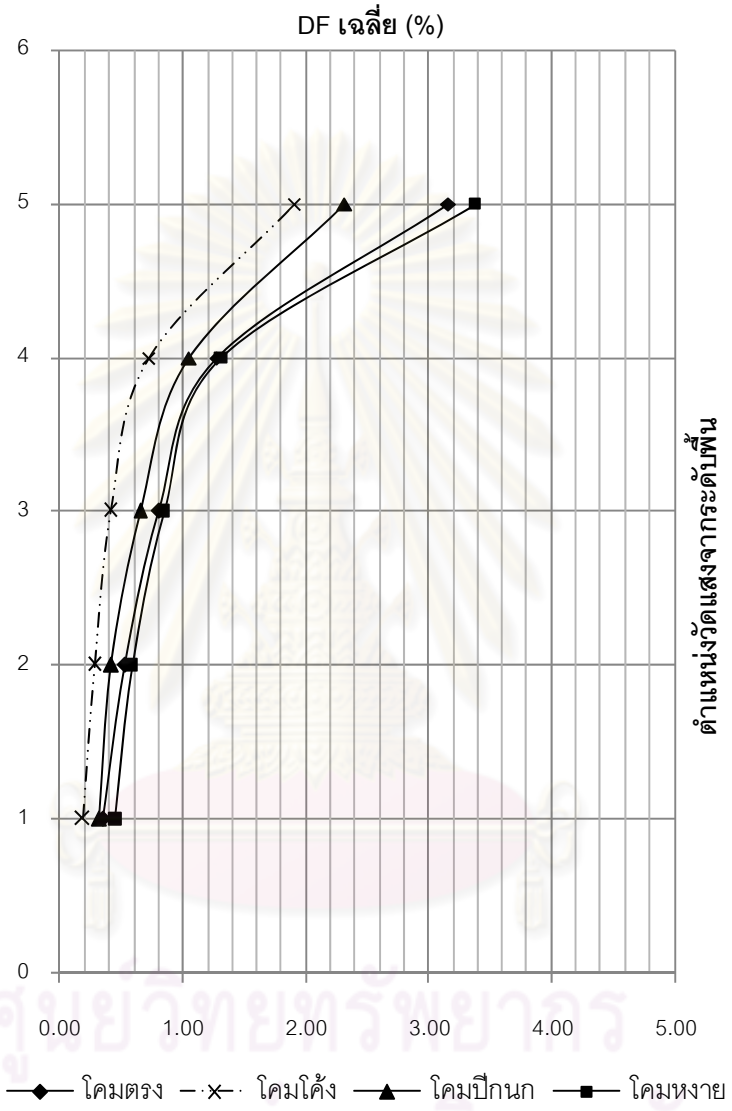
แผนภูมิที่ 4.19 แสดงระดับความส่องสว่างผนังทิศเหนือชุดการทดลองที่ 9-12 วันที่ 21 มิถุนายน



ระดับความส่องสว่างผนังทิศเหนือชุดการทดลองที่ 9-12 (matte surface) **วันที่ 21 มิถุนายน**

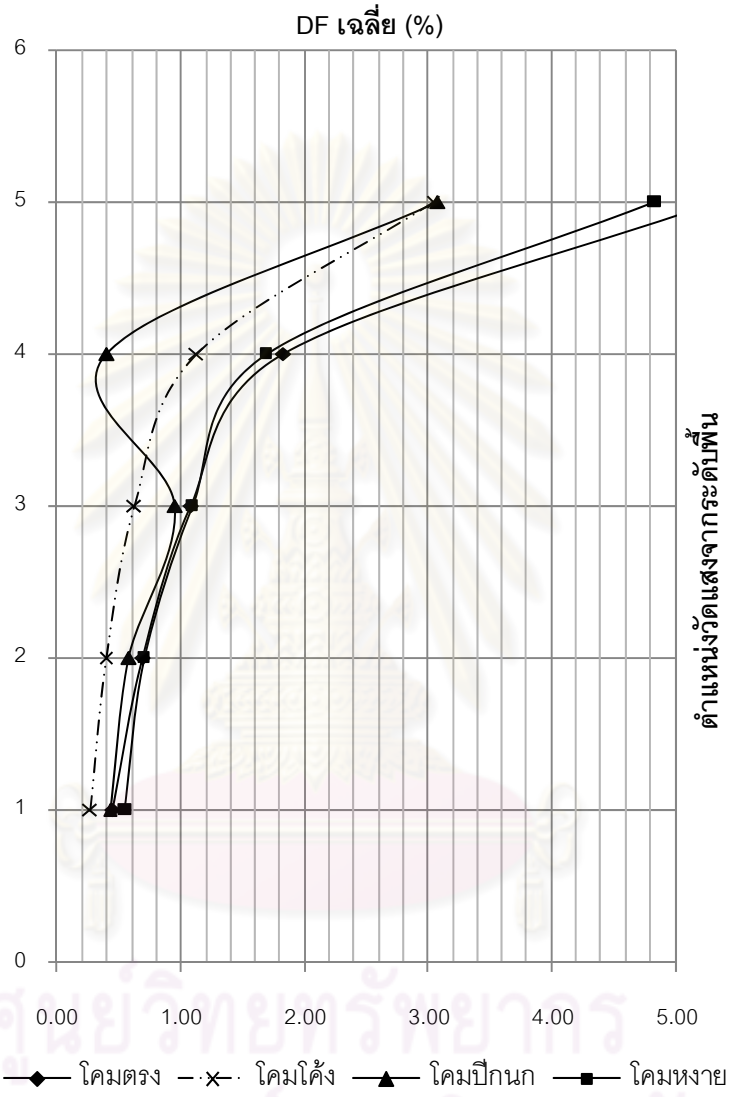
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แผนภูมิที่ 4.20 แสดงระดับความส่องสว่างผนังทิศเหนือชุดการทดลองที่ 9-12 วันที่ 21 กันยายน



ระดับความส่องสว่างผนังทิศเหนือชุดการทดลองที่ 9-12 (matte surface) **วันที่ 21 กันยายน**

แผนภูมิที่ 4.21 แสดงระดับความส่องสว่างผนังทิศเหนือชุดการทดลองที่ 9-12 วันที่ 21 ธันวาคม



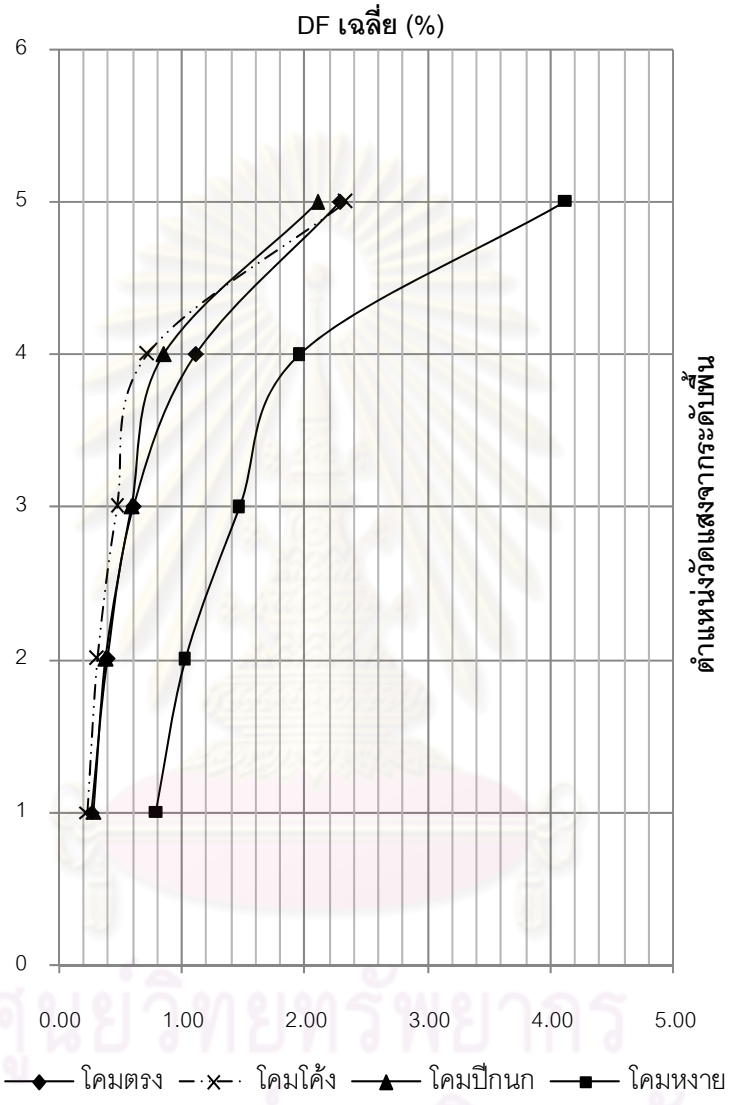
ระดับความส่องสว่างผนังทิศเหนือชุดการทดลองที่ 9-12 (matte surface) **วันที่ 21 ธันวาคม**

จากแผนภูมิที่ 4.13-4.21 แสดงค่า DF ที่ระนาบผนังจัดแสดงภาพศิลปะด้านทิศเหนือ พบว่าโคมสะท้อนแสงลักษณะโค้งหงายส่งผลต่อระดับความส่องสว่างภายในสูงสุด ยกเว้นในวันที่ 21 ธ.ค. ซึ่งโคมลักษณะตรงจะส่งผลต่อระดับความส่องสว่างภายในสูงกว่า เนื่องจากวันดังกล่าวดวงอาทิตย์เคลื่อนตัวอ้อมผ่านทางทิศใต้ด้วยองศามุมโปรไฟล์ค่อนข้างน้อย และด้วยลักษณะของโคมที่มีลักษณะตรงจึงเปิดโอกาสให้แสงส่องผ่านเข้าสู่พื้นที่ภายในได้มากกว่า

ส่วนโคมที่ส่งผลต่อระดับความส่องสว่างภายในน้อยที่สุด ได้แก่ โคมลักษณะโค้งที่ทำจากวัสดุพื้นผิวหยาบด้าน (matte surface) เนื่องจากระยะระหว่างช่องเปิดด้านบนกับตัวโคมมีขนาดค่อนข้างน้อย การที่วัสดุโคมมีพื้นผิวด้านจึงไม่สามารถช่วยกระจายแสงเข้าสู่ภายในได้มากนัก ทั้งนี้หากโคมลักษณะดังกล่าวทำจากวัสดุพื้นผิวเรียบแบบโลหะเงา (polished surface) และพื้นผิวเรียบแบบโลหะด้าน (unpolished surface) จะส่งผลให้ระดับความส่องสว่างภายในที่ได้มีค่าสูงขึ้นจนใกล้เคียงกับระดับความส่องสว่างที่ได้จากโคมลักษณะโค้งคว่ำปีกนกในวันที่ 21 ก.ย. และสูงกว่าในวันที่ 21 ธ.ค.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

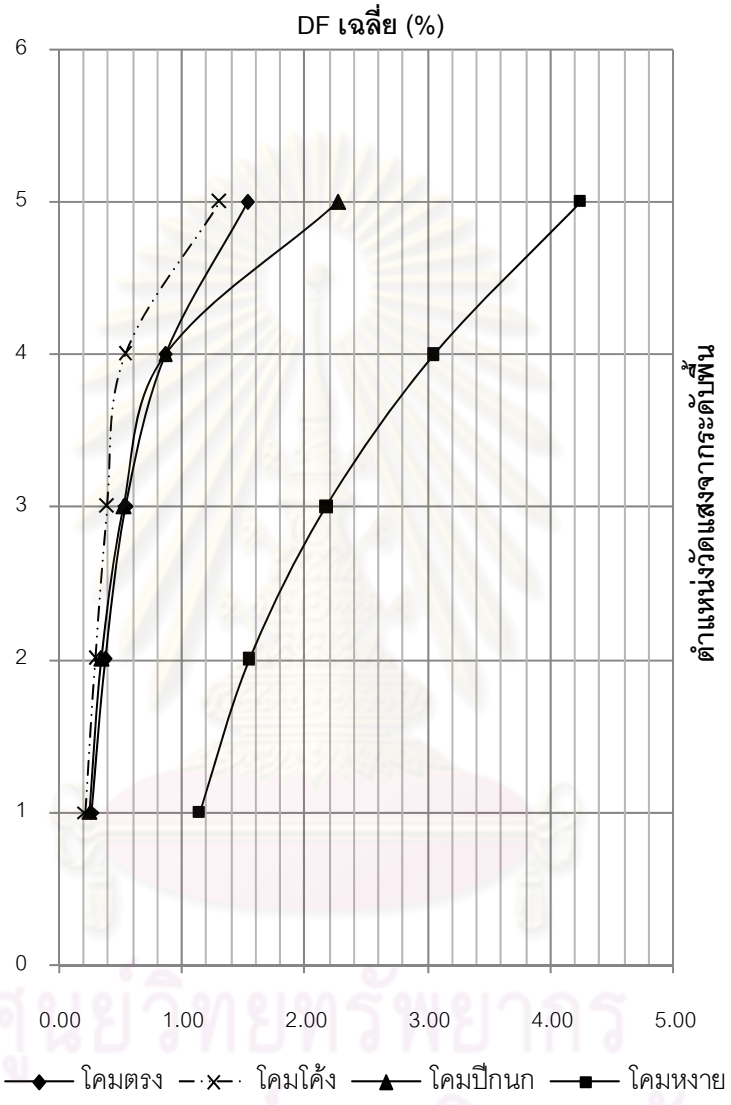
แผนภูมิที่ 4.22 แสดงระดับความส่องสว่างผนังทิศใต้ชุดการทดลองที่ 1-4 วันที่ 21 มิถุนายน



ระดับความส่องสว่างผนังทิศใต้ชุดการทดลองที่ 1-4 (polished surface) **วันที่ 21 มิถุนายน**

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

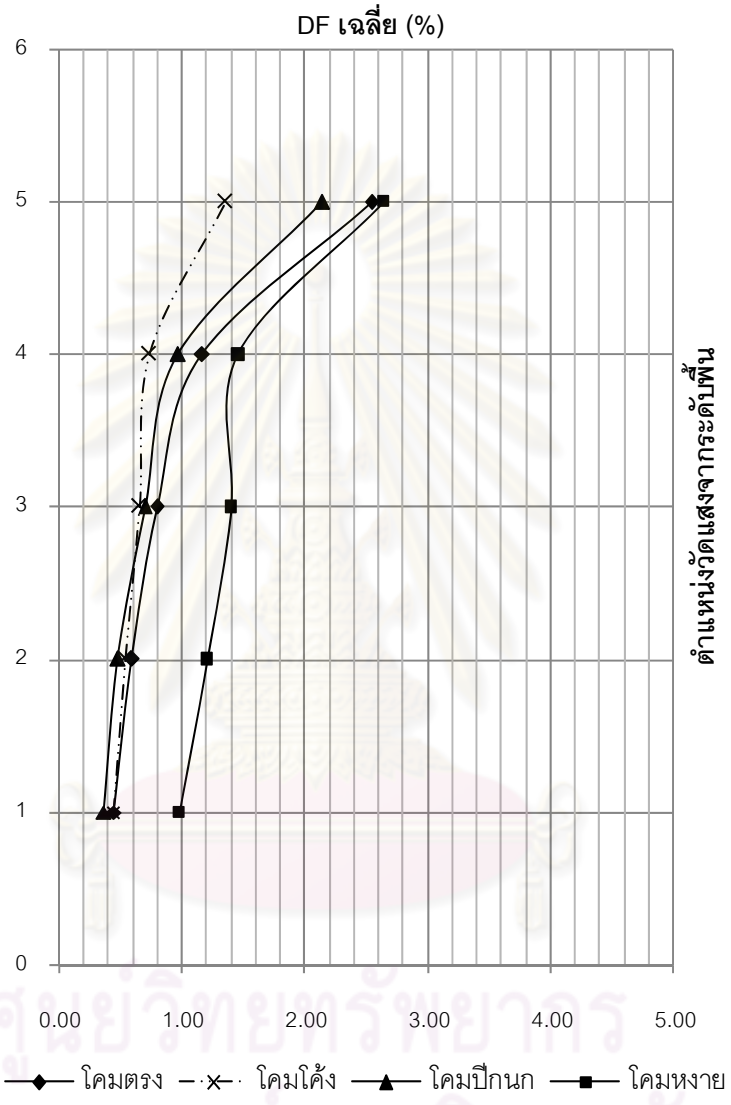
แผนภูมิที่ 4.23 แสดงระดับความส่องสว่างผนังทิศใต้ชุดการทดลองที่ 1-4 วันที่ 21 กันยายน



ระดับความส่องสว่างผนังทิศใต้ชุดการทดลองที่ 1-4 (polished surface) วันที่ 21 กันยายน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

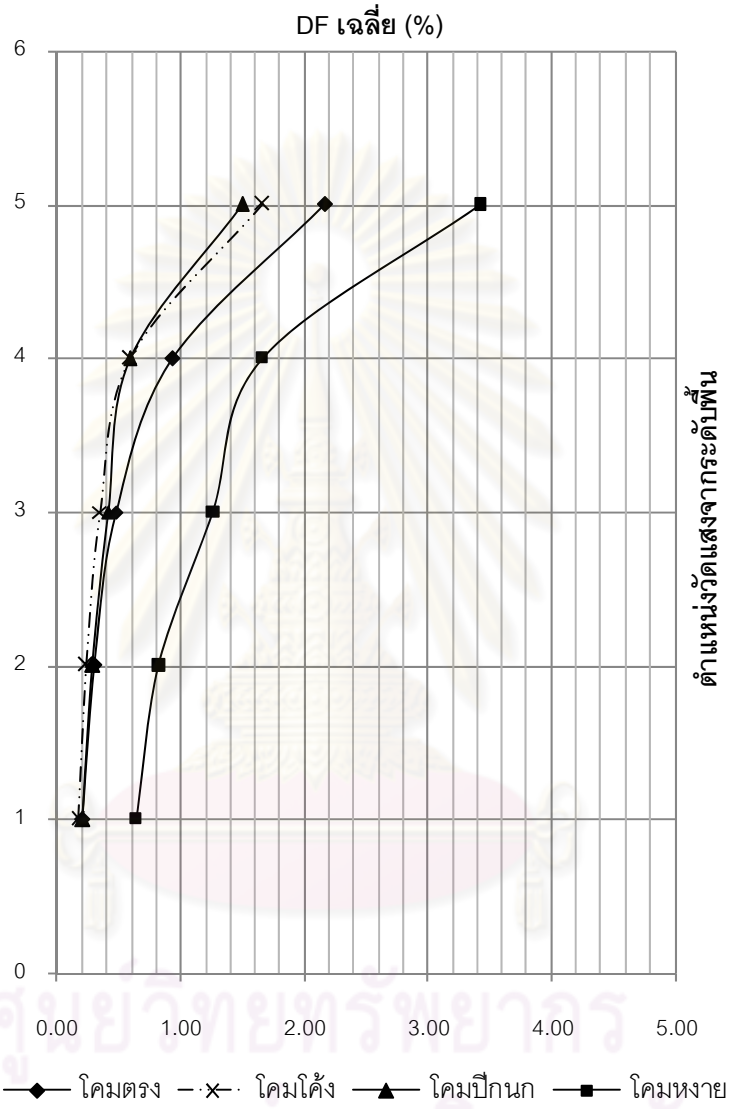
แผนภูมิที่ 4.24 แสดงระดับความส่องสว่างผนังทิศใต้ชุดการทดลองที่ 1-4 วันที่ 21 ธันวาคม



ระดับความส่องสว่างผนังทิศใต้ชุดการทดลองที่ 1-4 (polished surface) วันที่ 21 ธันวาคม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

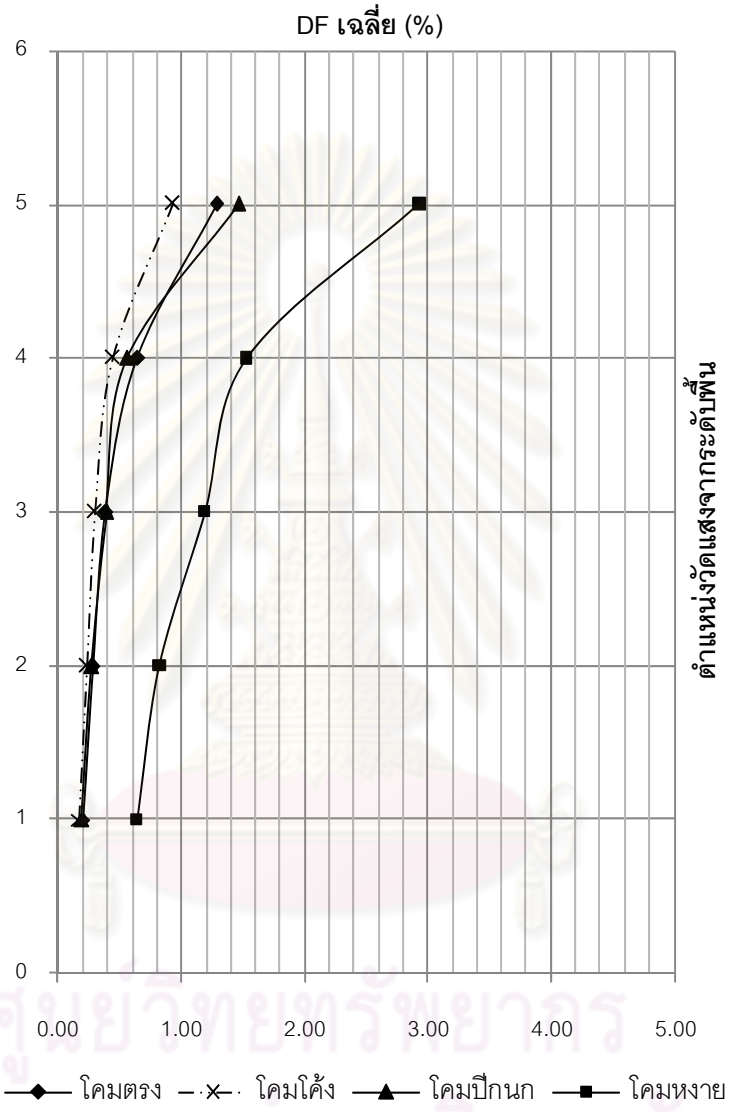
แผนภูมิที่ 4.25 แสดงระดับความส่องสว่างผนังทิศใต้ชุดการทดลองที่ 5-8 วันที่ 21 มิถุนายน



ระดับความส่องสว่างผนังทิศใต้ชุดการทดลองที่ 5-8 (unpolished surface) **วันที่** 21 **มิถุนายน**

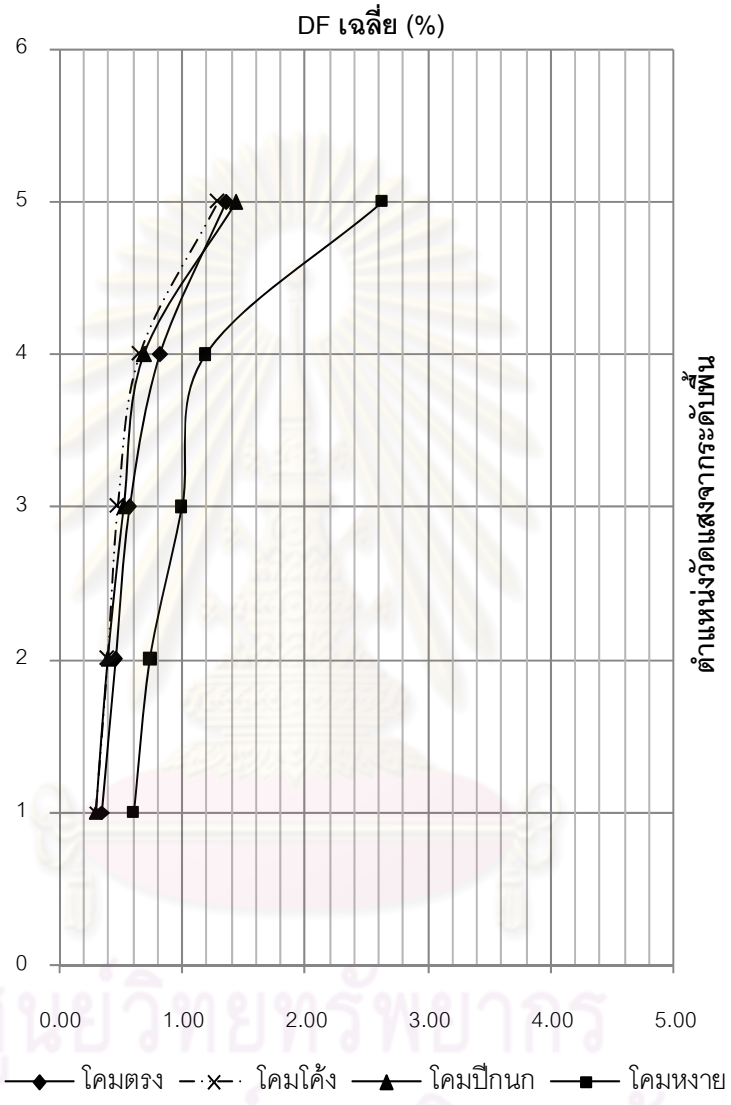
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แผนภูมิที่ 4.26 แสดงระดับความส่องสว่างผนังทิศใต้ชุดการทดลองที่ 5-8 วันที่ 21 กันยายน



ระดับความส่องสว่างผนังทิศใต้ชุดการทดลองที่ 5-8 (unpolished surface) **วันที่ 21 กันยายน**

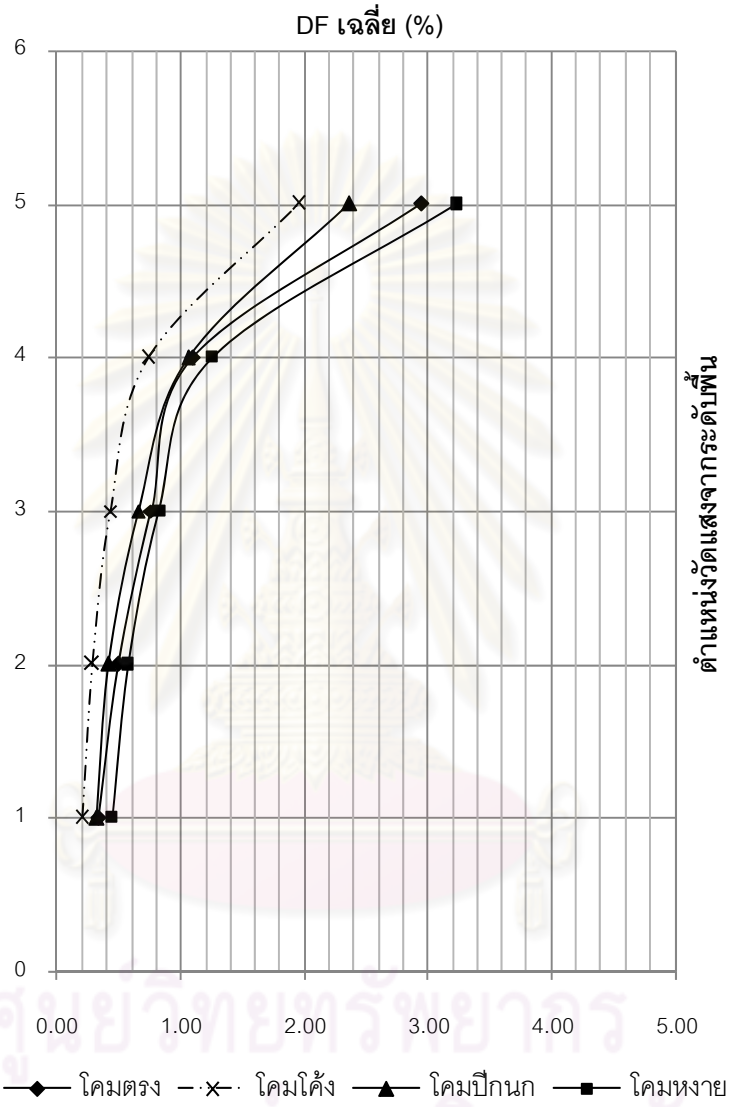
แผนภูมิที่ 4.27 แสดงระดับความส่องสว่างผนังทิศใต้ชุดการทดลองที่ 5-8 วันที่ 21 ธันวาคม



ระดับความส่องสว่างผนังทิศใต้ชุดการทดลองที่ 5-8 (unpolished surface) วันที่ 21 ธันวาคม

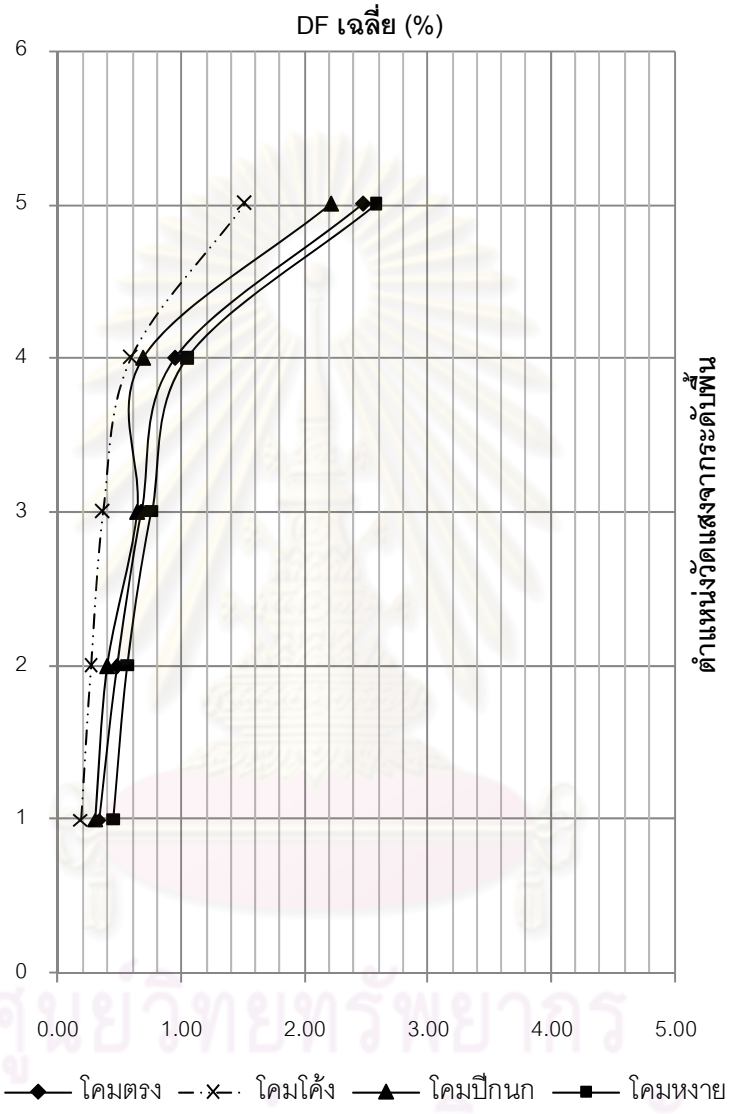
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แผนภูมิที่ 4.28 แสดงระดับความส่องสว่างผนังทิศใต้ชุดการทดลองที่ 9-12 วันที่ 21 มิถุนายน



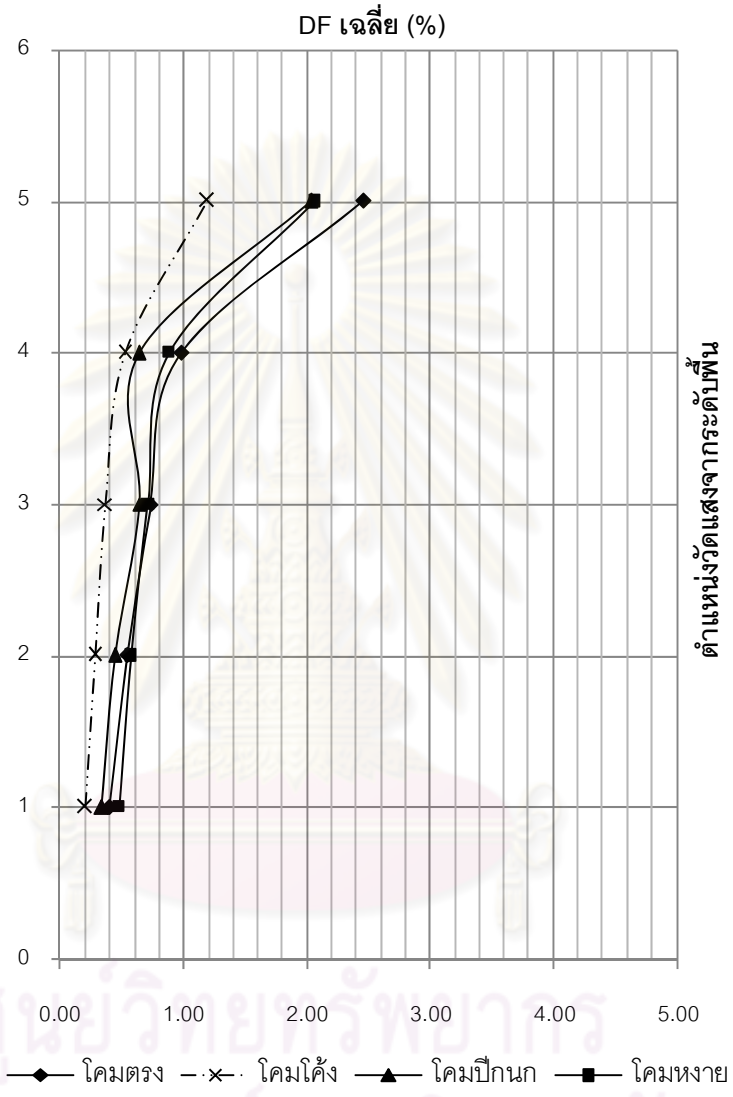
ระดับความส่องสว่างผนังทิศใต้ชุดการทดลองที่ 9-12 (matte surface) **วันที่ 21 มิถุนายน**

แผนภูมิที่ 4.29 แสดงระดับความส่องสว่างผนังทิศใต้ชุดการทดลองที่ 9-12 วันที่ 21 กันยายน



ระดับความส่องสว่างผนังทิศใต้ชุดการทดลองที่ 9-12 (matte surface) **วันที่ 21 กันยายน**

แผนภูมิที่ 4.30 แสดงระดับความส่องสว่างผนังทิศใต้ชุดการทดลองที่ 9-12 วันที่ 21 ธันวาคม



ระดับความส่องสว่างผนังทิศใต้ชุดการทดลองที่ 9-12 (matte surface) **วันที่** 21 **ธันวาคม**

จากแผนภูมิที่ 4.22-4.30 แสดงค่า DF ที่ระนาบผนังจัดแสดงภาพศิลปะด้านทิศใต้ พบว่าโคมสะท้อนแสงลักษณะโค้งหงายส่งผลต่อระดับความส่องสว่างภายในสูงสุด ยกเว้นในวันที่ 21 ธ.ค.โคมลักษณะตรงที่ทำจากกวัสดุพื้นผิวหยาบด้านจะส่งผลต่อระดับความส่องสว่างภายในสูงกว่าโคมลักษณะโค้งหงาย ส่วนโคมที่ส่งผลต่อระดับความส่องสว่างภายในน้อยที่สุดได้แก่ โคมลักษณะโค้ง

4.2.3 การประเมินประสิทธิภาพของแสงด้านความส่องสว่างที่ระนาบผนังส่วนจัดแสดงภาพศิลปะ

เมื่อพิจารณาจากข้อมูลและแผนภูมิแสดงระดับความส่องสว่างที่ระนาบผนังทั้งหมด พบว่าในทุกชุดการทดลองหรือโคมสะท้อนแสงทุกรูปแบบสามารถลดระดับความเข้มของแสงที่ระนาบผนังทิศเหนือ ณ ตำแหน่งที่มีปริมาณแสงสูงสุดในแต่ละวันลงได้ 86.96-98.38% และระนาบผนังทิศใต้ลงได้ 85.26-89.22%

อย่างไรก็ตามการกำหนดระดับความส่องสว่างที่ระนาบผนังจัดแสดงภาพศิลปะนั้น นอกจากขึ้นอยู่กับปริมาณแสงที่ไม่สร้างความเสียหายต่อวัตถุจัดแสดงแล้ว ยังต้องคำนึงถึงระดับความแตกต่างของปริมาณแสงที่เหมาะสมกับความสามารถของสายตามนุษย์ที่รับได้ในช่วงเวลาหนึ่ง ซึ่งเป็นระดับความแตกต่างที่ไม่ก่อให้เกิดความไม่สบายทางสายตาอีกด้วย โดยสัดส่วนดังกล่าวมีค่าเท่ากับ 3:1 (กุลศรี สุริยเดชสกุล, 2542, อ้างถึงใน Nuckolls, 1976) ดังนั้นในการประเมินประสิทธิภาพของแสงด้านความส่องสว่างที่ระนาบผนังจัดแสดงภาพศิลปะนั้น ผู้วิจัยจึงได้กำหนดให้อยู่ภายใต้เงื่อนไขที่ว่า ค่า DF สูงสุดและค่า DF ต่ำสุดที่ระนาบผนังต้องมีสัดส่วนความแตกต่างไม่เกิน 3:1 ด้วยเหตุนี้หากนำค่า DF ที่ระนาบผนังทั้งหมดที่ได้จากการทดลองมาทำการประเมินประสิทธิภาพของแสงด้านความส่องสว่าง จะพบว่าไม่มีโคมสะท้อนแสงธรรมชาติลักษณะใดเลยที่เหมาะสำหรับนำมาใช้ในห้องจัดแสดงภาพศิลปะ เนื่องจากความแตกต่างของค่า DF สูงสุดและต่ำสุดเกินจากเกณฑ์ที่กำหนดทั้งสิ้น ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกพิจารณาเฉพาะค่า DF ที่อยู่ในเกณฑ์ดังกล่าว (ตามค่า DF ที่แรเงาดังแสดงในตารางที่ 4.16-4.18) เพื่อนำมาทำการประเมินประสิทธิภาพของแสงด้านความส่องสว่างอีกครั้งภายหลัง

ตารางที่ 4.16 แสดงค่า Daylight factor ที่ระนาบผนังที่อยู่ในเกณฑ์สัดส่วนค่าความส่องสว่างสูงสุดและต่ำสุด 3:1 ของชุดการทดลองกลุ่มที่ 1

กลุ่มที่ 1 ชุดการทดลองที่ 1-4 (polished surface) **Daylight factor (%) ที่ระนาบผนังทิศเหนือ**

		ตำแหน่งที่ทำการวัดแสงจากระดับพื้น					ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าเฉลี่ย	uniformity
		0.95 ม.	2.35 ม.	3.75 ม.	5.15 ม.	6.55 ม.				
โคมตรง	21 มิ.ย.	0.24	0.35	0.52	0.82	1.60	1.60	0.24	0.70	0.34
	21 ก.ย.	0.30	0.44	0.69	1.37	2.77	2.77	0.30	1.12	0.27
	21 ธ.ค.	0.76	1.15	1.87	2.96	6.49	6.49	0.76	2.64	0.29
โคมโค้ง	21 มิ.ย.	0.20	0.27	0.37	0.52	1.34	1.34	0.20	0.54	0.38
	21 ก.ย.	0.26	0.36	0.53	0.81	2.17	2.17	0.26	0.83	0.31
	21 ธ.ค.	0.55	0.84	1.44	2.47	5.07	5.07	0.55	2.07	0.26
โคมโค้งปีกนก	21 มิ.ย.	0.26	0.36	0.57	0.94	2.32	2.32	0.26	0.89	0.29
	21 ก.ย.	0.25	0.34	0.52	0.76	2.15	2.15	0.25	0.81	0.30
	21 ธ.ค.	0.48	0.72	1.20	1.99	4.15	4.15	0.48	1.71	0.28
โคมโค้งหงาย	21 มิ.ย.	1.29	1.77	2.45	3.11	4.47	4.47	1.29	2.62	0.49
	21 ก.ย.	0.79	0.98	1.36	1.73	4.08	4.08	0.79	1.79	0.44
	21 ธ.ค.	0.77	1.04	1.54	2.13	5.03	5.03	0.77	2.10	0.37

กลุ่มที่ 1 ชุดการทดลองที่ 1-4 (polished surface) **Daylight factor (%) ที่ระนาบผนังทิศใต้**

โคมตรง	21 มิ.ย.	0.26	0.39	0.60	1.11	2.28	2.28	0.26	0.93	0.28
	21 ก.ย.	0.26	0.37	0.54	0.86	1.53	1.53	0.26	0.71	0.37
	21 ธ.ค.	0.44	0.59	0.79	1.16	2.54	2.54	0.44	1.10	0.40
โคมโค้ง	21 มิ.ย.	0.23	0.31	0.46	0.72	2.34	2.34	0.23	0.81	0.28
	21 ก.ย.	0.22	0.29	0.39	0.53	1.30	1.30	0.22	0.55	0.40
	21 ธ.ค.	0.43	0.54	0.65	0.73	1.36	1.36	0.43	0.74	0.58
โคมโค้งปีกนก	21 มิ.ย.	0.27	0.38	0.58	0.85	2.10	2.10	0.27	0.84	0.33
	21 ก.ย.	0.25	0.34	0.52	0.86	2.27	2.27	0.25	0.85	0.29
	21 ธ.ค.	0.36	0.48	0.69	0.96	2.14	2.14	0.36	0.93	0.39
โคมโค้งหงาย	21 มิ.ย.	0.79	1.03	1.47	1.96	4.12	4.12	0.79	1.87	0.42
	21 ก.ย.	1.14	1.55	2.18	3.05	4.24	4.24	1.14	2.43	0.47
	21 ธ.ค.	0.97	1.21	1.40	1.46	2.64	2.64	0.97	1.54	0.63

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.17 แสดงค่า Daylight factor ที่ระนาบผนังที่อยู่ในเกณฑ์สัดส่วนค่าความส่องสว่างสูงสุดและต่ำสุด 3:1 ของชุดการทดลองกลุ่มที่ 2

กลุ่มที่ 2 ชุดการทดลองที่ 5-8 (unpolished surface) **Daylight factor (%) ที่ระนาบผนังทิศเหนือ**

		ตำแหน่งที่ทำการวัดแสงจากระดับพื้น					ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าเฉลี่ย	uniformity
		0.95 ม.	2.35 ม.	3.75 ม.	5.15 ม.	6.55 ม.				
โคมตรง	21 มิ.ย.	0.19	0.27	0.38	0.63	1.29	1.29	0.19	0.55	0.35
	21 ก.ย.	0.24	0.36	0.56	1.12	2.41	2.41	0.24	0.94	0.26
	21 ธ.ค.	0.59	0.92	1.45	2.58	4.87	4.87	0.59	2.08	0.28
โคมโค้ง	21 มิ.ย.	0.16	0.23	0.30	0.45	1.00	1.00	0.16	0.43	0.38
	21 ก.ย.	0.18	0.27	0.39	0.67	1.85	1.85	0.18	0.67	0.27
	21 ธ.ค.	0.37	0.57	0.90	1.69	3.65	3.65	0.37	1.44	0.26
โคมโค้งปีกนก	21 มิ.ย.	0.20	0.28	0.40	0.58	1.51	1.51	0.20	0.59	0.33
	21 ก.ย.	0.19	0.27	0.38	0.54	1.52	1.52	0.19	0.58	0.33
	21 ธ.ค.	0.33	0.49	0.78	1.26	2.83	2.83	0.33	1.14	0.29
โคมโค้งหงาย	21 มิ.ย.	0.65	0.84	1.23	1.62	2.96	2.96	0.65	1.46	0.45
	21 ก.ย.	0.62	0.81	1.23	1.63	3.36	3.36	0.62	1.53	0.40
	21 ธ.ค.	0.63	0.82	1.37	1.87	4.90	4.90	0.63	1.92	0.33

กลุ่มที่ 2 ชุดการทดลองที่ 5-8 (unpolished surface) **Daylight factor (%) ที่ระนาบผนังทิศใต้**

โคมตรง	21 มิ.ย.	0.21	0.31	0.47	0.94	2.17	2.17	0.21	0.82	0.25
	21 ก.ย.	0.20	0.28	0.39	0.64	1.29	1.29	0.20	0.56	0.35
	21 ธ.ค.	0.34	0.45	0.56	0.82	1.36	1.36	0.34	0.71	0.48
โคมโค้ง	21 มิ.ย.	0.17	0.24	0.35	0.60	1.66	1.66	0.17	0.60	0.28
	21 ก.ย.	0.17	0.24	0.31	0.45	0.94	0.94	0.17	0.42	0.41
	21 ธ.ค.	0.29	0.39	0.48	0.65	1.29	1.29	0.29	0.62	0.46
โคมโค้งปีกนก	21 มิ.ย.	0.20	0.28	0.41	0.59	1.50	1.50	0.20	0.60	0.34
	21 ก.ย.	0.19	0.27	0.39	0.57	1.46	1.46	0.19	0.58	0.33
	21 ธ.ค.	0.28	0.38	0.52	0.69	1.43	1.43	0.28	0.66	0.43
โคมโค้งหงาย	21 มิ.ย.	0.64	0.83	1.26	1.66	3.43	3.43	0.64	1.56	0.41
	21 ก.ย.	0.64	0.82	1.19	1.53	2.94	2.94	0.64	1.43	0.45
	21 ธ.ค.	0.60	0.74	0.99	1.18	2.63	2.63	0.60	1.23	0.49

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.18 แสดงค่า Daylight factor ที่ระนาบผนังที่อยู่ในเกณฑ์สัดส่วนค่าความส่องสว่างสูงสุดและต่ำสุด 3:1 ของชุดการทดลองกลุ่มที่ 3

กลุ่มที่ 3 ชุดการทดลองที่ 9-12 (matte surface)							**Daylight factor (%) ที่ระนาบผนังทิศเหนือ**			
		ตำแหน่งที่ทำการวัดแสงจากระดับพื้น					ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าเฉลี่ย	uniformity
		0.95 ม.	2.35 ม.	3.75 ม.	5.15 ม.	6.55 ม.				
โคมตรง	21 มิ.ย.	0.35	0.50	0.72	0.99	2.66	2.66	0.35	1.04	0.33
	21 ก.ย.	0.36	0.53	0.81	1.27	3.16	3.16	0.36	1.23	0.29
	21 ธ.ค.	0.46	0.69	1.08	1.83	5.33	5.33	0.46	1.88	0.24
โคมโค้ง	21 มิ.ย.	0.18	0.25	0.34	0.54	1.35	1.35	0.18	0.53	0.33
	21 ก.ย.	0.19	0.28	0.41	0.72	1.90	1.90	0.19	0.70	0.27
	21 ธ.ค.	0.27	0.39	0.63	1.13	3.04	3.04	0.27	1.09	0.24
โคมโค้งปีกนก	21 มิ.ย.	0.30	0.40	0.64	1.03	2.14	2.14	0.30	0.90	0.33
	21 ก.ย.	0.32	0.42	0.65	1.05	2.32	2.32	0.32	0.95	0.33
	21 ธ.ค.	0.42	0.58	0.95	0.40	3.07	3.07	0.40	1.09	0.37
โคมโค้งหงาย	21 มิ.ย.	0.44	0.56	0.76	1.06	2.61	2.61	0.44	1.09	0.40
	21 ก.ย.	0.45	0.59	0.85	1.31	3.38	3.38	0.45	1.32	0.34
	21 ธ.ค.	0.55	0.71	1.10	1.70	4.83	4.83	0.55	1.78	0.31
กลุ่มที่ 3 ชุดการทดลองที่ 9-12 (matte surface)							**Daylight factor (%) ที่ระนาบผนังทิศใต้**			
โคมตรง	21 มิ.ย.	0.34	0.50	0.76	1.10	2.95	2.95	0.34	1.13	0.30
	21 ก.ย.	0.33	0.47	0.68	0.96	2.48	2.48	0.33	0.98	0.34
	21 ธ.ค.	0.40	0.55	0.73	0.98	2.46	2.46	0.40	1.03	0.39
โคมโค้ง	21 มิ.ย.	0.20	0.29	0.42	0.73	1.95	1.95	0.20	0.72	0.27
	21 ก.ย.	0.19	0.26	0.37	0.60	1.52	1.52	0.19	0.59	0.32
	21 ธ.ค.	0.21	0.28	0.36	0.52	1.19	1.19	0.21	0.51	0.40
โคมโค้งปีกนก	21 มิ.ย.	0.32	0.42	0.66	1.06	2.36	2.36	0.32	0.96	0.33
	21 ก.ย.	0.30	0.41	0.65	0.70	2.21	2.21	0.30	0.85	0.36
	21 ธ.ค.	0.34	0.44	0.64	0.64	2.03	2.03	0.34	0.82	0.41
โคมโค้งหงาย	21 มิ.ย.	0.45	0.58	0.83	1.25	3.24	3.24	0.45	1.27	0.35
	21 ก.ย.	0.45	0.57	0.76	1.06	2.59	2.59	0.45	1.08	0.42
	21 ธ.ค.	0.47	0.57	0.71	0.89	2.06	2.06	0.47	0.94	0.50

จากการเลือกพิจารณาเฉพาะค่า DF ที่อยู่ในเกณฑ์สัดส่วนความแตกต่างระหว่างความส่องสว่างสูงสุดและต่ำสุด 3:1 ดังแสดงในตารางข้างต้น ทำให้สามารถแบ่งกลุ่มของโคมสะท้อนแสงธรรมชาติที่มีผลต่อขนาดพื้นที่จัดแสดงภาพศิลปะได้ 2 ประเภทดังนี้

- ประเภทที่ 1 โคมสะท้อนแสงธรรมชาติที่เหมาะสำหรับพื้นที่จัดแสดงภาพความสูงไม่เกิน 3.75 ม. ได้แก่ โคมลักษณะตรง โคมลักษณะโค้ง โคมลักษณะโค้งคว่ำปีกนก
- ประเภทที่ 2 โคมสะท้อนแสงธรรมชาติที่เหมาะสำหรับพื้นที่จัดแสดงภาพความสูงไม่เกิน 5.15 ม. ได้แก่ โคมลักษณะโค้งหงาย

โดยสามารถนำข้อมูลดังกล่าวมาจัดแสดงในรูปตารางแสดงค่า DF ที่ระนาบผนังทิศเหนือ และผนังทิศใต้ แยกตามประเภทโคมสะท้อนแสงได้ดังตารางที่ 4.19-4.20 และตารางที่ 4.21 เพื่อใช้เป็นข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์ประเมินประสิทธิภาพของแสงด้านความส่องสว่างและด้านอื่นๆต่อไป

ตารางที่ 4.19 แสดงค่า Daylight factor ที่ระนาบผนังทิศเหนือของโคมสะท้อนแสง ประเภทที่ 1 โคมสะท้อนแสงที่เหมาะกับพื้นที่จัดแสดงภาพสูงไม่เกิน 3.75 ม.

Daylight factor (%) **ที่ระนาบผนังทิศเหนือ**

			ตำแหน่งที่ทำการวัดแสงจากระดับพื้น			ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าเฉลี่ย	uniformity	uniformity เฉลี่ย
			0.95 ม.	2.35 ม.	3.75 ม.					
polished surface	โคมตรง	21 มิ.ย.	0.24	0.35	0.52	0.52	0.24	0.37	0.65	0.63
		21 ก.ย.	0.30	0.44	0.69	0.69	0.30	0.48	0.63	
		21 ธ.ค.	0.76	1.15	1.87	1.87	0.76	1.26	0.60	
	โคมโค้ง	21 มิ.ย.	0.20	0.27	0.37	0.37	0.20	0.28	0.72	0.66
		21 ก.ย.	0.26	0.36	0.53	0.53	0.26	0.38	0.68	
		21 ธ.ค.	0.55	0.84	1.44	1.44	0.55	0.94	0.58	
	โคมโค้งปีกนก	21 มิ.ย.	0.26	0.36	0.57	0.57	0.26	0.39	0.65	0.64
		21 ก.ย.	0.25	0.34	0.52	0.52	0.25	0.37	0.66	
		21 ธ.ค.	0.48	0.72	1.20	1.20	0.48	0.80	0.61	
unpolished surface	โคมตรง	21 มิ.ย.	0.19	0.27	0.38	0.38	0.19	0.28	0.68	0.63
		21 ก.ย.	0.24	0.36	0.56	0.56	0.24	0.39	0.62	
		21 ธ.ค.	0.59	0.92	1.45	1.45	0.59	0.98	0.60	
	โคมโค้ง	21 มิ.ย.	0.16	0.23	0.30	0.30	0.16	0.23	0.71	0.66
		21 ก.ย.	0.18	0.27	0.39	0.39	0.18	0.28	0.66	
		21 ธ.ค.	0.37	0.57	0.90	0.90	0.37	0.62	0.61	
	โคมโค้งปีกนก	21 มิ.ย.	0.20	0.28	0.40	0.40	0.20	0.29	0.68	0.66
		21 ก.ย.	0.19	0.27	0.38	0.38	0.19	0.28	0.68	
		21 ธ.ค.	0.33	0.49	0.78	0.78	0.33	0.53	0.62	
matte surface	โคมตรง	21 มิ.ย.	0.35	0.50	0.72	0.72	0.35	0.52	0.66	0.63
		21 ก.ย.	0.36	0.53	0.81	0.81	0.36	0.57	0.63	
		21 ธ.ค.	0.46	0.69	1.08	1.08	0.46	0.74	0.61	
	โคมโค้ง	21 มิ.ย.	0.18	0.25	0.34	0.34	0.18	0.26	0.69	0.66
		21 ก.ย.	0.19	0.28	0.41	0.41	0.19	0.29	0.65	
		21 ธ.ค.	0.27	0.39	0.63	0.63	0.27	0.43	0.62	
	โคมโค้งปีกนก	21 มิ.ย.	0.30	0.40	0.64	0.64	0.30	0.45	0.67	0.67
		21 ก.ย.	0.32	0.42	0.65	0.65	0.32	0.46	0.69	
		21 ธ.ค.	0.42	0.58	0.95	0.95	0.42	0.65	0.65	

ตารางที่ 4.20 แสดงค่า Daylight factor ที่ระนาบผนังทิศใต้ของโคมสะท้อนแสง

ประเภทที่ 1 โคมสะท้อนแสงที่เหมาะกับพื้นที่จัดแสดงภาพสูงไม่เกิน 3.75 ม.

Daylight factor (%) **ที่ระนาบผนังทิศใต้**

			ตำแหน่งที่ทำการวัดแสงจากระดับพื้น			ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าเฉลี่ย	uniformity	uniformity เฉลี่ย
			0.95 ม.	2.35 ม.	3.75 ม.					
polished surface	โคมตรง	21 มิ.ย.	0.26	0.39	0.60	0.60	0.26	0.42	0.63	0.68
		21 ก.ย.	0.26	0.37	0.54	0.54	0.26	0.39	0.67	
		21 ธ.ค.	0.44	0.59	0.79	0.79	0.44	0.61	0.73	
	โคมโค้ง	21 มิ.ย.	0.23	0.31	0.46	0.46	0.23	0.33	0.67	0.73
		21 ก.ย.	0.22	0.29	0.39	0.39	0.22	0.30	0.73	
		21 ธ.ค.	0.43	0.54	0.65	0.65	0.43	0.54	0.80	
	โคมโค้งปีกนก	21 มิ.ย.	0.27	0.38	0.58	0.58	0.27	0.41	0.66	0.68
		21 ก.ย.	0.25	0.34	0.52	0.52	0.25	0.37	0.67	
		21 ธ.ค.	0.36	0.48	0.69	0.69	0.36	0.51	0.70	
unpolished surface	โคมตรง	21 มิ.ย.	0.21	0.31	0.47	0.47	0.21	0.33	0.63	0.69
		21 ก.ย.	0.20	0.28	0.39	0.39	0.20	0.29	0.68	
		21 ธ.ค.	0.34	0.45	0.56	0.56	0.34	0.45	0.76	
	โคมโค้ง	21 มิ.ย.	0.17	0.24	0.35	0.35	0.17	0.25	0.66	0.71
		21 ก.ย.	0.17	0.24	0.31	0.31	0.17	0.24	0.72	
		21 ธ.ค.	0.29	0.39	0.48	0.48	0.29	0.38	0.75	
	โคมโค้งปีกนก	21 มิ.ย.	0.20	0.28	0.41	0.41	0.20	0.30	0.68	0.69
		21 ก.ย.	0.19	0.27	0.39	0.39	0.19	0.29	0.67	
		21 ธ.ค.	0.28	0.38	0.52	0.52	0.28	0.39	0.72	
matte surface	โคมตรง	21 มิ.ย.	0.34	0.50	0.76	0.76	0.34	0.53	0.64	0.67
		21 ก.ย.	0.33	0.47	0.68	0.68	0.33	0.49	0.67	
		21 ธ.ค.	0.40	0.55	0.73	0.73	0.40	0.56	0.71	
	โคมโค้ง	21 มิ.ย.	0.20	0.29	0.42	0.42	0.20	0.30	0.65	0.69
		21 ก.ย.	0.19	0.26	0.37	0.37	0.19	0.27	0.68	
		21 ธ.ค.	0.21	0.28	0.36	0.36	0.21	0.28	0.73	
	โคมโค้งปีกนก	21 มิ.ย.	0.32	0.42	0.66	0.66	0.32	0.46	0.68	0.69
		21 ก.ย.	0.30	0.41	0.65	0.65	0.30	0.45	0.67	
		21 ธ.ค.	0.34	0.44	0.64	0.64	0.34	0.47	0.72	

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.21 แสดงค่า Daylight factor ที่ระนาบผนังของโคมสะท้อนแสง

ประเภทที่ 2 โคมสะท้อนแสงที่เหมาะกับพื้นที่จัดแสดงภาพสูงไม่เกิน 5.15 ม.

Daylight factor (%) ที่ระนาบผนังทิศเหนือ

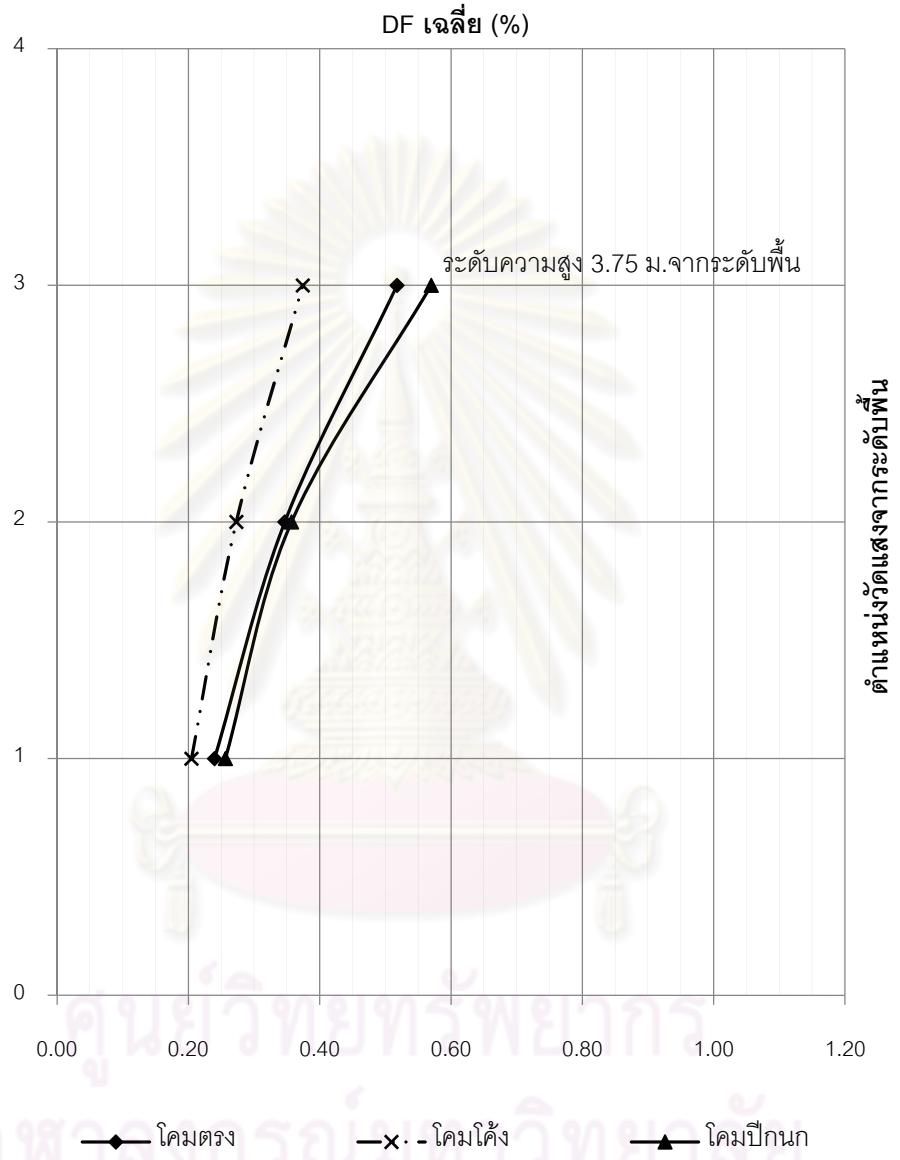
			ตำแหน่งที่ทำการวัดแสงจากระดับพื้น				ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าเฉลี่ย	uniformity	uniformity เฉลี่ย
			0.95 ม.	2.35 ม.	3.75 ม.	5.15 ม.					
polished	โคมโค้งหงาย	21 มิ.ย.	1.29	1.77	2.45	3.11	3.11	1.29	2.16	0.60	0.60
		21 ก.ย.	0.79	0.98	1.36	1.73	1.73	0.79	1.21	0.65	
		21 ธ.ค.	0.77	1.04	1.54	2.13	2.13	0.77	1.37	0.56	
unpolished	โคมโค้งหงาย	21 มิ.ย.	0.65	0.84	1.23	1.62	1.62	0.65	1.08	0.60	0.57
		21 ก.ย.	0.62	0.81	1.23	1.63	1.63	0.62	1.07	0.58	
		21 ธ.ค.	0.63	0.82	1.37	1.87	1.87	0.63	1.17	0.53	
matte	โคมโค้งหงาย	21 มิ.ย.	0.44	0.56	0.76	1.06	1.06	0.44	0.70	0.62	0.58
		21 ก.ย.	0.45	0.59	0.85	1.31	1.31	0.45	0.80	0.56	
		21 ธ.ค.	0.55	0.71	1.10	1.70	1.70	0.55	1.01	0.54	

Daylight factor (%) ที่ระนาบผนังทิศใต้

polished	โคมโค้งหงาย	21 มิ.ย.	0.79	1.03	1.47	1.96	1.96	0.79	1.31	0.60	0.65
		21 ก.ย.	1.14	1.55	2.18	3.05	3.05	1.14	1.98	0.58	
		21 ธ.ค.	0.97	1.21	1.40	1.46	1.46	0.97	1.26	0.77	
unpolished	โคมโค้งหงาย	21 มิ.ย.	0.64	0.83	1.26	1.66	1.66	0.64	1.10	0.58	0.62
		21 ก.ย.	0.64	0.82	1.19	1.53	1.53	0.64	1.05	0.61	
		21 ธ.ค.	0.60	0.74	0.99	1.18	1.18	0.60	0.88	0.68	
matte	โคมโค้งหงาย	21 มิ.ย.	0.45	0.58	0.83	1.25	1.25	0.45	0.78	0.58	0.64
		21 ก.ย.	0.45	0.57	0.76	1.06	1.06	0.45	0.71	0.64	
		21 ธ.ค.	0.47	0.57	0.71	0.89	0.89	0.47	0.66	0.72	

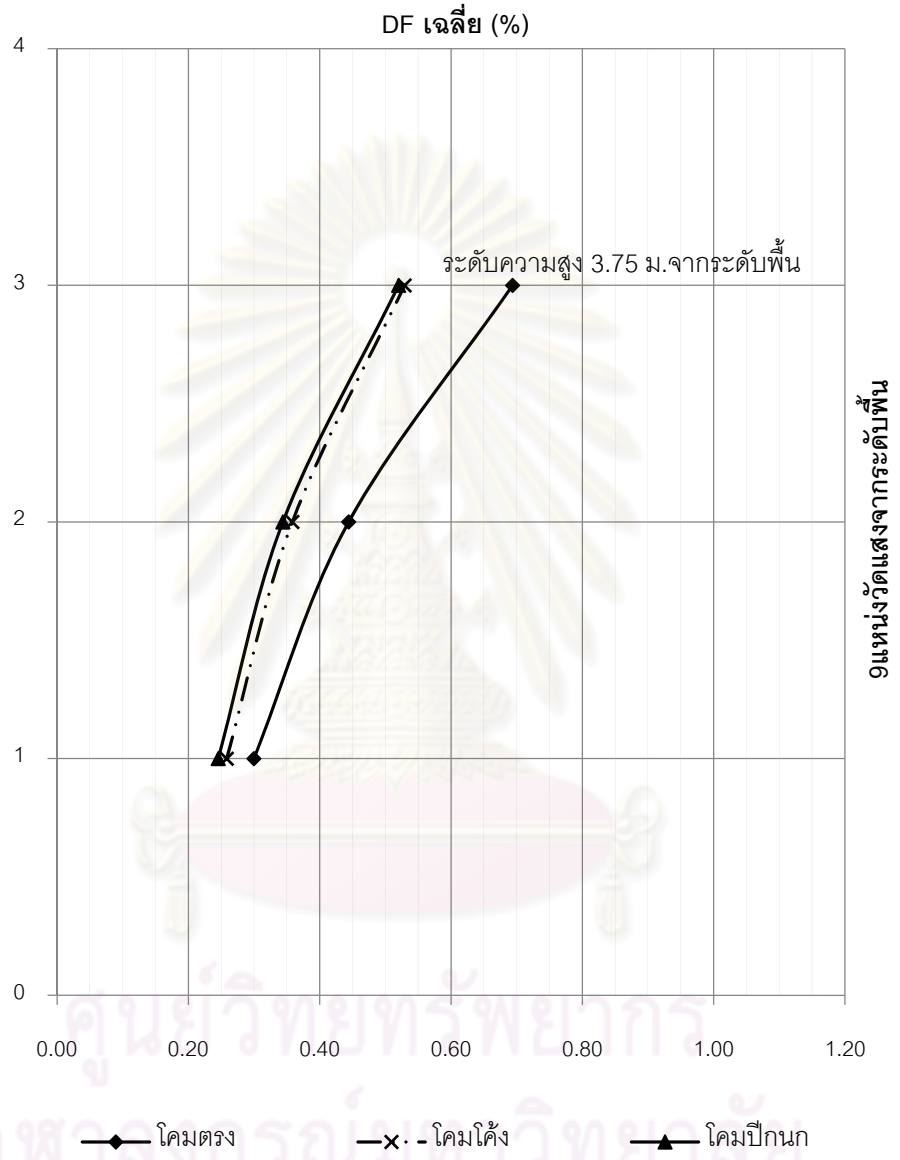
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แผนภูมิที่ 4.31 แสดงระดับความส่องสว่างผนังทิศเหนือโคมสะท้อนแสงประเภทที่ 1 (polished surface) วันที่ 21 มิถุนายน



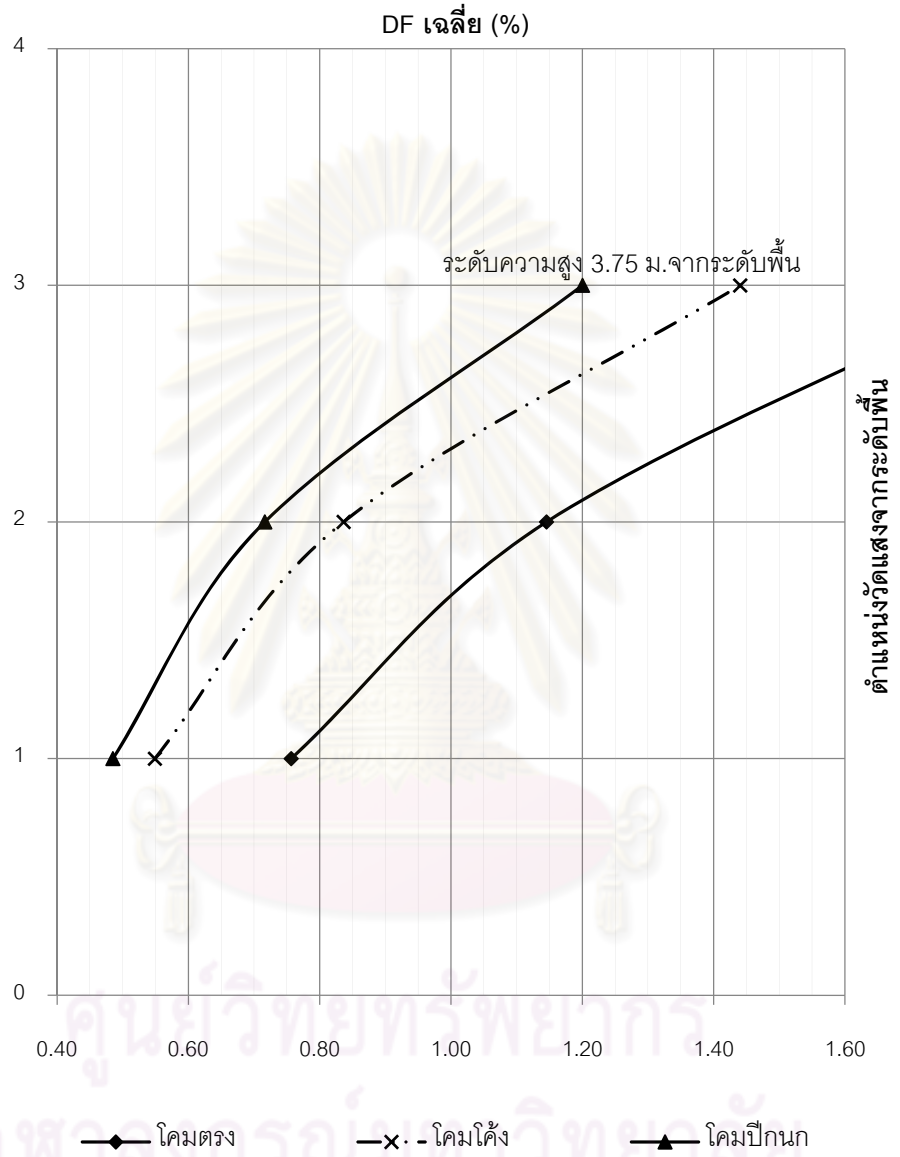
ระดับความส่องสว่างผนังทิศเหนือของโคมสะท้อนแสงประเภทที่ 1 (polished surface) วันที่ 21 มิถุนายน

แผนภูมิที่ 4.32 แสดงระดับความส่องสว่างผนังทิศเหนือโคมสะท้อนแสงประเภทที่ 1 (polished surface) วันที่ 21 กันยายน



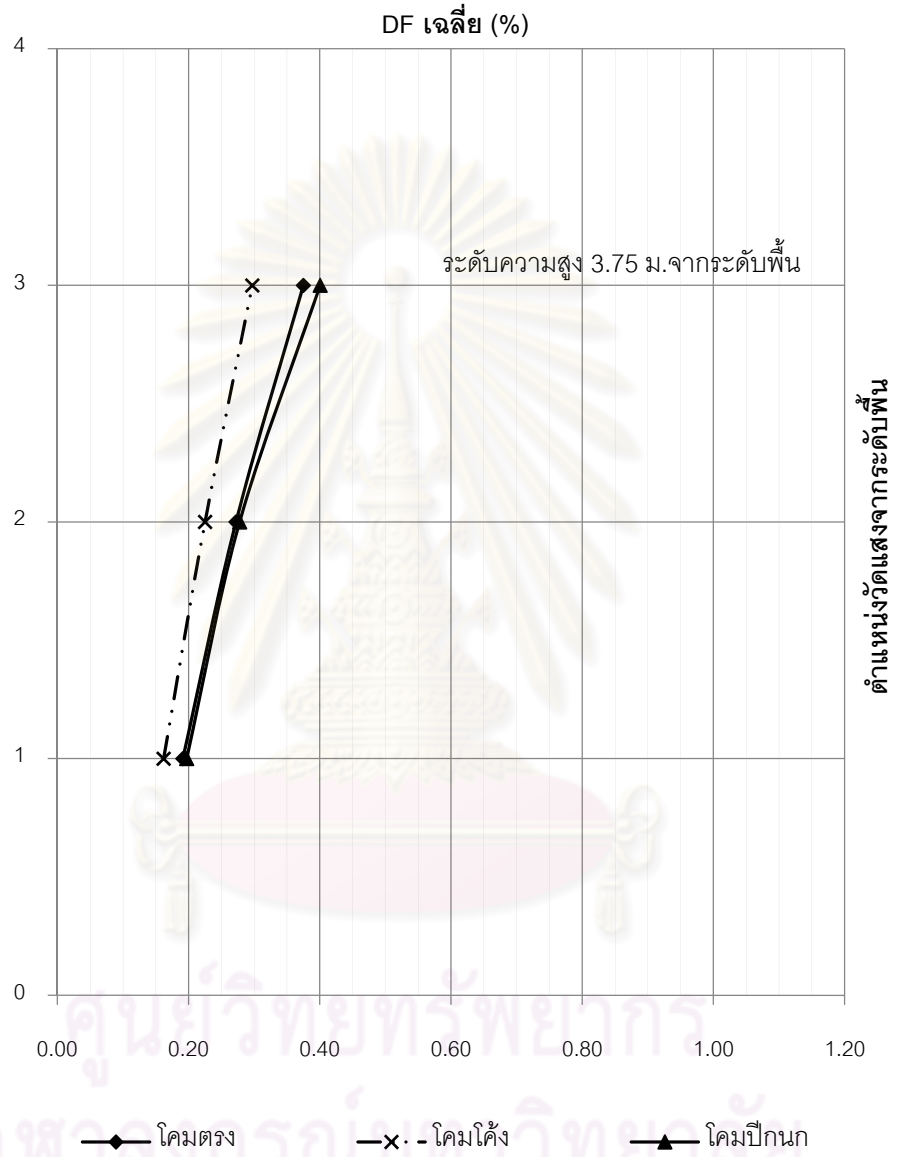
ระดับความส่องสว่างผนังทิศเหนือของโคมสะท้อนแสงประเภทที่ 1 (polished surface) วันที่ 21 กันยายน

แผนภูมิที่ 4.33 แสดงระดับความส่องสว่างผนังทิศเหนือโคมสะท้อนแสงประเภทที่ 1 (polished surface) วันที่ 21 ธันวาคม



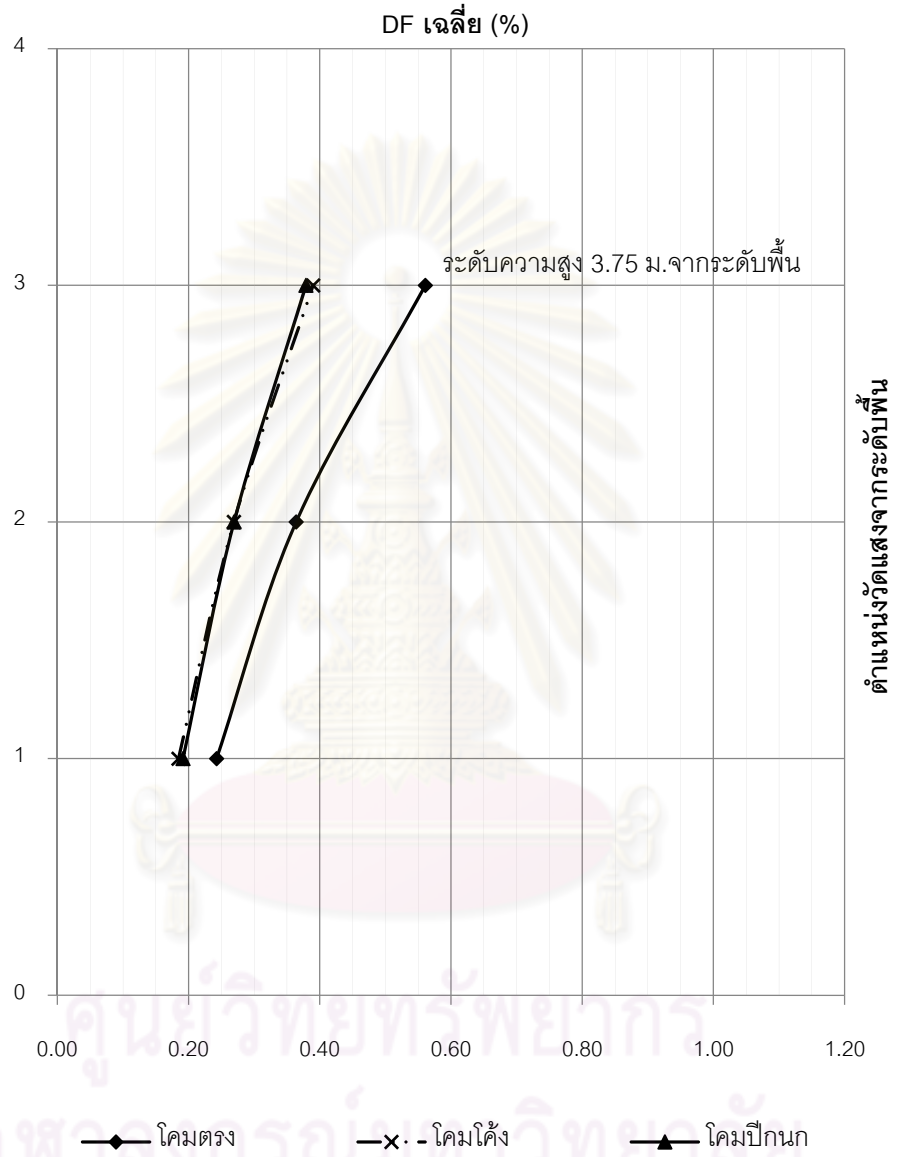
ระดับความส่องสว่างผนังทิศเหนือของโคมสะท้อนแสงประเภทที่ 1 (polished surface) วันที่ 21 ธันวาคม

แผนภูมิที่ 4.34 แสดงระดับความส่องสว่างผนังทิศเหนือโคมสะท้อนแสงประเภทที่ 1 (unpolished surface) วันที่ 21 มิถุนายน



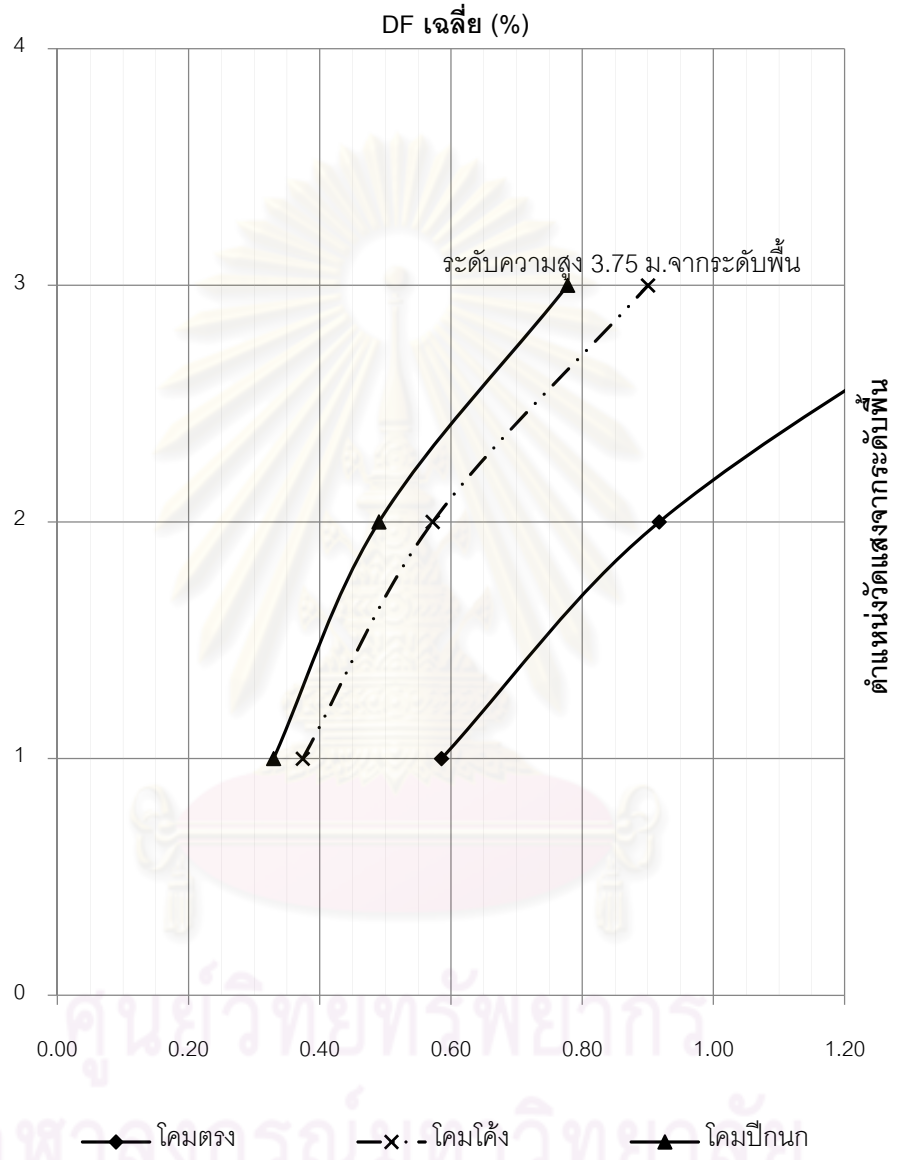
ระดับความส่องสว่างผนังทิศเหนือของโคมสะท้อนแสงประเภทที่ 1 (unpolished surface) วันที่ 21 มิถุนายน

แผนภูมิที่ 4.35 แสดงระดับความส่องสว่างผนังทิศเหนือโคมสะท้อนแสงประเภทที่ 1 (unpolished surface) วันที่ 21 กันยายน



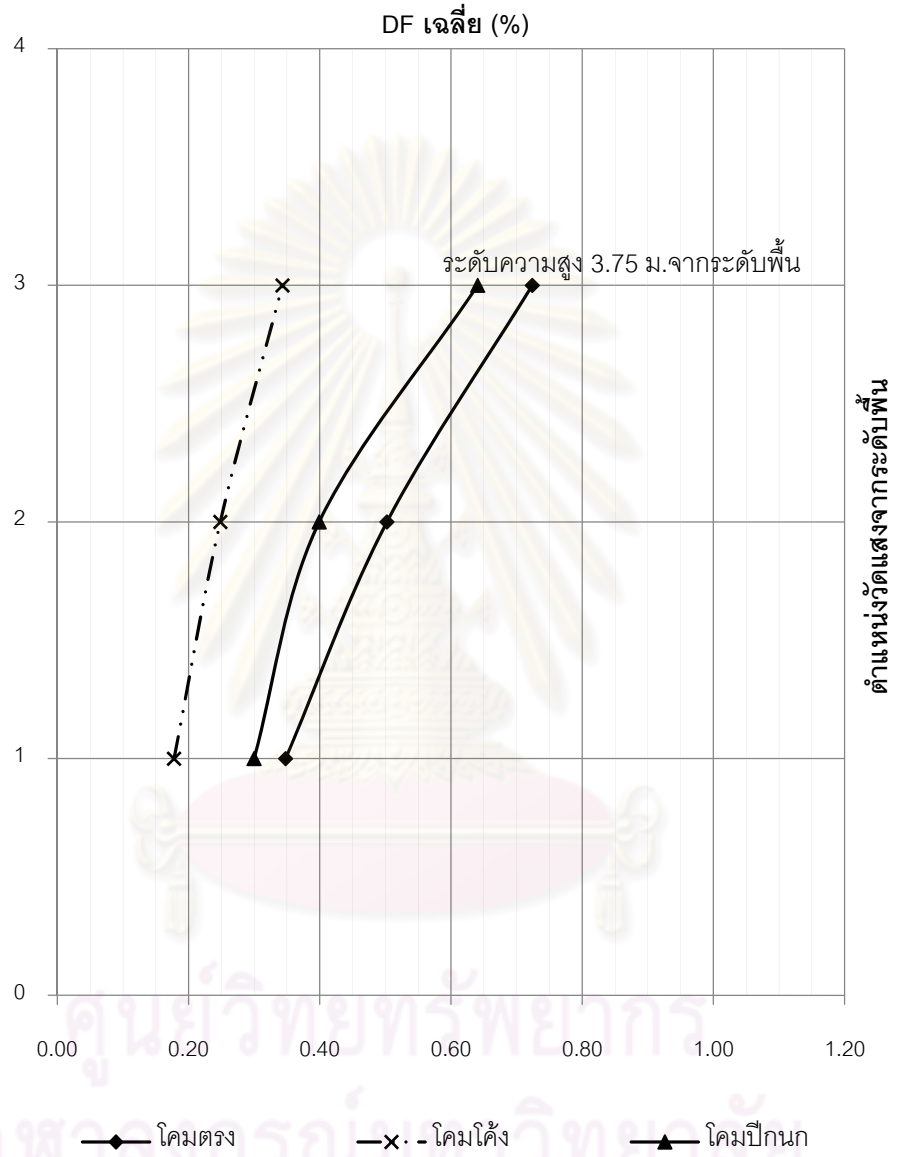
ระดับความส่องสว่างผนังทิศเหนือของโคมสะท้อนแสงประเภทที่ 1 (unpolished surface) วันที่ 21 กันยายน

แผนภูมิที่ 4.36 แสดงระดับความส่องสว่างผนังทิศเหนือโคมสะท้อนแสงประเภทที่ 1 (unpolished surface) วันที่ 21 ธันวาคม



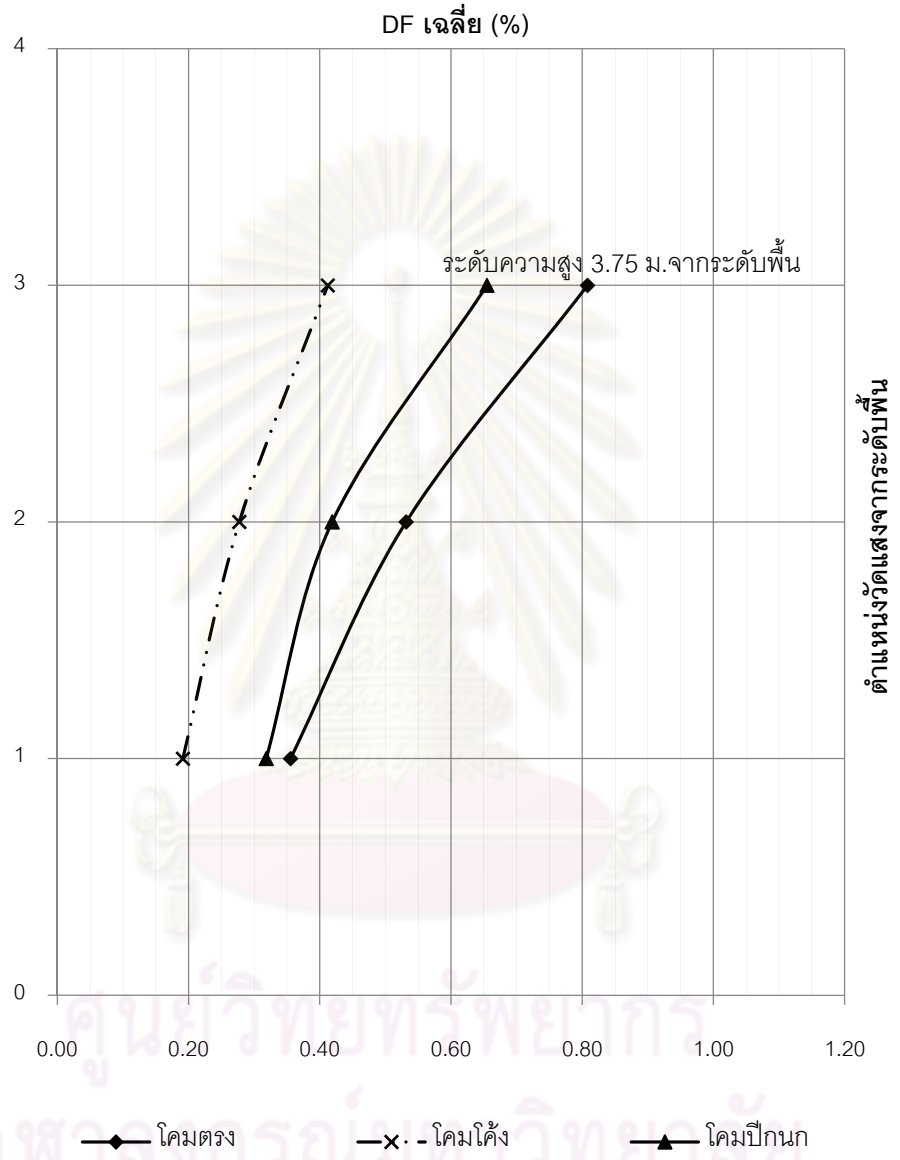
ระดับความส่องสว่างผนังทิศเหนือของโคมสะท้อนแสงประเภทที่ 1 (unpolished surface) วันที่ 21 ธันวาคม

แผนภูมิที่ 4.37 แสดงระดับความส่องสว่างผนังทิศเหนือโคมสะท้อนแสงประเภทที่ 1 (matte surface) วันที่ 21 มิถุนายน



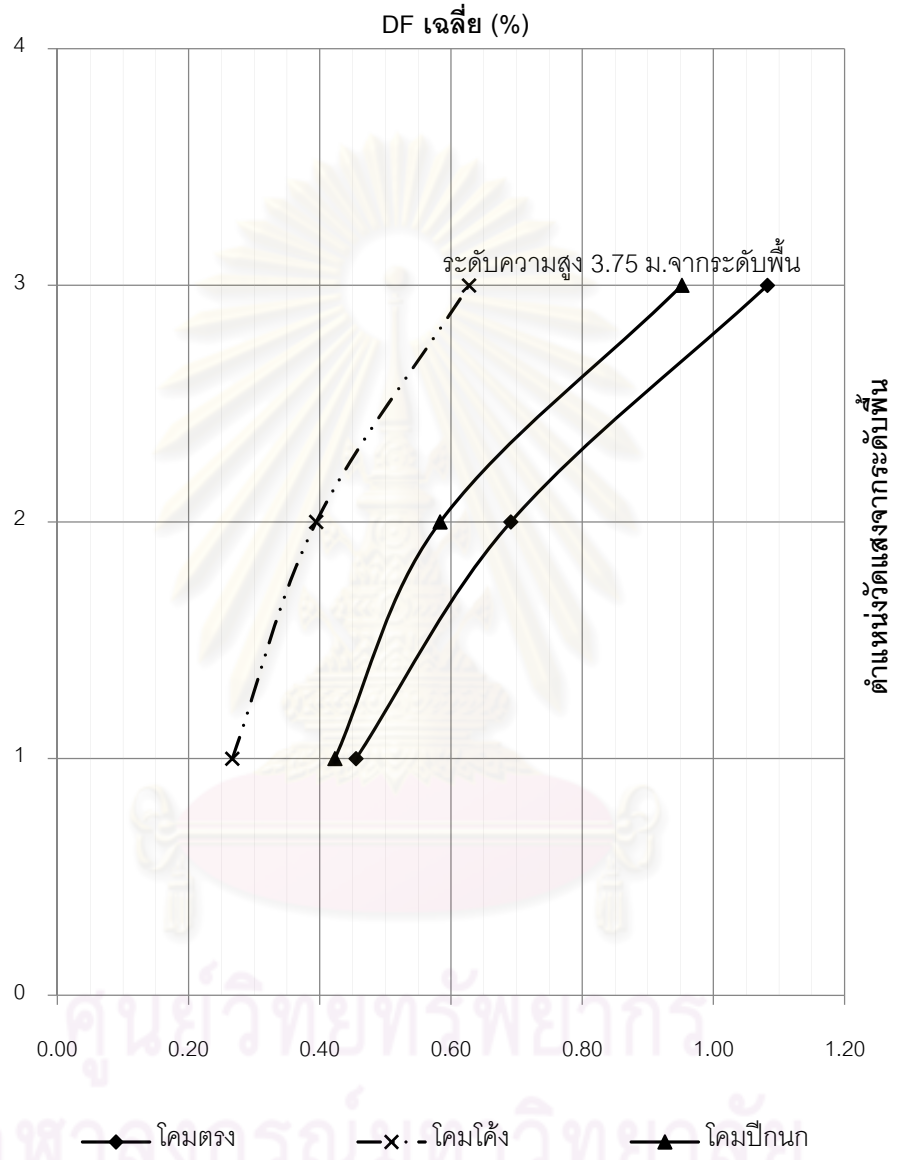
ระดับความส่องสว่างผนังทิศเหนือของโคมสะท้อนแสงประเภทที่ 1 (matte surface) วันที่ 21 มิถุนายน

แผนภูมิที่ 4.38 แสดงระดับความส่องสว่างผนังทิศเหนือโคมสะท้อนแสงประเภทที่ 1 (matte surface) วันที่ 21 กันยายน



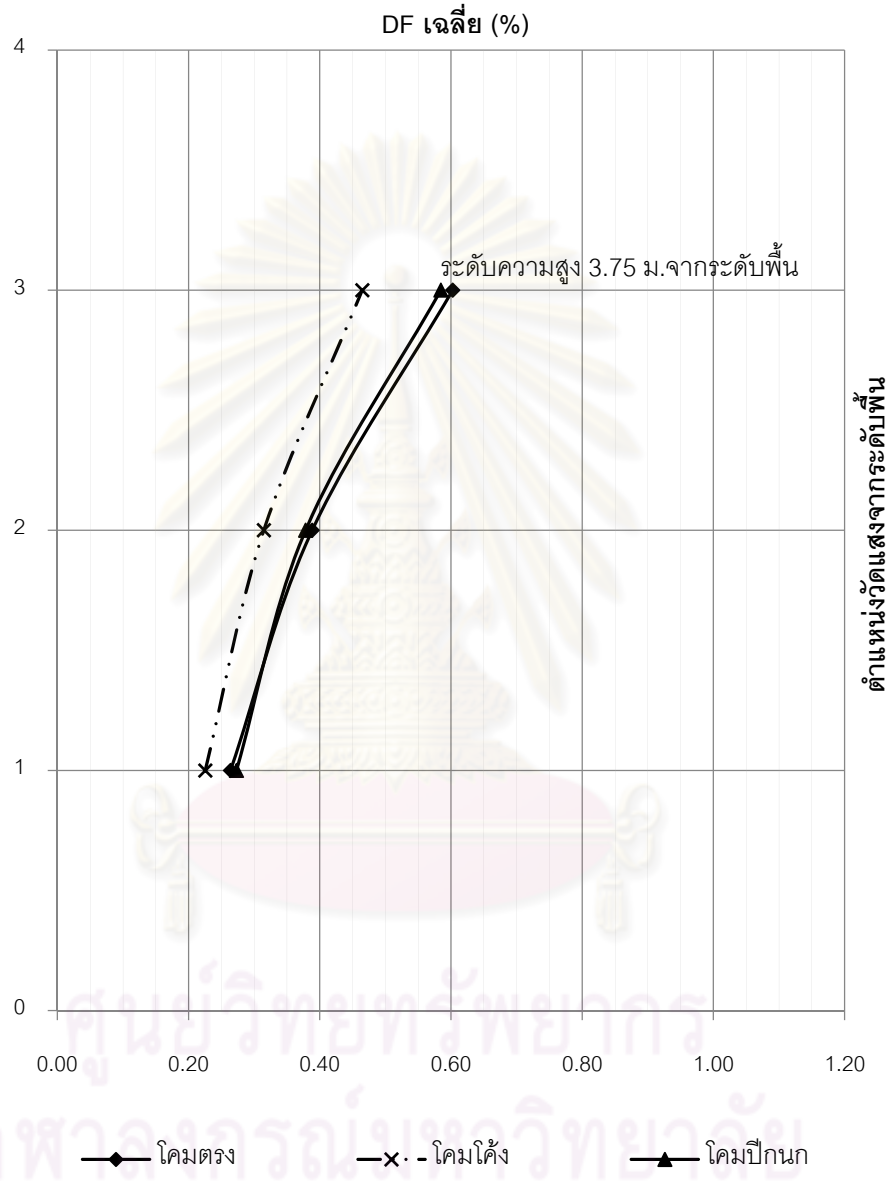
ระดับความส่องสว่างผนังทิศเหนือของโคมสะท้อนแสงประเภทที่ 1 (matte surface) วันที่ 21 กันยายน

แผนภูมิที่ 4.39 แสดงระดับความส่องสว่างผนังทิศเหนือโคมสะท้อนแสงประเภทที่ 1 (matte surface) วันที่ 21 ธันวาคม



ระดับความส่องสว่างผนังทิศเหนือของโคมสะท้อนแสงประเภทที่ 1 (matte surface) วันที่ 21 ธันวาคม

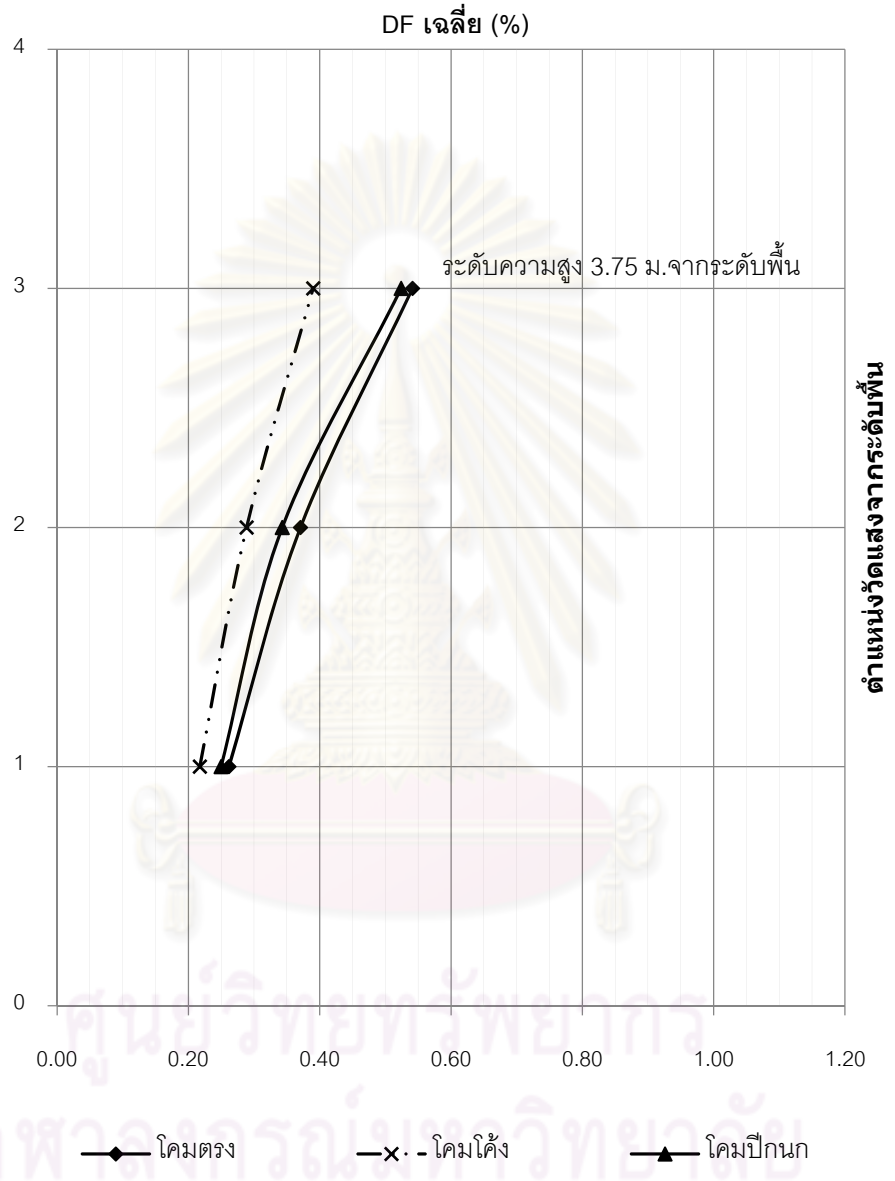
แผนภูมิที่ 4.40 แสดงระดับความส่องสว่างผนังทิศใต้โคมสะท้อนแสงประเภทที่ 1 (polished surface) วันที่ 21 มิถุนายน



ระดับความส่องสว่างผนังทิศใต้ของโคมสะท้อนแสงประเภทที่ 1 (polished surface) วันที่ 21 มิถุนายน

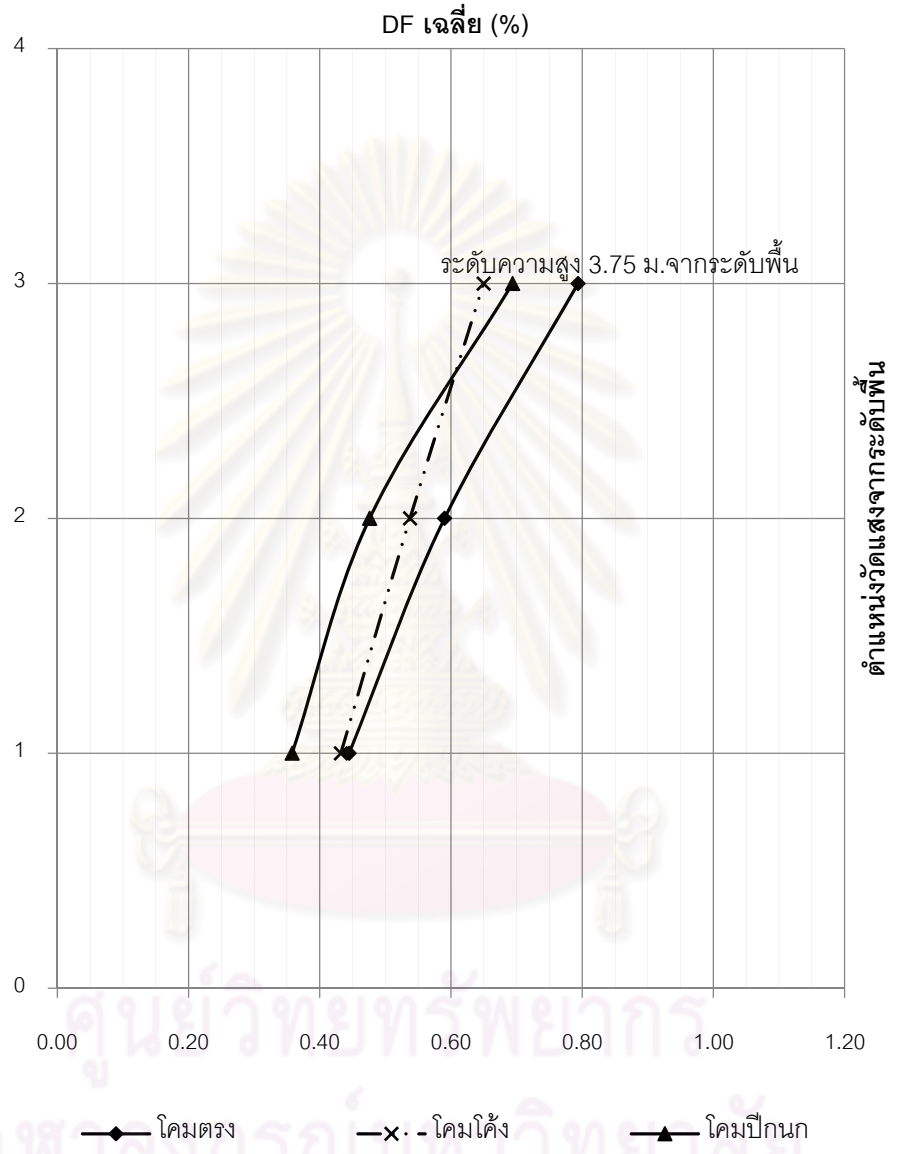
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แผนภูมิที่ 4.41 แสดงระดับความส่องสว่างผนังทิศใต้โคมสะท้อนแสงประเภทที่ 1 (polished surface) วันที่ 21 กันยายน



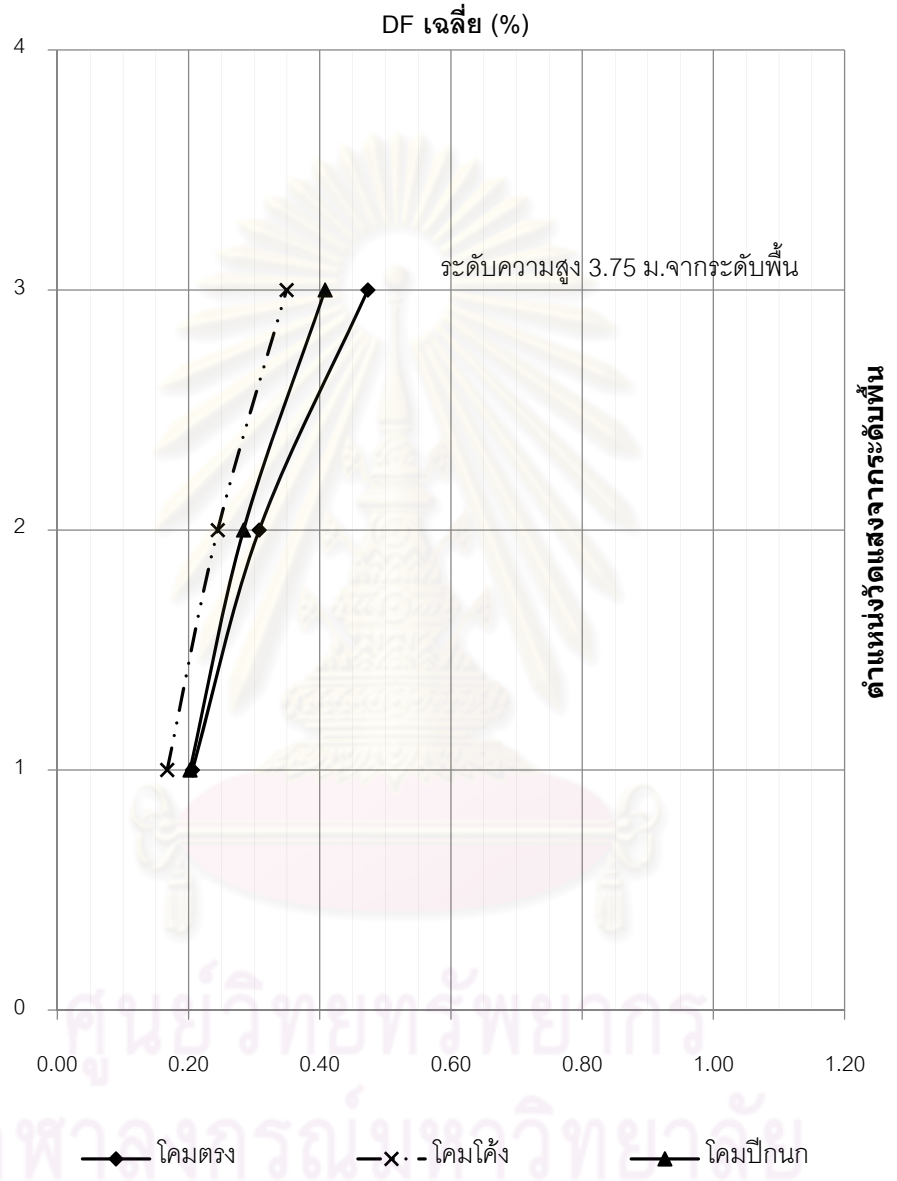
ระดับความส่องสว่างผนังทิศใต้ของโคมสะท้อนแสงประเภทที่ 1 (polished surface) วันที่ 21 กันยายน

แผนภูมิที่ 4.42 แสดงระดับความส่องสว่างผนังทิศใต้โคมสะท้อนแสงประเภทที่ 1 (polished surface) วันที่ 21 ธันวาคม



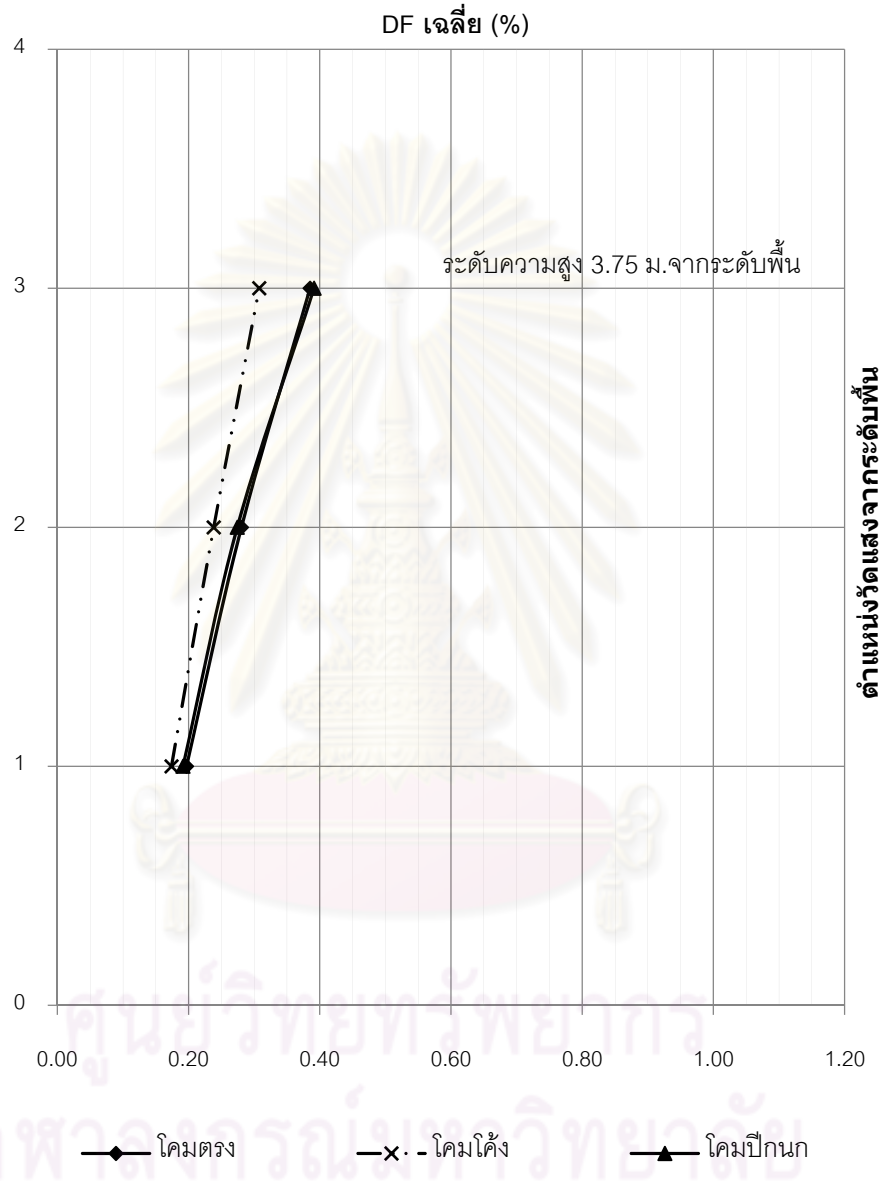
ระดับความส่องสว่างผนังทิศใต้ของโคมสะท้อนแสงประเภทที่ 1 (polished surface) วันที่ 21 ธันวาคม

แผนภูมิที่ 4.43 แสดงระดับความส่องสว่างผนังทิศใต้โคมสะท้อนแสงประเภทที่ 1 (unpolished surface) วันที่ 21 มิถุนายน



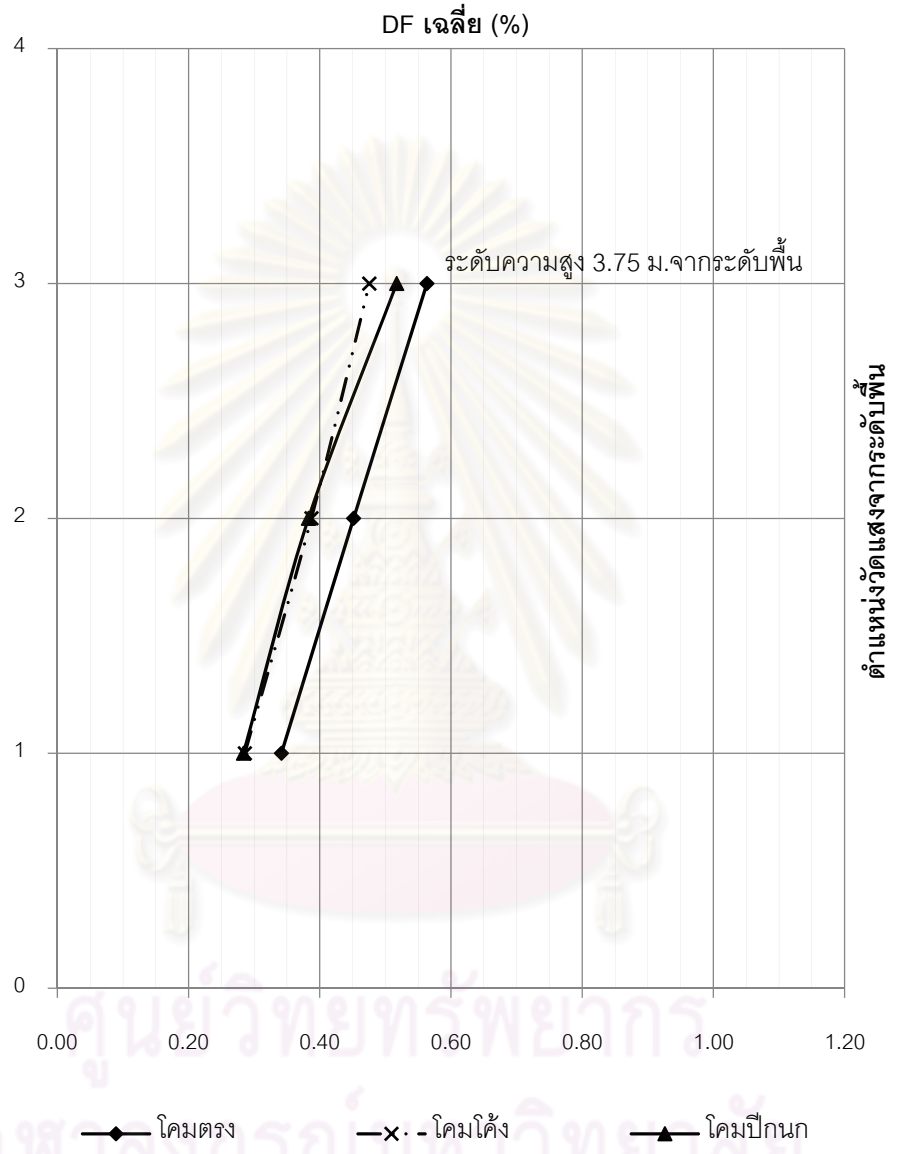
ระดับความส่องสว่างผนังทิศใต้ของโคมสะท้อนแสงประเภทที่ 1 (unpolished surface) วันที่ 21 มิถุนายน

แผนภูมิที่ 4.44 แสดงระดับความส่องสว่างผนังทิศใต้โคมสะท้อนแสงประเภทที่ 1 (unpolished surface) วันที่ 21 กันยายน



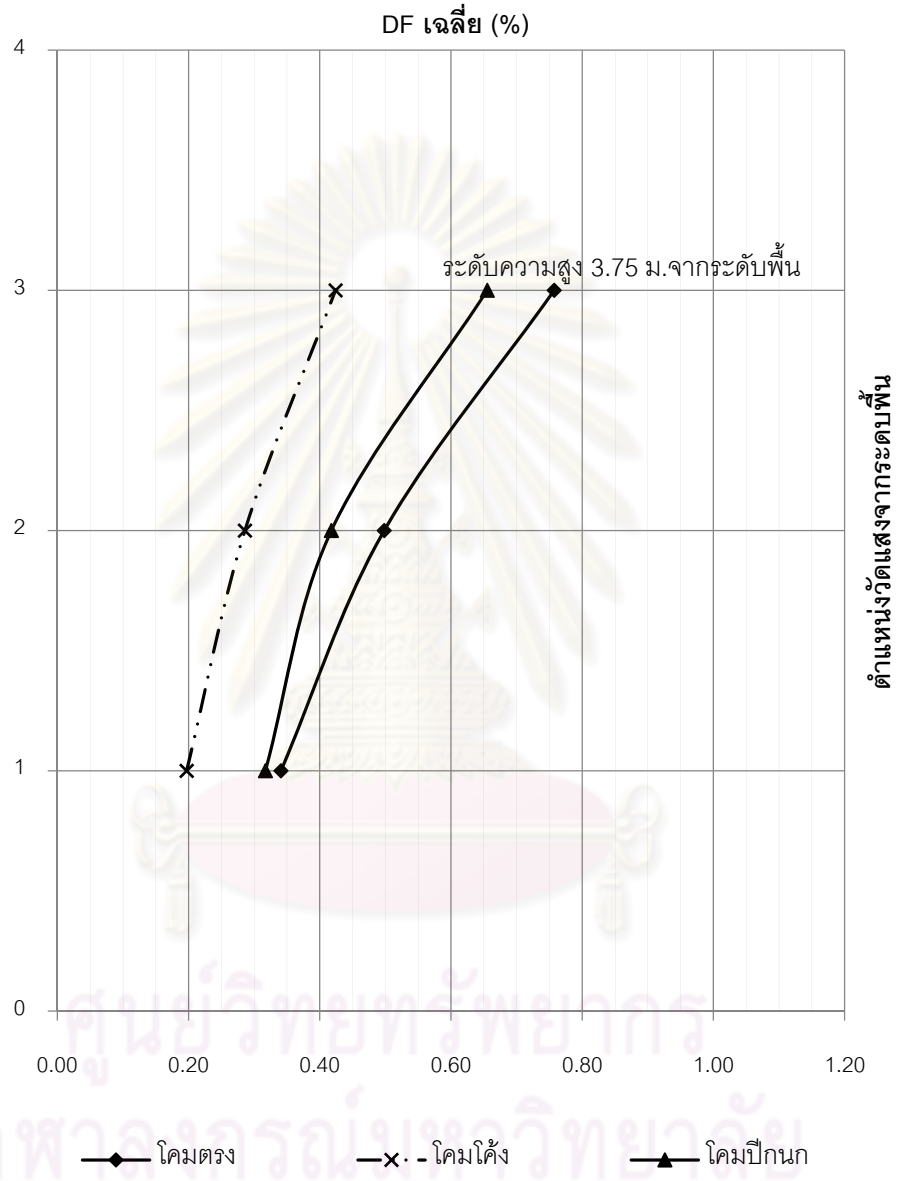
ระดับความส่องสว่างผนังทิศใต้ของโคมสะท้อนแสงประเภทที่ 1 (unpolished surface) วันที่ 21 กันยายน

แผนภูมิที่ 4.45 แสดงระดับความส่องสว่างผนังทิศใต้โคมสะท้อนแสงประเภทที่ 1 (unpolished surface) วันที่ 21 ธันวาคม



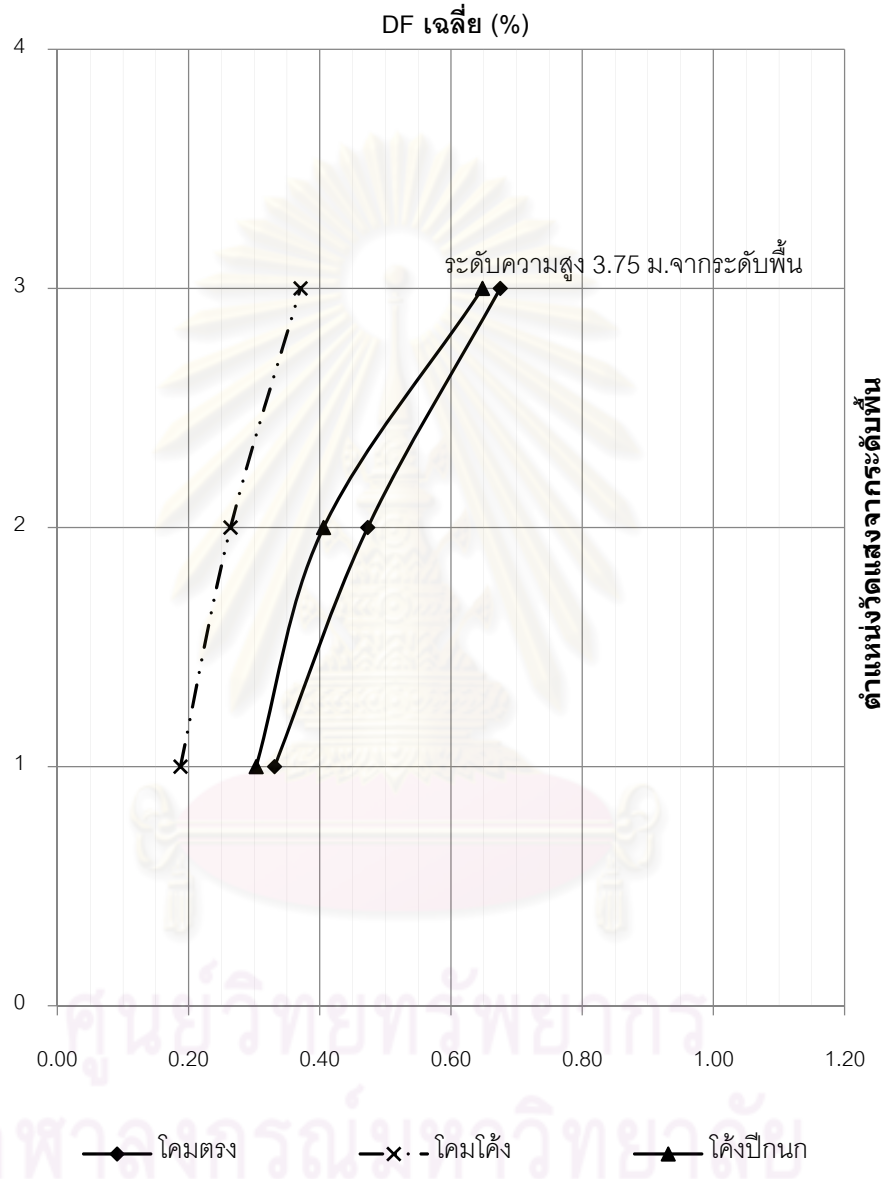
ระดับความส่องสว่างผนังทิศใต้ของโคมสะท้อนแสงประเภทที่ 1 (unpolished surface) วันที่ 21 ธันวาคม

แผนภูมิที่ 4.46 แสดงระดับความส่องสว่างผนังทิศใต้โคมสะท้อนแสงประเภทที่ 1 (matte surface) วันที่ 21 มิถุนายน



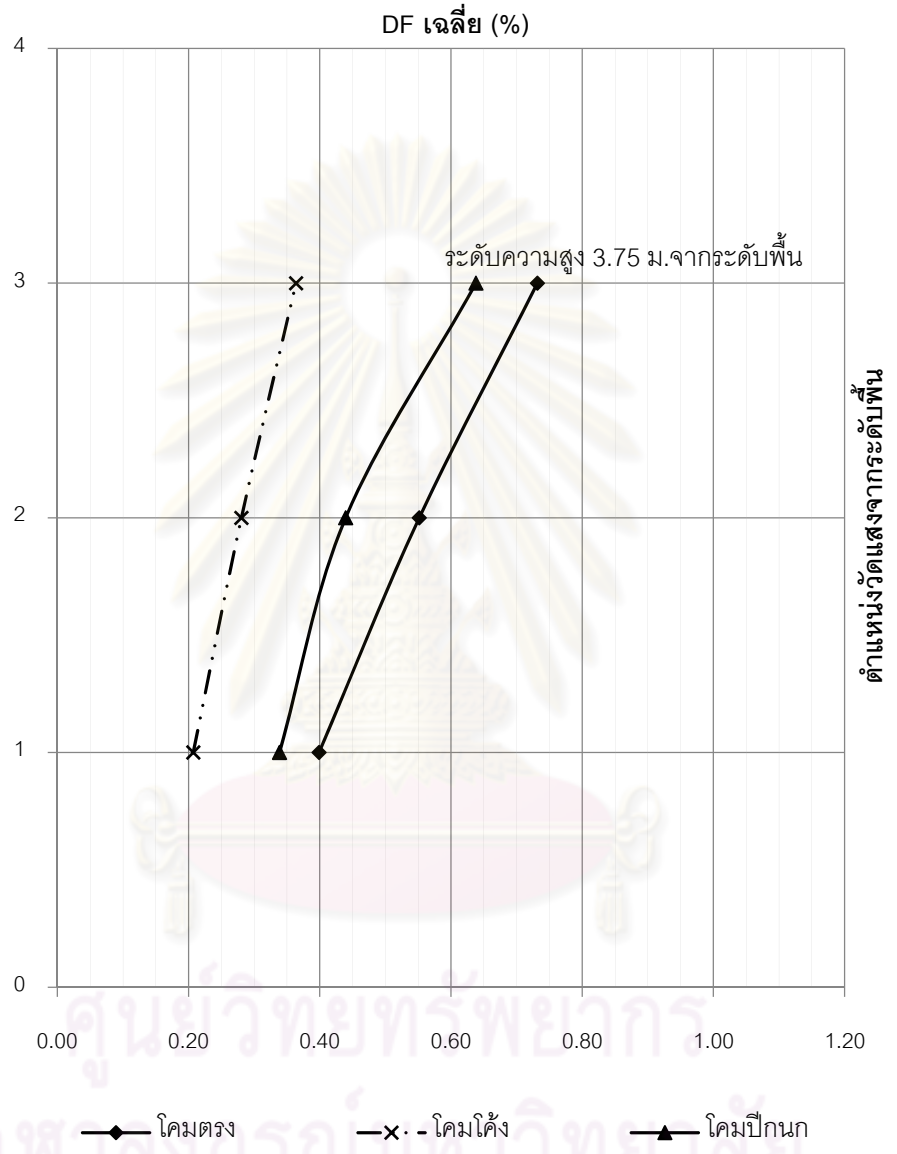
ระดับความส่องสว่างผนังทิศใต้ของโคมสะท้อนแสงประเภทที่ 1 (matte surface) วันที่ 21 มิถุนายน

แผนภูมิที่ 4.47 แสดงระดับความส่องสว่างผนังทิศใต้โคมสะท้อนแสงประเภทที่ 1 (matte surface) วันที่ 21 กันยายน



ระดับความส่องสว่างผนังทิศใต้ของโคมสะท้อนแสงประเภทที่ 1 (matte surface) วันที่ 21 กันยายน

แผนภูมิที่ 4.48 แสดงระดับความส่องสว่างผนังทิศใต้โคมสะท้อนแสงประเภทที่ 1 (matte surface) วันที่ 21 ธันวาคม



ระดับความส่องสว่างผนังทิศใต้ของโคมสะท้อนแสงประเภทที่ 1 (matte surface) วันที่ 21 ธันวาคม

4.2.3.1 การประเมินประสิทธิภาพของแสงด้านความส่องสว่างที่ระนาบผนังส่วนจัดแสดงภาพศิลปะของโคมสะท้อนแสงประเภทที่ 1 (พื้นที่จัดแสดงสูงไม่เกิน 3.75 ม.)

จากแผนภูมิที่ 4.31-4.39 ซึ่งแสดงค่า DF ที่ระนาบผนังทิศเหนือของโคมสะท้อนแสงธรรมชาติประเภทที่ 1 อันได้แก่ โคมลักษณะตรง โคมลักษณะโค้ง และโคมลักษณะโค้งคว่ำปีกนกนั้น พบว่าโคมที่ทำจากวัสดุพื้นผิวเรียบแบบโลหะเงา (polished surface) และวัสดุพื้นผิวเรียบแบบโลหะด้าน (unpolished surface) จะส่งผลต่อประสิทธิภาพของแสงด้านความส่องสว่างในลักษณะเดียวกัน กล่าวคือในวันที่ 21 มิ.ย. โคมที่ให้ระดับความส่องสว่างภายในสูงสุดได้แก่ โคมลักษณะโค้งคว่ำปีกนก โคมลักษณะตรง และโคมลักษณะโค้ง ตามลำดับ ส่วนวันที่ 21 ก.ย.และ 21 ธ.ค.โคมที่ให้ระดับความส่องสว่างภายในสูงสุด ได้แก่ โคมลักษณะตรง โคมลักษณะโค้ง และโคมลักษณะโค้งคว่ำปีกนก ตามลำดับ ทั้งนี้หากโคมดังกล่าวทำจากวัสดุที่มีพื้นผิวหยาบด้าน (matte surface) กลับส่งผลให้ระดับความส่องสว่างภายในที่ได้จากโคมลักษณะโค้งคว่ำ ปีกนกมีค่าสูงกว่าระดับความส่องสว่างภายในที่ได้จากโคมลักษณะโค้ง กล่าวคือ หากโคมสะท้อนแสงในประเภทที่ 1 ทำจากวัสดุพื้นผิวหยาบด้าน (matte surface) แล้วนั้น โคมที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพของแสงด้านความส่องสว่างสูงสุดสำหรับทุกวัน จะได้แก่ โคมลักษณะตรง โคมลักษณะโค้งคว่ำปีกนก และโคมลักษณะโค้ง ตามลำดับ

สำหรับค่า DF ที่ระนาบผนังทิศใต้ของโคมสะท้อนแสงธรรมชาติประเภทที่ 1 จากแผนภูมิที่ 4.40-4.48 พบว่าโคมสะท้อนแสงทุกพื้นผิวจะให้ประสิทธิภาพของแสงด้านความส่องสว่างในลักษณะเดียวกันทั้งหมด ได้แก่ โคมลักษณะตรงจะให้ระดับความส่องสว่างภายในสูงสุด รองลงมา ได้แก่ โคมลักษณะโค้งคว่ำปีกนก และโคมลักษณะโค้ง ตามลำดับ ยกเว้นในวันที่ 21 ธ.ค. โคมลักษณะโค้งที่ทำจากวัสดุผิวเรียบแบบโลหะเงา (polished surface) และวัสดุพื้นผิวเรียบแบบโลหะด้าน (unpolished surface) จะให้ความส่องสว่างภายในสูงกว่าโคมลักษณะโค้งคว่ำปีกนก ที่ระดับความสูงตั้งแต่ 0.95-2.35 ม.จากระดับพื้น

4.2.3.2 การประเมินประสิทธิภาพของแสงด้านความส่องสว่างที่ระนาบผนังส่วนจัดแสดงภาพศิลปะของโคมสะท้อนแสงประเภทที่ 2 (พื้นที่จัดแสดงสูงไม่เกิน 5.15 ม.)

จากตารางที่ 4.21 พบว่าที่ระนาบผนังทั้ง 2 ด้าน โคมสะท้อนแสงประเภทที่ 2 ซึ่งได้แก่ โคมลักษณะโค้งหงายที่ทำจากวัสดุที่มีพื้นผิวเรียบแบบโลหะเงา (polished surface) จะส่งผลต่อประสิทธิภาพของแสงด้านความส่องสว่างสูงสุด รองลงมา ได้แก่ โคมที่ทำจากวัสดุพื้นผิวเรียบแบบโลหะด้าน (unpolished surface) และวัสดุพื้นผิวหยาบด้าน (matte surface) ตามลำดับ

4.2.4 การประเมินประสิทธิภาพของแสงด้านรูปแบบการกระจายตัวและระดับความสม่ำเสมอของแสง (Uniformity ratio) ที่ระนาบผนังส่วนจัดแสดงภาพศิลปะ

4.2.4.1 การประเมินประสิทธิภาพของแสงด้านรูปแบบการกระจายตัวและระดับความสม่ำเสมอของแสง (Uniformity ratio) ที่ระนาบผนังส่วนจัดแสดงภาพศิลปะของโคมสะท้อนแสงประเภทที่ 1 (พื้นที่จัดแสดงสูงไม่เกิน 3.75 ม.)

จากแผนภูมิที่ 4.31-4.48 พบว่าแสงภายในชุดการทดลองที่ได้นั้น มีรูปแบบการกระจายตัวในลักษณะเดียวกันทั้งหมด กล่าวคือแสงส่วนใหญ่กระจายตัวสู่ตำแหน่งวัดแสงสูงสุดจากระดับพื้น จากนั้นจะลดปริมาณลงในตำแหน่งที่อยู่ต่ำลงมา ส่วนประสิทธิภาพด้านระดับความสม่ำเสมอของแสง (Uniformity ratio) สำหรับโคมประเภทที่ 1 นั้น เมื่อพิจารณาจากค่า Uniformity ratio เฉลี่ยแต่ละวัน ดังแสดงในตารางที่ 4.19-4.20 พบว่าที่ระนาบผนังทิศใต้จะมีค่าความสม่ำเสมอของแสง (Uniformity ratio) ดีกว่าที่ระนาบผนังทิศเหนือ เนื่องจากผนังทิศใต้ได้รับอิทธิพลของแสงจากดวงอาทิตย์น้อยกว่า (ดวงอาทิตย์เคลื่อนตัวอ้อมทางทิศใต้เป็นส่วนใหญ่) โดยที่โคมลักษณะโค้งและลักษณะโค้งคว่ำปีกนกจะส่งผลต่อความสม่ำเสมอของแสงที่ระนาบผนังทั้ง 2 ด้านได้ดีกว่าโคมลักษณะตรง

4.2.4.2 การประเมินประสิทธิภาพของแสงด้านรูปแบบการกระจายตัวและระดับความสม่ำเสมอของแสง (Uniformity ratio) ที่ระนาบผนังส่วนจัดแสดงภาพศิลปะของโคมสะท้อนแสงประเภทที่ 2 (พื้นที่จัดแสดงสูงไม่เกิน 5.15 ม.)

เมื่อพิจารณาค่า DF ที่ระนาบผนังทั้ง 2 ด้าน และค่า Uniformity ratio เฉลี่ยแต่ละวันของโคมสะท้อนแสงประเภทที่ 2 ดังแสดงในตารางที่ 4.21 แล้วนั้น พบว่าแสงภายในชุดการทดลองที่ได้นั้น มีรูปแบบการกระจายตัวในลักษณะเดียวกันทั้งหมด กล่าวคือแสงส่วนใหญ่กระจายตัวสู่ตำแหน่งวัดแสงสูงสุดจากระดับพื้น จากนั้นจะลดปริมาณลงในตำแหน่งที่อยู่ต่ำลงมา ส่วนประสิทธิภาพด้านระดับความสม่ำเสมอของแสง (Uniformity ratio) นั้น พบว่าโคมที่ทำจากวัสดุที่มีพื้นผิวเรียบแบบโลหะเงา (polished surface) จะส่งผลต่อความสม่ำเสมอของแสงที่ระนาบผนังทั้ง 2 ด้านได้ดีที่สุด

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยชิ้นนี้เป็นงานวิจัยเชิงทดลองเพื่อศึกษาผลกระทบของรูปลักษณะและคุณสมบัติทางพื้นผิวของวัสดุโคมสะท้อนแสงธรรมชาติที่มีผลต่อระดับความส่องสว่างและการกระจายตัวของแสงภายในห้องแสดงภาพศิลปะในเขตร้อนชื้น โดยใช้หุ่นจำลองมาตราส่วน 1 : 20 จำลองพื้นที่ทดลองขนาดความกว้าง 10.00 ม. ยาว 12.00 ม. ความสูงผนัง 7.00 ม. ส่วนระดับความสูงฝ้าโค้ง 2.00 ม.โดยมีความกว้างช่องเปิดด้านบนเท่ากับ 1.00 ม. โดยเลือกทำการทดสอบประสิทธิภาพแสงในเวลา 9.00 น. 10.00 น. 11.00 น. และ 12.00 น.ของวันที่ 21 มิถุนายน วันที่ 21 กันยายน และ 21 ธันวาคม ในสภาพท้องฟ้าแบบท้องฟ้าโปร่ง (clear sky) และกำหนดตัวแปรในการศึกษาภายใต้สมมติฐานงานวิจัยดังนี้

ตารางที่ 5.1 แสดงตัวแปรที่ใช้ในการศึกษาตามสมมติฐานงานวิจัย

สมมติฐานงานวิจัย	ตัวแปรในการศึกษา
การใช้โคมสะท้อนแสงธรรมชาติสามารถช่วยลดระดับความเข้มของแสงที่ส่องผ่านเข้าสู่อาคารทางช่องเปิดด้านบนได้	รูปลักษณะโคม ได้แก่ โคมลักษณะตรง โคมลักษณะโค้งคว่ำ โคมลักษณะโค้งคว่ำแบบปีกนก โคมลักษณะโค้งหงายแบบปีกคู่
โคมสะท้อนแสงธรรมชาติที่มีรูปลักษณะโค้งช่วยนำพาและกระจายแสงธรรมชาติเข้าสู่ภายในอาคารได้มากกว่าโคมที่มีรูปลักษณะตรง	
โคมสะท้อนแสงธรรมชาติที่มีรูปลักษณะโค้งเว้ามากช่วยนำพาและกระจายแสงธรรมชาติ	
วัสดุโคมสะท้อนแสงธรรมชาติที่มีพื้นผิวเรียบสามารถกระจายแสงได้ดีกว่าวัสดุโคมสะท้อนแสงธรรมชาติที่มีพื้นผิวหยาบด้าน	วัสดุโคม ได้แก่ วัสดุพื้นผิวเรียบแบบโลหะเงา (polished surface) วัสดุพื้นผิวเรียบแบบโลหะด้าน (unpolished surface) วัสดุพื้นผิวหยาบด้าน (matte surface)

ผลการทดลองที่เกิดขึ้นสามารถสนับสนุนและหักล้างสมมติฐานต่างๆ แยกตามหัวข้อได้ดังต่อไปนี้

1. จากผลการทดลองที่ได้สามารถใช้สนับสนุนสมมติฐานงานวิจัยข้อที่ 1 ที่ว่าการใช้โคมสะท้อนแสงธรรมชาติสามารถช่วยลดระดับความเข้มของแสงที่ส่องผ่านเข้าสู่อาคารทางช่องเปิดด้านบนได้ เนื่องจากพบว่าโคมสะท้อนแสงทุกแบบสามารถลดความเข้มของแสงที่ระนาบพื้น ณ ตำแหน่งที่มีปริมาณแสงสูงสุดในแต่ละวันลงได้ 91.97-99.47% และลดความเข้มของแสงที่ระนาบผนังทิศเหนือ ณ ตำแหน่งที่มีปริมาณแสงสูงสุดในแต่ละวันลงได้ 86.96-98.38% ผนังทิศใต้ 85.26-89.22%

2. จากผลการทดลองที่ได้เป็นการหักล้างสมมติฐานงานวิจัยข้อที่ 2 ที่ว่าโคมสะท้อนแสงธรรมชาติที่มีรูปลักษณะโค้งช่วยนำพาและกระจายแสงธรรมชาติเข้าสู่ภายในอาคารได้มากกว่าโคมที่มีรูปลักษณะตรง เนื่องจากพบว่าที่ระนาบพื้น โคมลักษณะตรงที่ทำจากวัสดุที่มีพื้นผิวเรียบแบบโลหะเงา (polished surface) และผิวเรียบแบบโลหะด้าน (unpolished surface) ส่งผลต่อระดับความส่องสว่างภายในสูงกว่าโคมลักษณะโค้ง และโคมลักษณะโค้งปีกนกที่ทำจากวัสดุประเภทเดียวกัน ส่วนที่ระนาบผนังทั้ง 2 ด้าน โคมลักษณะตรงจะส่งผลต่อระดับความส่องสว่างภายในสูงกว่าหรือใกล้เคียงกับโคมลักษณะโค้งปีกนก ไม่ว่าจะทำจากวัสดุที่มีพื้นผิวประเภทใด โดยส่งผลต่อระดับความส่องสว่างภายในสูงกว่าโคมลักษณะโค้งเสมอ นอกจากนี้ยังพบว่าในวันที่ 21 ธ.ค. โคมลักษณะตรงที่ทำจากวัสดุที่มีพื้นผิวเรียบแบบโลหะเงา (polished surface) และผิวเรียบแบบโลหะด้าน (unpolished surface) ยังส่งผลต่อระดับความส่องสว่างภายในที่ระนาบผนังทิศเหนือสูงสุด และที่ระนาบผนังทั้ง 2 ด้านสูงสุดหากทำจากวัสดุที่มีพื้นผิวหยาบด้าน (matte surface)

3. จากผลการทดลองที่ได้สามารถใช้สนับสนุนสมมติฐานงานวิจัยข้อที่ 3 ที่ว่าโคมสะท้อนแสงธรรมชาติที่มีรูปลักษณะโค้งเว้ามากช่วยนำพาและกระจายแสงธรรมชาติเข้าสู่ภายในอาคารได้มาก เนื่องจากพบว่าโคมลักษณะโค้งหงายจะส่งผลต่อระดับความส่องสว่างภายในสูงกว่าโคมโค้งลักษณะอื่นที่มีความโค้งไม่มาก ไม่ว่าจะทำจากวัสดุที่มีพื้นผิวประเภทใดก็ตาม

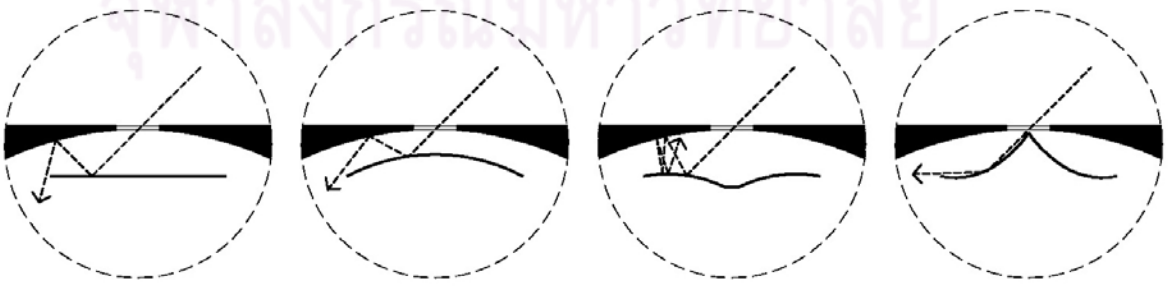
4. จากผลการทดลองที่ได้เป็นการหักล้างสมมติฐานงานวิจัยข้อที่ 4 ที่ว่าวัสดุโคมสะท้อนแสงธรรมชาติที่มีพื้นผิวเรียบสามารถกระจายแสงได้ดีกว่าวัสดุโคมสะท้อนแสงธรรมชาติที่มีพื้นผิวหยาบด้าน เนื่องจากพบว่าวัสดุที่มีพื้นผิวหยาบด้านสามารถช่วยเพิ่มความสามารถในการนำพาแสงของสู่พื้นที่ภายในได้มากขึ้น ในกรณีที่รูปลักษณะของโคมไม่เอื้อให้แสงกระจายตัวได้สมบูรณ์ทุกทิศทาง เช่น โคมลักษณะโค้งปีกนกที่ส่วนโค้งปีกนก 2 ด้านมีลักษณะ

โค้งกลับเข้าด้านในกึ่งกลางโคม จึงไม่เอื้อต่อการกระจายตัวของแสง ทั้งนี้หากทำจากวัสดุที่มีพื้นผิวหยาบด้านจะส่งผลให้สามารถกระจายแสงได้มากขึ้น เนื่องจากแสงที่สะท้อนจากวัสดุดังกล่าวจะมีทิศทางการสะท้อนหลายทิศทางนั่นเอง

จากผลการทดลองและการวิเคราะห์ประเมินประสิทธิภาพของแสงในด้านต่างๆ ตามที่ได้กล่าวไปแล้วในบทที่ 4 นั้น สามารถนำมาสรุปสาระสำคัญของงานวิจัยได้ดังนี้

5.1.1 ผลกระทบของรูปลักษณะโคมสะท้อนแสงธรรมชาติต่อประสิทธิภาพของแสง

รูปลักษณะของโคมสะท้อนแสงที่มีผลต่อประสิทธิภาพของแสงนั้น ต้องมีรูปลักษณะที่เอื้อให้แสงที่ตกกระทบสู่ตัวโคมไม่ว่าจากทิศทางใดก็ตาม สามารถสะท้อนขึ้นสู่เพดานและกระจายตัวลงสู่พื้นที่ด้านล่างได้ง่าย โดยมีจำนวนในการสะท้อนของแสงก่อนตกลงสู่พื้นที่ภายในน้อยครั้งที่สุด เพื่อลดการสูญเสียของปริมาณแสงลง ดังเช่น โคมลักษณะโค้งหงาย ซึ่งสามารถรับแสงและสะท้อนออกได้ดีในทุกทิศทาง หรือแม้แต่โคมลักษณะตรงที่ใช้ศึกษา ที่มีพื้นที่รับแสงค่อนข้างมาก ระยะระหว่างช่องเปิดด้านบนกับตัวโคมมีขนาดค่อนข้างสูง แสงที่ตกกระทบโคมจึงมีปริมาณสูง จำนวนครั้งในการสะท้อนของแสงน้อย ส่วนโคมสะท้อนแสงที่ส่งผลให้ประสิทธิของแสงด้อยลง ได้แก่ โคมที่มีลักษณะทำให้แสงที่ตกกระทบตัวโคมไม่สามารถสะท้อนขึ้นสู่เพดานและกระจายตัวลงสู่พื้นที่ด้านล่างได้ ดังเช่น โคมลักษณะโค้งปีกนก ที่มีส่วนโค้งปีกนก 2 ด้านโค้งกลับเข้าด้านในกึ่งกลางโคม แสงที่สะท้อนขึ้นสู่เพดานไม่อาจที่จะกระจายตัวลงสู่พื้นที่ด้านลงได้ หรือต้องสะท้อนกลับไปมาหลายครั้งจึงจะสามารถกระจายตัวลงสู่พื้นที่ได้ล่างได้ ทำให้สูญเสียปริมาณแสงไปมาก ส่งผลให้ระดับความส่องสว่างภายในที่ได้มีปริมาณค่อนข้างน้อย เช่นเดียวกับโคมลักษณะโค้ง



รูปที่ 5.1 แสดงทิศทางการสะท้อนของแสงที่เกิดจากโคมแต่ละลักษณะ

อย่างไรก็ตามโคมสะท้อนแสงที่มีรูปลักษณะโค้งนั้น สามารถส่งผลต่อระดับความสม่ำเสมอของแสง (Unifomity ratio) ได้ดีกว่าโคมที่มีลักษณะตรง เนื่องจากความโค้งของโคมจะช่วยลดปริมาณความเข้มของแสงจากดวงอาทิตย์ได้มากกว่า

5.1.2 ผลกระทบของคุณสมบัติทางพื้นผิววัสดุโคมสะท้อนแสงธรรมชาติต่อประสิทธิภาพของแสง

คุณสมบัติทางพื้นผิววัสดุโคมสะท้อนแสงนั้นสามารถช่วยเปลี่ยนแปลงระดับความสามารถในการนำพาแสงเข้าสู่ภายในของโคมแต่ละลักษณะได้ เนื่องจากคุณสมบัติดังกล่าวส่งผลโดยตรงกับรูปแบบการสะท้อนแสงที่ได้ กล่าวคือ วัสดุที่มีพื้นผิวเรียบจะส่งผลให้เกิดการสะท้อนแสงแบบกระจกเงา (specular reflector) โดยแสงที่สะท้อนออกมาจะมีทิศทางที่แน่นอน ส่วนวัสดุที่มีพื้นผิวหยาบด้านจะส่งผลให้เกิดการสะท้อนแสงแบบกระจาย (diffuse reflection) โดยแสงที่สะท้อนออกมาจะมีหลายทิศทาง และด้วยปรากฏการณ์ดังกล่าว วัสดุที่มีพื้นผิวหยาบจึงสามารถช่วยในการเพิ่มทิศทางการสะท้อนของแสง ทำให้แสงกระจายตัวได้มากขึ้น แม้รูปลักษณะโคมจะไม่เอื้ออำนวย ในขณะที่วัสดุที่มีพื้นผิวเรียบนั้น การวางแนวทิศทางในการสะท้อนของแสงและจำนวนครั้งในการสะท้อนแสงถือเป็นเรื่องสำคัญสำหรับการออกแบบรูปลักษณะโคม เพราะแสงที่เกิดจากการสะท้อนดังกล่าวจะมีทิศทางค่อนข้างแน่นอน ซึ่งสามารถคาดการณ์ได้จากทิศทางและองศาที่แสงตกกระทบตัวโคม

อย่างไรก็ตามไม่พบว่าคุณสมบัติทางพื้นผิวของวัสดุโคมนั้น สามารถส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพด้านความสม่ำเสมอของแสง (Uniformity ratio) แต่อย่างใด เนื่องจากระดับความสม่ำเสมอของแสงนั้นจะขึ้นอยู่กับรูปลักษณะของโคมและอิทธิพลของแสงจากดวงอาทิตย์เป็นสำคัญ

5.1.3 ผลกระทบของวันต่อประสิทธิภาพของแสง

การที่วันต่างๆมีผลต่อประสิทธิภาพของแสงนั้น สืบเนื่องมาจากอิทธิพลการเคลื่อนตัวของดวงอาทิตย์ด้วยองศาและทิศทางที่แตกต่างกัน โดยหากพิจารณาเฉพาะช่วงเวลาที่ทำการทดสอบประสิทธิภาพแสงในงานวิจัย คือ 9.00-12.00 น. ในวันที่ 21 มิ.ย.ดวงอาทิตย์จะเคลื่อนตัวอ้อมทางทิศเหนือด้วยองศามุมโปรไฟล์ต่ำสุด 72 องศา สูงสุด 81 องศา วันที่ 21 ก.ย. ดวงอาทิตย์จะเคลื่อนตัวอ้อมทางทิศใต้ด้วยมุมโปรไฟล์ 76 องศาเดียวตลอดทั้งวัน ส่วนวันที่ 21 ธ.ค.ดวงอาทิตย์จะเคลื่อนตัวอ้อมทางทิศใต้ด้วยมุมโปรไฟล์ต่ำสุด 44 องศา สูงสุด 53 องศา ดังนั้น

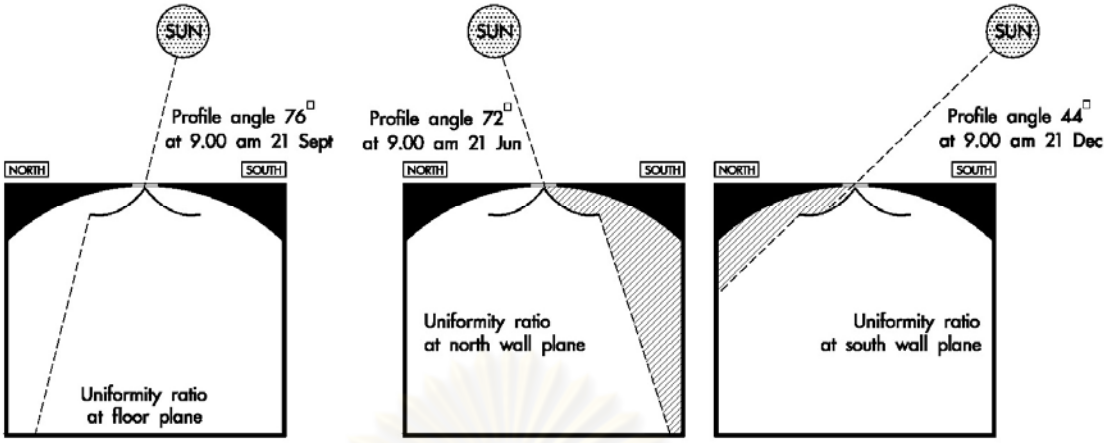
ในวันที่ 21 ธ.ค.จึงมีระดับความส่องสว่างเฉลี่ยทั้งวันสูงสุด ทั้งที่ระนาบพื้นและระนาบผนังทั้ง 2 ด้าน เนื่องจากวันที่ 21 ธ.ค.ดวงอาทิตย์จะเคลื่อนตัวคล้อยต่ำตลอดวัน

ทั้งนี้ระดับความส่องสว่างที่ระนาบพื้นเฉลี่ยทั้งวันในวันที่ 21 มิ.ย.จะมีปริมาณต่ำสุด เนื่องจากวันที่ 21 มิ.ย. ตั้งแต่ช่วงเวลา 10.00 น. จนถึง 14.00 น.ดวงอาทิตย์จะทำมุมโปรไฟล์สูงกว่าวันอื่นๆ

ส่วนประสิทธิภาพของแสงที่ระนาบผนังนั้น จะขึ้นอยู่กับทิศทางการเคลื่อนตัวของดวงอาทิตย์เป็นสำคัญ กล่าวคือ ในวันที่ 21 มิ.ย.ดวงอาทิตย์จะเคลื่อนตัวอ้อมทางทิศเหนือ ทำให้ประสิทธิภาพของแสงที่ระนาบผนังทิศใต้สูงกว่าระนาบผนังทิศเหนือ โดยที่ประสิทธิภาพของแสงที่ระนาบผนังทิศเหนือจะมีความสอดคล้องกับประสิทธิภาพแสงที่ระนาบพื้น กล่าวคือจะมีระดับความส่องสว่างต่ำสุดในวันที่ 21 มิ.ย. ส่วนที่ระนาบผนังทิศใต้นั้นจะมีระดับความส่องสว่างต่ำสุดในวันที่ 21 ก.ย.

อย่างไรก็ตามแม้ว่าวันต่างๆจะมีผลต่อประสิทธิภาพของแสงภายในที่ได้ แต่ประสิทธิภาพของแสงดังกล่าวยังขึ้นอยู่กับรูปลักษณะของโคมเป็นสำคัญ เนื่องจากรูปลักษณะของโคมสามารถช่วยลดปัญหาด้านปริมาณของแสงที่เกิดขึ้นจากอิทธิพลของดวงอาทิตย์ได้ เช่น โคมลักษณะโค้งหงายที่ทำจากวัสดุพื้นผิวเรียบแบบโลหะเงา (polished surface) ที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพแสงสูงสุดที่ระนาบพื้นและผนังทิศเหนือในวันที่ 21 มิ.ย.ระนาบผนังทิศใต้ในวันที่ 21 ก.ย. ซึ่งเป็นทางตรงกันข้ามกับโคมรูปลักษณะอื่นๆ เป็นต้น

สำหรับผลกระทบต่อความสม่ำเสมอของแสง (Unifomity ratio) นั้น ขึ้นอยู่กับปริมาณการได้รับอิทธิพลของแสงจากดวงอาทิตย์ โดยที่ระนาบพื้นจะมีระดับความสม่ำเสมอของแสงสูงสุดในวันที่ 21 ก.ย. เนื่องจากวันดังกล่าวดวงอาทิตย์อยู่ในตำแหน่งค่อนข้างสูงตลอดทั้งวัน (มุมโปรไฟล์ 76 องศาตลอดทั้งวัน) แสงภายในที่ได้จึงมีความแปรปรวนต่ำ ส่วนที่ระนาบผนังทิศเหนือจะมีระดับความสม่ำเสมอของแสงสูงสุดในวันที่ 21 มิ.ย. และที่ระนาบผนังทิศใต้ในวันที่ 21 ธ.ค. สาเหตุเพราะผนังแต่ละด้านไม่ได้รับอิทธิพลของแสงจากดวงอาทิตย์โดยตรงในวันดังกล่าว เนื่องจากทิศทางจากเคลื่อนตัวของดวงอาทิตย์ กล่าวคือดวงอาทิตย์จะเคลื่อนตัวอ้อมทางทิศเหนือในวันที่ 21 มิ.ย. และทางทิศใต้ในวันที่ 21 ธ.ค.นั่นเอง



รูปที่ 5.2 แสดงอิทธิพลของแสงจากดวงอาทิตย์ที่มีผลต่อระดับ Uniformity ratio ภายใน

5.1.4 ข้อเสนอแนะในการพิจารณาเลือกใช้โคมสะท้อนแสงธรรมชาติ

นอกจากนี้ผลการวิจัยยังสามารถแบ่งโคมสะท้อนแสงสำหรับห้องแสดงภาพศิลปะได้เป็น 2 ประเภท ดังนี้

1. โคมสะท้อนแสงธรรมชาติที่เหมาะสำหรับพื้นที่จัดแสดงภาพความสูงไม่เกิน 3.75 ม. ได้แก่ โคมลักษณะตรง โคมลักษณะโค้ง โคมลักษณะโค้งคว่ำปีกนก

2. โคมสะท้อนแสงธรรมชาติที่เหมาะสำหรับพื้นที่จัดแสดงภาพความสูงไม่เกิน 5.15 ม. ได้แก่ โคมลักษณะโค้งหงาย

ทั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการสรุปค่าความส่องสว่างและค่าความสม่ำเสมอของแสง (Uniformity ratio) ทั้งที่ระนาบพื้นและระนาบผนังภายในที่ได้จากโคมสะท้อนแสงแต่ละรูปแบบ เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับใช้ในการออกแบบและพัฒนาโคมสะท้อนแสงธรรมชาติสำหรับห้องแสดงภาพศิลปะในกรุงเทพมหานคร โดยจะเห็นว่าโคมสะท้อนแสงทุกรูปแบบที่ปรากฏในงานวิจัยครั้งนี้ให้ประสิทธิภาพของแสงที่เพียงพอต่อการใช้งานทั้งสิ้น ดังแสดงในตารางที่ 5.2

อย่างไรก็ตามสิ่งสำคัญที่ผู้ออกแบบควรคำนึงถึงในการพิจารณาเลือกใช้โคมลักษณะใดลักษณะหนึ่งนั้น ได้แก่ ระดับความสม่ำเสมอของแสงภายในที่ได้ เนื่องจากห้องจัดแสดงภาพศิลปะเป็นพื้นที่ที่ต้องให้ความระมัดระวังเรื่องความแปรปรวนของแสงเป็นพิเศษ โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่ระนาบผนังจัดแสดงภาพทางทิศเหนือ เนื่องจากเป็นผนังด้านที่ได้รับอิทธิพลจากดวงอาทิตย์ค่อนข้างมาก สำหรับระดับความส่องสว่างที่เกินกว่าค่ามาตรฐานกำหนดไว้สามารถปรับลดได้โดยการเลือกใช้วัสดุปิดช่องเปิดด้านบน (glazing) ซึ่งสามารถพิจารณาได้จากค่าการส่องผ่านแสง (light transmittance) ของวัสดุนั้น โดยระดับความส่องสว่างสูงสุดที่ระนาบผนังต้องไม่เกิน 200 ลักซ์ (หรือเกณฑ์ในการวิจัยเท่ากับ 0.34%) เนื่องจากปริมาณแสงที่มาก

เกินไปจะสร้างความเสียหายแก่วัตถุจัดแสดงได้ ทั้งนี้การปรับลดค่าความส่องสว่างสูงสุดที่ระนาบผนังเพื่อให้อยู่ในเกณฑ์ดังกล่าว อาจส่งผลให้ระดับความส่องสว่างบริเวณอื่นต่ำกว่าที่ควรอยู่มาก (แม้ว่าจะอยู่ในสัดส่วนระดับความส่องสว่างสูงสุดและต่ำสุดเท่ากับ 3:1) ดังนั้นจึงต้องมีการใช้แสงประดิษฐ์เพื่อช่วยเสริมระดับความสว่างโดยรวม หรือสำหรับขับเน้นความสว่างบางจุด (accent light) เพื่อสร้างความน่าสนใจแก่ภาพจัดแสดงมากยิ่งขึ้น

ตารางที่ 5.2 แสดงระดับความส่องสว่างและระดับความสม่ำเสมอของแสงที่ได้จากโคมสะท้อนแสงแต่ละรูปแบบ

		ความส่องสว่าง						ความสม่ำเสมอ		
รูปลักษณะ	พื้นผิววัสดุ	พื้น		ผนังเหนือ		ผนังใต้		พื้น	ผนังเหนือ	ผนังใต้
		DF min	DF max	DF min	DF max	DF min	DF max			
ประเภทที่ 1 เหมาะสำหรับพื้นที่จัดแสดงความสูงไม่เกิน 3.75 ม.										
ตรง	polished	0.46	2.17	0.24	1.87	0.26	0.79	0.83	0.63	0.68
	unpolished	0.37	2.16	0.19	1.45	0.20	0.56	0.83	0.63	0.69
	matte	0.62	1.40	0.35	1.08	0.33	0.76	0.86	0.63	0.67
โค้ง	polished	0.39	1.65	0.20	1.44	0.22	0.65	0.82	0.66	0.73
	unpolished	0.31	1.38	0.16	0.90	0.17	0.48	0.83	0.66	0.71
	matte	0.37	0.79	0.18	0.63	0.19	0.42	0.90	0.66	0.69
โค้งปีกนก	polished	0.37	1.84	0.25	1.20	0.25	0.69	0.87	0.64	0.68
	unpolished	0.36	1.15	0.19	0.78	0.19	0.52	0.88	0.66	0.69
	matte	0.66	1.27	0.30	0.95	0.30	0.66	0.90	0.67	0.69
ประเภทที่ 2 เหมาะสำหรับพื้นที่จัดแสดงความสูงไม่เกิน 5.15 ม.										
โค้งหงาย	polished	1.66	2.92	0.77	3.11	0.79	3.05	0.85	0.60	0.65
	unpolished	1.22	1.95	0.62	1.87	0.60	1.66	0.84	0.57	0.62
	matte	0.88	1.40	0.44	1.70	0.45	1.25	0.86	0.58	0.64

แม้ว่าเกณฑ์ในการเลือกใช้โคมสะท้อนแสงจะขึ้นอยู่กับระดับความสม่ำเสมอของแสง (Uniformity ratio) และระดับความส่องสว่างที่ได้จากโคมเป็นสำคัญก็ตาม การนำโคมสะท้อนแสงที่ปรากฏในงานวิจัยไปประยุกต์ใช้งานจริงนั้น ยังคงมีข้อพิจารณาร่วมประการอื่นอีกดังต่อไปนี้

1. ข้อพิจารณาร่วมด้านสุนทรียภาพ เนื่องจากโคมสะท้อนแสงธรรมชาตินับเป็นอีกหนึ่งองค์ประกอบอาคารซึ่งนอกจากเพื่อประโยชน์ในการช่วยสะท้อนแสงและกระจายแสงสู่พื้นที่ภายในอาคารแล้ว ยังสามารถช่วยเสริมสร้างความงามให้กับทัศนียภาพภายในพื้นที่นั้นๆได้อีกด้วย อย่างไรก็ตามผู้ออกแบบสามารถปรับเปลี่ยนรูปลักษณะใต้โคมที่ปรากฏเพื่อให้เหมาะสมกับรูปทรงของที่ว่างภายในอาคารได้มากยิ่งขึ้น โดยยังคงรูปลักษณะด้านบนของตัวโคมซึ่งเป็นพื้นที่รับแสงไว้ ทั้งนี้เพื่อให้สามารถใช้ผลที่ได้จากงานวิจัยเป็นแนวทางในการออกแบบโคมสะท้อน

แสงได้ รูปลักษณะใต้โคมที่เปลี่ยนแปลงไปจึงไม่ควรมีลักษณะที่ส่งผลกระทบต่อการกระจายตัวของแสงภายในมากนัก

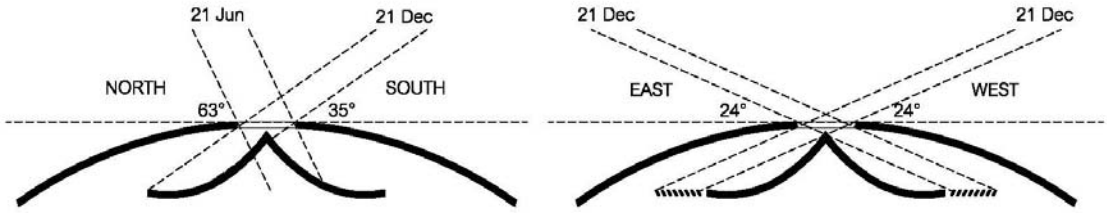
2. ข้อพิจารณาร่วมด้านราคาค่าก่อสร้าง ไม่เฉพาะแต่ราคาค่าก่อสร้างโคมสะท้อนแสงธรรมชาติเท่านั้น ผู้ออกแบบยังควรพิจารณาถึงราคาค่าก่อสร้างองค์ประกอบอื่นๆที่มีความสัมพันธ์กับการใช้โคมสะท้อนแสงดังกล่าว เช่น วัสดุปิดช่องเปิดด้านบน (glazing) ซึ่งช่วยในการปรับลดระดับความส่องสว่างให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน จึงจำเป็นต้องมีการเลือกใช้ให้เหมาะสมกับโคมแต่ละรูปแบบ

3. ข้อพิจารณาร่วมด้านการบำรุงรักษาและการซ่อมแซม โดยโคมที่มีรูปลักษณะโค้งเว้ามากหรือมีรูปลักษณะที่มีความซับซ้อนกว่า จะส่งผลให้การบำรุงรักษาและการซ่อมแซมเป็นไปได้ยากกว่า หากเทียบกับโคมที่มีรูปลักษณะตรงหรือมีความโค้งไม่มากนัก อีกทั้งการบำรุงรักษาทำความสะอาดเพื่อให้พื้นผิวของวัสดุโคมยังคงคุณสมบัติเดิมตลอดเวลานั้น ถือเป็นภาระกิจสำคัญที่ต้องมีการดำเนินการอย่างต่อเนื่อง เพราะคุณสมบัติทางพื้นผิวของวัสดุส่งผลโดยตรงต่อประสิทธิภาพของแสง อย่างไรก็ตามหากได้มีการออกแบบวางแผนเพื่อการบำรุงรักษาตัวโคมไว้ล่วงหน้า จะเป็นการช่วยลดปัญหาที่เกิดจากภาระดังกล่าวลงไปได้

5.2 ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากข้อจำกัดเรื่องระยะเวลาในการศึกษาวิจัย ทำให้ผู้วิจัยจำเป็นต้องจำกัดขอบเขตของการวิจัยครั้งนี้ลงบางส่วน ส่งผลให้ยังคงมีเนื้อหาและประเด็นที่น่าสนใจซึ่งไม่ได้นำมารวมอยู่ในงานวิจัยชิ้นนี้ ดังนั้นเพื่อให้องค์ความรู้ดังกล่าวเกิดความสมบูรณ์และครบถ้วนมากยิ่งขึ้น ผู้วิจัยจึงมีข้อเสนอแนะบางประการ เพื่อเป็นแนวทางสำหรับการศึกษาวิจัยครั้งต่อไปดังนี้

1. งานวิจัยครั้งนี้ได้กำหนดให้พื้นที่ทดลองวางตัวตามแนวทิศตะวันตก-ตะวันออกเท่านั้น ดังนั้นในการในการวิจัยครั้งต่อไปจึงควรทำการศึกษาเพิ่มเติมในกรณีที่พื้นที่ใช้สอยวางตัวในทิศทางอื่น และหากพบว่ามุมโปรไฟล์ของดวงอาทิตย์มีองศาที่ต่ำมากจนส่งผลให้โคมสะท้อนแสงมีขนาดใหญ่ การออกแบบองค์ประกอบร่วมอื่นๆจึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่ควรนำมาพิจารณาและทำการศึกษาด้วยเช่นกัน



รูปที่ 5.3 แสดงแนวทางการออกแบบองค์ประกอบร่วมที่ใช้กับโคมสะท้อนแสงธรรมชาติ

2. เนื่องจากในการทดลองไม่ได้ทำการทดสอบประสิทธิภาพของแสงในทุกสภาพท้องฟ้า ดังนั้นเพื่อให้ผลการทดลองที่ได้มีความน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น จึงควรทำการทดสอบประสิทธิภาพของแสงในสภาพท้องฟ้าแบบอื่นๆด้วย

3. งานวิจัยครั้งนี้ทำการศึกษาและวิเคราะห์ประสิทธิภาพของแสงเฉพาะเชิงปริมาณเท่านั้น อย่างไรก็ตามเนื่องจากผู้วิจัยได้พบข้อสังเกตที่น่าสนใจขณะทำการศึกษาวิจัย กล่าวคือ แม้ว่าโคมลักษณะโค้งหงายที่ทำจากวัสดุพื้นผิวเรียบแบบโลหะเงา (polished surface) จะส่งผลต่อประสิทธิภาพของแสงด้านความส่องสว่างสูงสุด แต่จากการเก็บข้อมูลภาพถ่ายภายในหุ่นจำลองของชุดการทดลองดังกล่าว พบว่าเกิดแสงสะท้อนที่ตำแหน่งฝ้าเพดานบริเวณเหนือโคม ซึ่งปรากฏการณ์ดังกล่าวอาจส่งผลกระทบต่อคุณภาพของแสงภายในได้ ดังนั้นในการในการวิจัยครั้งต่อไปจึงควรทำการศึกษาในเชิงคุณภาพร่วมด้วย เพื่อให้ผลงานวิจัยสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้อย่างหลากหลายมากยิ่งขึ้น

รูปที่ 5.4 ทัศนียภาพภายในหุ่นจำลองชุดการทดลองที่มีการติดตั้งโคมลักษณะโค้งหงายที่ทำจากวัสดุพื้นผิวเรียบแบบโลหะเงา (polished surface)

4. ผลการทดลองที่ได้อาจเกิดความคลาดเคลื่อนอยู่บ้าง เนื่องจากรัศมีความโค้งของโคมสะท้อนแสงที่ไม่สามารถควบคุมให้เที่ยงตรงเท่ากันได้ทุกชิ้น ดังนั้นในการทดลองครั้งต่อไปจึงควรใช้วิธีการจำลองผลด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในการตรวจสอบข้อมูลอีกขั้นหนึ่ง ซึ่งจะทำให้ข้อมูลที่ได้มีความน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กฎกระทรวง ฉบับที่ 55 พ.ศ. 2543 ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522. (มปท. มปป.)

กุลศรี สุริยเดชสกุล. เทคนิคการให้แสงธรรมชาติ อาคารพิพิธภัณฑ์แสดงภาพเขียนเขตร้อนชื้น, วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2542.

จรรยาพร จุลตามระ. แสง สี เพื่อสร้างสรรค์คุณภาพชีวิตและประสิทธิภาพในการทำงาน. ใน สร้างสรรค์ อาคารสบาย, หน้า 2-1 – 2-11. กรุงเทพมหานคร : อุดมศึกษา, 2547.

ปัทมาพร ศิริผลวุฒิชัย. เทคนิคการใช้แสงธรรมชาติผ่านแผงควบคุมช่องเปิดด้านบน, วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2542.

ปรีชญา มหัทธนทวี. การใช้แสงสว่างธรรมชาติภายในอาคารเพื่อการประหยัดพลังงาน. ใน สร้างสรรค์ อาคารสบาย, หน้า 3-1 – 3-14. กรุงเทพมหานคร : อุดมศึกษา, 2547.

พรรณชลัท สุริโยธิน. วัสดุและการก่อสร้าง : หลอดไฟฟ้า. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2547.

ภาษาอังกฤษ

Ander, D. Daylighting Performance and Design. New Jersey: John Wiley & Sons, 2003.

Beltran, L., and others. The design and evaluation of three advance daylight systems: Light shelves, Light pipe and Skylight [Online]. 1994. Available from : http://www/osti.gov/energycitations/servlets/purl/10179463-yOPL3p/native/10179463.pdf [2009, July 6]

Courret, G., Paule, B. and Scartezzini, J. Anidolic zenithal openings: Daylighting and shading. Lighting Res.Technol. 28, 1(1996) : 11-17.

Darragh, J., and Snyder, S. Museum Design : Planning and Building for Art. New York: Oxford University Press, 1993.

Heschong, L., and others. Skylighting guidelines. New York: The Heschong Mahone Group, 1998.

Jones, V. and others, eds. The Handbook of Building types : Neufert Architects' Data. Oxford: Blackwell Scientific, 1980.

Majoros, A. Daylighting. Brisbane: The University of Queensland, 1998.

Robbins, C. Daylighting Design & Analysis. New York: Van Nostrand Reinhold, 1986.

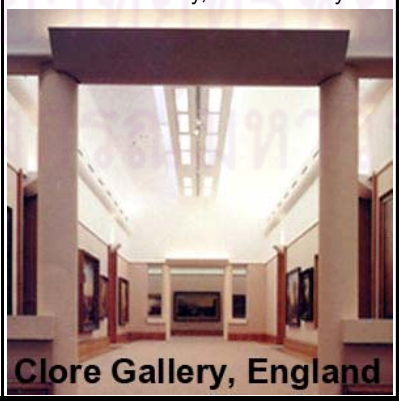
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

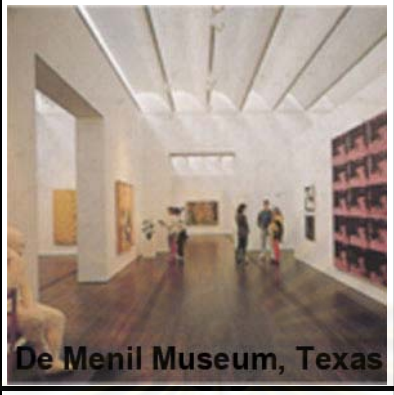
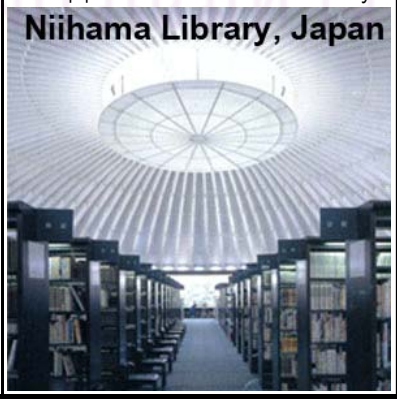
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

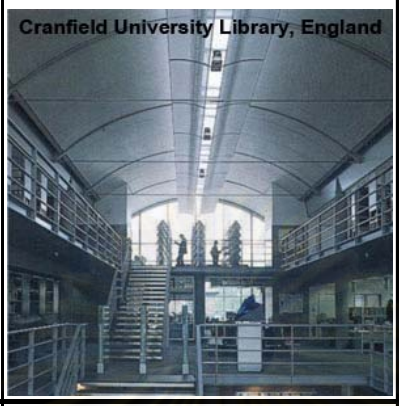
อาคารที่มีการใช้โคมสะท้อนแสงเป็นองค์ประกอบร่วมในการนำแสงธรรมชาติมาใช้ในอาคาร ผ่านช่องเปิดด้านบน

Year	Architect	Project	Location	Aperture	Material
1972	Louis I Kahn	Kimbell Art Museum	Fort Worth, Texas	Linear	Perforated Aluminium
1977	Louis I Kahn	Wolfson Center for Mechanical Engineering, University of Tel Aviv	Israel	Linear	Aluminium Grill
1985	James Stirling, Micheal Wilford	Clore Gallery, Tate Gallery 	London, England	Linear	Opaque Material

ภาคผนวก ก (ต่อ)

Year	Architect	Project	Location	Aperture	Material
1986	Renzo Piano	De Menil Museum 	Houston, Texas	Localise	Opaque Material
1988	Helmut Jahn	United Airlines Terminal, O' Hare	Chicago, Illinois	Linear	Perforated Aluminium
1991	Norman Foster	Stansted Airport	Stansted, England	Localise	Perforated Aluminium
1992	Nikken Sekkei Ltd.	Niihama Municipal Besshi Copper Mine Memorial Library 	Niihama City, Ehime, Japan	Localise	Perforated Aluminium

ภาคผนวก ก (ต่อ)

Year	Architect	Project	Location	Aperture	Material
1993	Norman Foster	Cranfield University Library 	Bedfordshire, England	Linear	Perforated Aluminium
1994	N/A	Musee De Grenoble	Grenoble, France	Linear	Opaque Material
1997	Meyer, Scherer & Lockcaster Ltd.	Sahara West Museum	Las Vegas, Nevada	Linear	Perforated Aluminium
1998	Norman Foster	Chek Lap Kok, Hong Kong International Airport	Hong Kong	Linear	Perforated Aluminium

ภาคผนวก ก (ต่อ)

Year	Architect	Project	Location	Aperture	Material
2002	Meinhard Von Gerkan	The Museum Document and Archive	Pudong, Shanghai	Localise	Opaque Material
N/A	Bligh Voller Nield Pty Ltd.	Brisbane International Airport Passenger Terminal 1	Brisbane, Queensland, Australia	Localise	Perforated Aluminium

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข

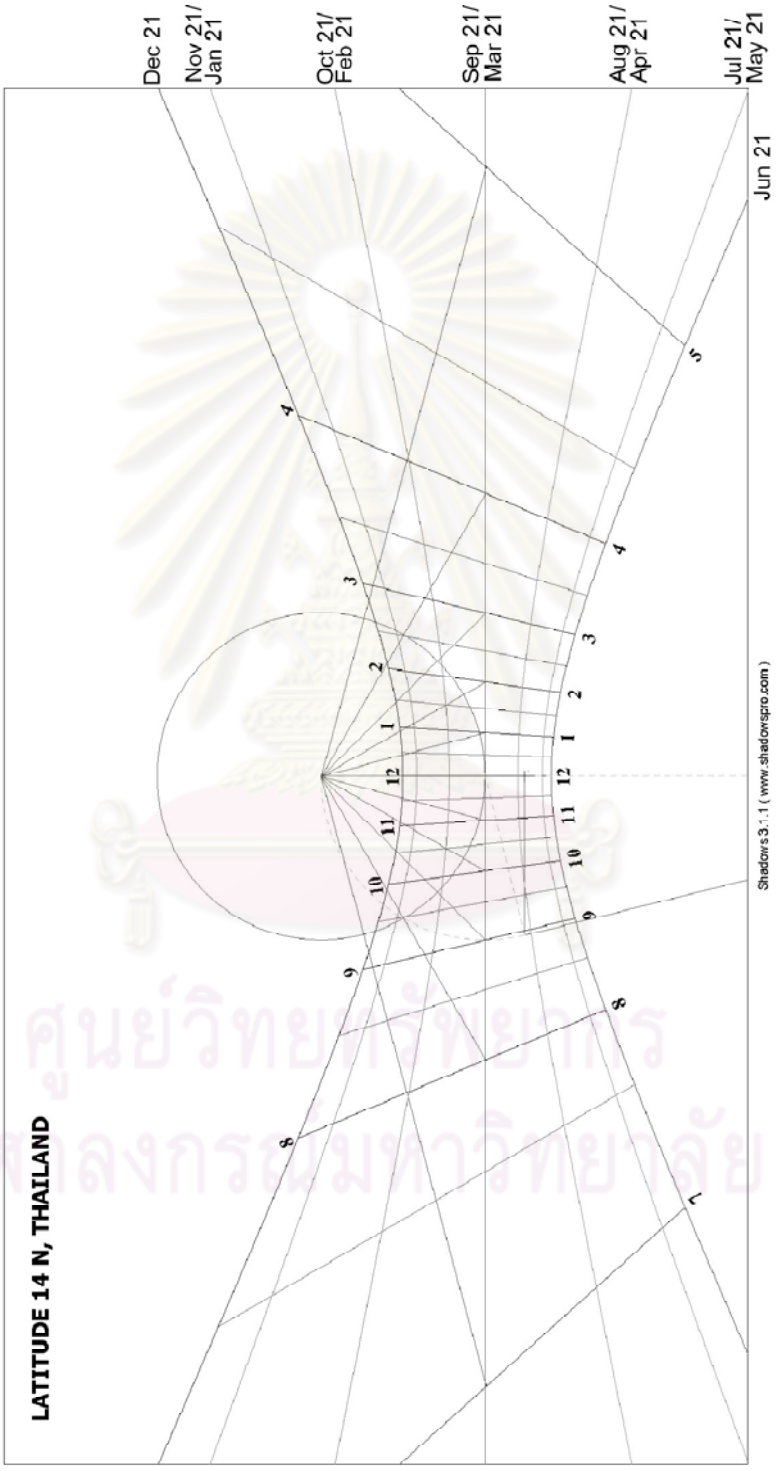
ตารางแสดงตำแหน่งดวงอาทิตย์และมุมที่เกี่ยวข้องสำหรับละติจูดที่ 14 องศาเหนือ

	Solar time	Solar Position		Profile (Shadow Line), Angles																Solar Position		Solar time
Date	Time	ALT	AZ	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	HOR	AZ	ALT	Time
	7	8	63			23	11	9	8	8	10	17	62							82	63	8	7
	8	20	58			59	33	24	21	21	25	35	66							70	58	20	8
	9	32	50			82	54	39	33	32	36	44	64							58	50	32	9
	10	43	38				74	56	46	43	44	49	62	83						48	38	43	10
	11	50	22					73	59	53	50	52	59	72						40	22	50	11
DEC	12	53	0					90	74	62	55	53	55	62	74					37	0	53	12
	13	50	22									52	50	53	59	73				40	22	50	13
	14	43	38									49	44	43	46	56	74			48	38	43	14
	15	32	50									44	36	32	33	39	54	82		58	50	32	15
	16	20	58									35	25	21	21	24	33	59		70	58	20	16
	17	8	63									17	10	8	8	9	11	23		82	63	8	17
	7	9	67			23	12	10	9	10	12	21								81	67	9	7
	8	22	62			55	33	25	22	23	27	40	75							68	62	22	8
	9	34	53			78	53	40	35	34	39	49	70							56	53	34	9
	10	45	42				72	57	48	45	47	53	66							46	42	45	10
JAN	11	53	24				89	73	61	55	53	55	62	75						37	24	53	11
+	12	56	0					90	75	65	58	56	58	65	75					34	0	56	12
NOV	13	53	24									55	53	55	61	73	89			37	24	53	13
	14	45	42									53	47	45	48	57	72			46	42	45	14
	15	34	53									49	39	34	35	40	53	78		56	53	34	15
	16	22	62									40	27	23	22	25	33	55		68	62	22	16
	17	9	67									21	12	10	9	10	12	23		81	67	9	17
	7	12	76		56	22	15	12	12	14	19	40								78	76	12	7
	8	26	71		84	48	33	27	26	28	35	55								65	71	26	8
	9	39	64			69	51	43	39	40	47	61								51	64	39	9
	10	51	52			85	69	58	52	51	55	64	78							39	52	51	10
FEB	11	61	32				85	74	66	62	62	65	72	83						29	32	61	11
+	12	65	0					90	80	72	67	65	67	72	80					25	0	65	12
OCT	13	61	32									65	62	62	66	74	85			29	32	61	13
	14	51	52									64	55	51	52	58	69	85		39	52	51	14
	15	39	64									61	47	40	39	43	51	69		51	64	39	15
	16	26	71									55	35	28	26	27	33	48	84	65	71	26	16
	17	12	76									40	19	14	12	12	15	22	56	79	76	12	17
	7	14	87		39	21	16	14	15	19	31	76								76	87	14	7
	8	29	82		66	43	33	29	30	35	47	76								61	82	29	8
	9	43	77		81	61	50	44	44	48	58	76								47	77	43	9
	10	57	67			76	66	59	57	59	66	76								33	67	57	10
MAR	11	69	49				81	74	71	70	72	76	83							21	49	69	11
+	12	76	0					90	85	80	77	76	77	80	85					14	0	76	12
SEP	13	69	49									76	72	70	71	74	81			21	49	69	13
	14	57	67									76	66	59	57	59	66	76		33	67	57	14
	15	43	77									76	58	48	44	44	50	61	81	47	77	43	15
	16	29	82									76	47	35	30	29	33	43	66	61	82	29	16
	17	14	87									76	31	19	15	14	16	21	39	76	87	14	17
	6	3	101	14	5	4	3	3	4	5	14									87	101	3	6
	7	17	98	66	31	22	18	18	20	27	51									73	98	17	7
	8	32	95	82	53	39	33	32	35	44	64									58	95	32	8
	9	46	92	88	68	55	48	46	49	57	72									44	92	46	9
	10	61	89		78	69	63	61	63	68	78									29	89	61	10
APR	11	75	83		86	81	77	75	76	78	83									15	83	75	11
+	12	86	0					90	66	65	65	65	65	65	66	90				4	0	86	12
AUG	13	75	83										83	78	76	75	77	81	86	15	83	75	13
	14	61	89										78	68	63	61	63	69	78	29	89	61	14
	15	46	92	88									72	57	49	46	48	55	68	44	92	46	15
	16	32	95	82									64	44	35	32	33	39	53	58	95	32	16
	17	17	98	66									51	27	20	18	18	22	31	73	98	17	17
	18	3	101	14									14	5	4	3	3	4	5	87	101	3	18
	6	5	109	14	7	5	5	5	6	11	56									86	109	5	6
	7	19	107	49	28	21	19	20	24	36	73									72	107	19	7
	8	33	105	68	47	36	33	34	39	52	79									58	105	33	8
	9	47	104	77	61	51	47	48	53	64	83									44	104	47	9
	10	61	106	81	71	64	61	62	67	75										30	106	61	10
MAY	11	74	114	83	78	76	74	76	80	85										16	114	74	11
+	12	84	180	84	84	86	87	89								89	87	86	84	6	180	84	12
JUL	13	74	114	83										85	80	76	74	76	78	16	114	74	13
	14	61	106	81										75	67	62	61	64	71	30	106	61	14
	15	47	104	77									83	64	53	48	47	51	61	44	104	47	15
	16	33	105	68									79	52	39	34	33	36	47	58	105	33	16
	17	19	107	49									73	36	24	20	19	21	28	72	107	19	17
	18	5	109	14									56	11	6	5	5	5	7	86	109	5	18
	6	5	113	14	8	6	5	6	8	14										85	113	5	6
	7	19	111	45	27	21	19	20	25	40	84									71	111	19	7
	8	33	109	63	45	36	33	35	41	56										58	109	33	8
	9	46	109	72	58	50	46	49	55	68										44	109	46	9
	10	60	113	77	68	62	60	62	68	78										30	113	60	10
	11	73	125	80	75	74	73	76	81											17	125	73	11
JUN	12	81	180	81	81	84	86	90								90	86	84	81	9	180	81	12
	13	73	125	80											81	76	73	74	75	17	125	73	13
	14	60	113	77										78	68	62	60	62	68	30	113	60	14
	15	46	109	72										68	55	49	46	50	58	44	109	46	15
	16	33	109	63										56	41	35	33	36	45	58	109	33	16
	17	19	111	45									84	40	25	20	19	21	27	71	111	19	17
	18	5	113	14										14	8	6	5	6	8	85	113	5	18

ที่มา : เทคนิคการออกแบบบ้านประหยัดพลังงาน เพื่อชีวิตที่ดีกว่า, 240

ภาคผนวก ค

นาฬิกาแดด (sundial diagram) ที่ละติจูด 14 องศาเหนือ



ที่มา : Software Shadows 3.1.1, www.shadowspro.com

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ง

ตารางแสดงระดับความส่องสว่างท้องฟ้าในระหว่างทำการทดลอง

ระดับความส่องสว่างของท้องฟ้า ขณะทำการวัดแสงที่ระนาบพื้น (ลักซ์)														
วันและเวลา		ชุดการทดลอง												
		base case	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
21 มิถุนายน	9:00	41800	70400	28600	60200	42800	40800	67000	66200	65500	50300	31600	67600	63300
	10:00	48500	77600	28700	71200	48900	52300	75200	78300	62300	54900	33400	65700	73600
	11:00	51900	57800	81000	76700	50100	72000	76200	84400	75600	59200	59500	76700	80100
	12:00	53200	76900	78800	73300	73600	70600	75600	84900	82600	53300	48300	84100	81000
21 กันยายน	9:00	45700	64900	27600	56400	38100	54700	56900	59100	60700	48100	28900	67300	41600
	10:00	68900	76400	29900	68000	37300	65400	67600	73700	66300	48500	30900	78100	70400
	11:00	75400	84500	82500	74200	47200	64400	73200	81400	58800	45100	78600	83200	77800
	12:00	69100	84100	57500	52900	77000	73000	71300	83300	58300	54800	57500	84000	78900
21 ธันวาคม	9:00	35000	41200	21400	42500	35400	40100	35000	46000	41600	38400	21500	41500	41700
	10:00	45200	50800	26100	53300	38400	53800	37900	58800	48400	46200	23200	52700	51100
	11:00	54400	53700	55100	59600	33300	58600	35900	66600	56800	47200	22200	59200	53800
	12:00	50500	57100	56600	61000	42000	61600	37600	70400	51900	50200	34100	60400	54000
ระดับความส่องสว่างของท้องฟ้า ขณะทำการวัดแสงที่ระนาบผนังทิศเหนือ (ลักซ์)														
วันและเวลา		ชุดการทดลอง												
		base case	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
21 มิถุนายน	9:00	44900	61600	70800	53900	49000	45300	61600	64200	69800	35100	41300	73400	63100
	10:00	61400	68000	64400	56800	50600	55100	69300	73400	82000	38500	52400	84300	74600
	11:00	56000	77200	85400	62100	60900	76600	74700	59800	87600	37000	60100	89200	82300
	12:00	75000	78500	79400	66200	71300	55800	74900	78700	87800	51400	60900	89400	80700
21 กันยายน	9:00	22200	55900	54400	51200	44500	37500	55700	60900	63700	35600	50400	65900	60100
	10:00	58200	69700	73600	58600	43300	51000	66900	71900	72600	39900	57900	76600	69500
	11:00	13710	78200	83000	60800	45000	61500	74900	67600	67200	46500	58700	82000	65900
	12:00	71800	79700	81100	63700	51900	36800	76400	47700	66200	51700	61300	81400	77600
21 ธันวาคม	9:00	38100	32900	37100	41800	37400	32300	41200	47800	45200	30200	35100	43400	41900
	10:00	22700	39600	45500	50700	35400	40100	47600	47100	53100	34100	46400	54200	51700
	11:00	52300	33500	50800	54000	50100	43600	47200	62500	54600	37000	53900	59000	56400
	12:00	44100	41100	50800	53300	45700	42800	47800	68300	61100	44300	55200	59300	60400

หมายเหตุ

วันและเวลาที่ระบุในตาราง หมายถึง วันและเวลาที่จำลองด้วยเครื่อง Heliodon เพื่อทำการทดสอบประสิทธิภาพของแสงในแต่ละชุดการทดลอง ดังนั้นระดับความส่องสว่างของท้องฟ้าที่แสดงในตารางคือระดับความส่องสว่างของท้องฟ้าในวันและเวลาที่ทำการทดลอง โดยอยู่ในช่วงเวลา 9.00 น.-15.00 น.ของวันที่ 27 มกราคม ถึงวันที่ 18 กุมภาพันธ์ ซึ่งมีค่าความส่องสว่างเฉลี่ยเท่ากับ 58,198.74 ลักซ์

ภาคผนวก ง (ต่อ)

ระดับความส่องสว่างของท้องฟ้า ขณะทำการวัดแสงที่ระนาบผนังทิศใต้ (ลักซ์)														
วันและเวลา		ชุดการทดลอง												
		base case	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
21 มิถุนายน	9:00	46900	62900	61700	54200	53500	48500	59400	61400	60700	39100	56900	46700	63700
	10:00	63100	73900	69300	55900	58500	56200	69000	65600	76900	42500	47300	71800	76800
	11:00	60300	80400	79200	62800	59700	83500	73900	78800	85400	45800	45900	78600	83900
	12:00	65300	78900	83200	72700	68300	85800	78400	83400	87500	57500	57600	82500	85300
21 กันยายน	9:00	39900	59900	61400	52000	53200	49400	58400	53700	64800	34700	45000	65000	60700
	10:00	63200	68000	71100	58200	62000	58500	70500	67200	76300	39700	44700	48000	67100
	11:00	61600	76600	80800	50100	65700	62100	79300	53600	81700	39600	48000	76200	67300
	12:00	71000	68800	85000	57200	64400	82000	80500	82700	85900	59000	53900	73300	77400
21 ธันวาคม	9:00	31900	36500	39300	46700	43200	39100	40200	47700	47900	31200	38000	43900	46000
	10:00	50900	42000	49400	54300	47100	49500	38900	58400	58700	34800	44900	54800	52300
	11:00	52300	43800	55100	53000	56600	53700	40800	62500	62600	33900	98800	63200	62200
	12:00	58600	45800	55200	57800	43200	54200	42100	47300	66000	32200	50000	69400	65900

หมายเหตุ

วันและเวลาที่ระบุในตาราง หมายถึง วันและเวลาที่จำลองด้วยเครื่อง Heliodon เพื่อทำการทดสอบประสิทธิภาพของแสงในแต่ละชุดการทดลอง ดังนั้นระดับความส่องสว่างของท้องฟ้าที่แสดงในตารางคือระดับความส่องสว่างของท้องฟ้าในวันและเวลาที่ทำการทดลอง โดยอยู่ในช่วงเวลา 9.00 น.-15.00 น.ของวันที่ 27 มกราคม ถึงวันที่ 18 กุมภาพันธ์ ซึ่งมีค่าความส่องสว่างเฉลี่ยเท่ากับ 58,198.74 ลักซ์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาว ชนิดา ประชาศิลป์ชัย เกิดเมื่อวันที่ 29 กรกฎาคม พ.ศ.2516 ที่จังหวัดกรุงเทพฯ เข้ารับการศึกษาจนถึงระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่โรงเรียนราชินี และเข้ารับการศึกษาต่อในระดับอุดมศึกษา จนสำเร็จการศึกษาหลักสูตรสถาปัตยกรรมศาสตรบัณฑิต มหาวิทยาลัยศิลปากร ในปีการศึกษา 2539 ปัจจุบันประกอบวิชาชีพสถาปนิกอิสระ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย