การพัฒนาโคมไฟประหยัดพลังงานซึ่งใช้เทคนิคการให้แสงเฉพาะที่
เพื่อเสริมการให้แสงในบริเวณทั่วไปสำหรับอาคารสำนักงาน

นางสาว ภคพร เรืองศรี

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสถาปัตยกรรม ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2552
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

THE DEVELOPMENT OF ENERGY-EFFICIENT TASK-AMBIENT LUMINAIRE FOR OFFICE LIGHTING

Miss Phakhaporn Ruangsri

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	การพัฒนาโคมไฟประหยัดพลังงานซึ่งใช้เทคนิคการให้แสงเฉพาะที่เพื่อเสริมการให้แสงในบริเวณทั่วไปสำหรับอาคารสำนักงาน
โดย	นางสาว ภคพร เรืองศรี
สาขาวิชา	สถาปัตยกรรม
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	อาจารย์ ดร. วรภัทร์ อิงคโรจน์ฤทธิ์

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

....คณบดีคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร. บัณฑิต จุลาสัย)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ พรรณชลัท สุริโยธิน)

....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(อาจารย์ ดร. วรภัทร์ อิงคโรจน์ฤทธิ์)

....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อรรจน์ เศรษฐบุตร)

....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(อาจารย์ ดร. จรรยาพร จุลตามระ)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภคพร เรืองศรี : การพัฒนาโคมไฟประหยัดพลังงานซึ่งใช้เทคนิคการให้แสงเฉพาะที่เพื่อเสริมการให้แสงในบริเวณทั่วไปสำหรับอาคารสำนักงาน. (THE DEVELOPMENT OF ENERGY-EFFICIENT TASK-AMBIENT LUMINAIRE FOR OFFICE LIGHTING) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : อ.ดร.วรภัทร์ อิงคโรจน์ฤทธิ์, 201 หน้า.

งานวิจัยชิ้นนี้เป็นการวิจัยเชิงจำลองสถานการณ์ร่วมกับการวิจัยเชิงทดลอง มีจุดประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนาต้นแบบของโคมไฟประหยัดพลังงานซึ่งใช้เทคนิคการให้แสงเฉพาะที่เพื่อเสริมการให้แสงในบริเวณทั่วไป สำหรับอาคารสำนักงาน การออกแบบขั้นต้นได้ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ DIALux 4.6 เป็นเครื่องมือ โดยในขั้นแรกได้จำลองห้องทำงานเดี่ยว ภายในมีโต๊ะทำงานพร้อมผนังกั้น จำนวน 1 ชุด ที่ใช้ติดตั้งโคมไฟจำลองซึ่งมีระยะห่างทางตั้งที่ติดตั้ง 0.50–1.00 ม. และระยะห่างทางนอนที่ติดตั้ง 0.05–0.30 ม. เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพแสงสว่างของหลอดฟลูออเรสเซนต์ ในทิศทางของการติดตั้ง 3 รูปแบบ คือ แสงส่องขึ้น, แสงส่องลง และแสงส่องขึ้น–ส่องลง ผลการทดสอบพบว่าระยะในการติดตั้งโคมไฟที่เหมาะสมนั้น มีค่าระยะห่างทางตั้งที่ 0.50–0.70 เมตร และระยะห่างทางนอนที่ 0.30 ม. เมื่อใช้หลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ T5 24 W HO ทิศทางแสงส่องขึ้น–ส่องลง ซึ่งให้ค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย 553–795 ลักซ์ ในขั้นที่สองได้จำลองห้องทำงานรวม ภายในมีโต๊ะทำงานพร้อมผนังกั้น จำนวน 8 ชุด เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพพลังงานระหว่างเทคนิคการให้แสงเฉพาะที่เพื่อเสริมการให้แสงในบริเวณทั่วไปและเทคนิคการให้แสงสว่างในพื้นที่ใช้งานในลักษณะทั่วไป ผลการทดสอบพบว่า ห้องทำงานรวมที่ใช้เทคนิคการให้แสงเฉพาะที่เพื่อเสริมการให้แสงในบริเวณทั่วไปจึง มีค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างภายใน 7.11 วัตต์/ม^2 ซึ่งน้อยกว่าอีกเทคนิค 46.7% และในส่วนการสร้างโคมไฟเท่าขนาดจริงเพื่อใช้ทดสอบประสิทธิภาพการให้แสงสว่างในขั้นต้น ได้ทำการสร้างโคมไฟเท่าขนาดจริงรวมทั้งตัวกระจายแสงอย่างง่ายจากแผ่นอลูมิเนียมที่มีค่าการสะท้อนแสง 87% ผลการทดสอบพบว่า การเพิ่มตัวกระจายแสงเข้ามาในชุดโคมไฟ จะทำให้ค่าการส่องสว่างมีค่าเพิ่มขึ้น 57.74% แต่อาจจะทำให้ค่าความสม่ำเสมอของปริมาณแสงสว่างแบบเฉลี่ยมีค่าลดลง 34.37%

การออกแบบพัฒนาโคมไฟเพื่อนำไปสร้างจริงเพื่อใช้ทดสอบประสิทธิภาพการให้แสงสว่าง ได้ยึดเกณฑ์จากขั้นตอนการออกแบบโคมไฟขั้นต้น โดยในการติดตั้งสามารถปรับระยะห่างทางตั้งและระยะห่างทางนอนได้ ±0.10 ม. การให้แสงสว่างแบ่งออกเป็น 2 ชุด ที่แยกการควบคุมเปิด–ปิดและปรับหรี่เป็นอิสระจากกัน ได้แก่ ชุดที่ 1 คือ โคมไฟสำหรับการให้แสงสว่างชนิดแสงส่องขึ้น ได้ใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ T5 14 W HE จำนวน 2 หลอด รวมทั้งมีตัวกระจายแสงในลักษณะสมมาตร เพื่อการให้แสงสว่างในบริเวณทั่วไป และชุดที่ 2 คือ โคมไฟสำหรับการการให้แสงสว่างชนิดแสงส่องลงได้ใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ T5 24W HO จำนวน 1 หลอด รวมทั้งมีตัวกระจายแสงในลักษณะอสมมาตร เพื่อการให้แสงสว่างเฉพาะบริเวณพื้นที่ทำงานบนโต๊ะ ผลการทดสอบพบว่า เมื่อพิจารณาที่ระนาบงานในแนวนอนบนโต๊ะ การเปิดหลอดฟลูออเรสเซนต์ทั้ง 3 หลอด โดยไม่ปรับหรี่ ได้ค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย 739.76 ลักซ์ สภาวะที่ 1 เมื่อปรับหรี่หลอดไฟส่องลง T5 24 วัตต์ จาก 0% เป็น 50% ได้ค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย 323.43 ลักซ์ ลดลงจากปกติ 56.28% สภาวะที่ 2 เมื่อปรับหรี่หลอดไฟส่องขึ้น T5 14 วัตต์ ทั้ง 2 หลอด จาก 0% เป็น 50% ได้ค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย 672.66 ลักซ์ ลดลงจากปกติ 9% สภาวะที่ 3 เมื่อเปิดหลอดไฟส่องลง T5 24 W HO เพียง 1 หลอด ได้ค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย 640.99 ลักซ์ ลดลงจากปกติ 13.35% สภาวะที่ 4 เมื่อเปิดหลอดไฟส่องขึ้น T5 14 W HE เพียง 2 หลอด ได้ค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย 57.10 ลักซ์ ลดลงจากปกติ 92.28%

ภาควิชา สถาปัตยกรรมศาสตร์ ลายมือชื่อนิสิต..

สาขาวิชา สถาปัตยกรรม ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก..

ปีการศึกษา 2552

5074140825 : MAJOR ARCHITECTURE
KEYWORDS: ENERGY-EFFICIENT / TASK-AMBIENT LUMINAIRE / OFFICE LIGHTING

PHAKHAPORN RUANGSRI : THE DEVELOPMENT OF ENERGY-EFFICIENT TASK-AMBIENT LUMINAIRE FOR OFFICE LIGHTING. THESIS ADVISOR : VORAPAT INKAROJRIT, Ph. D., 201 pp.

The objective of this research is to design and develop a prototype of task–ambient luminaire for office lighting. The preliminary design used DIALux 4.6 to simulate a small office that had 1 desk with panel, with the installed luminaire's having a vertical height of 0.50–1.00 m., and horizontal length of 0.05–0.3 m. In order to compare lighting performance, three modes of operation – up lighting, down lighting and up–down lighting were tested by attaching the luminaires to the panel. The result showed that the appropriate installation was 0.5–0.7 m. for vertical height and 0.3 m. for horizontal length. Using T5 24W HO lamps, the average luminance of the up–down lighting was 553–795 lux. In the second phase of design, an open–plan office with 8 desks was used to compare a task–ambient lighting technique and a uniform lighting technique. The result showed that using task–ambient lighting provided a lighting power density (LPD) of 7.11 watt/m^2, 46% less than uniform lighting. The full–scale mock–up design was a luminaire with a reflector that had a reflectance of 87%. The result showed the luminaire with reflector had 57.74% more luminence, but average uniformity decreased by 34.37%

The final prototype design used the criteria from the earlier design phase by using a luminaire installation that could be adjusted ±0.10 m. The lighting method was separated into two systems of on–off and dimming. System no.1 was an uplight that used two lamps of T5 14 W HE, and included a symmetry reflector for ambient lighting. System no. 2 was a downlight using a single T5 24 W HO lamp which included an asymmetry reflector for task lighting. The result showed that when considered on a horizontal work plane, using three lamps without dimming provided a luminance of 739.76 lux. At condition no. 1, when a T5 24 W HO lamp was dimmed to 50%, the luminance was 323.43 lux, decreased from base by 56.28%. At condition no. 2, when two lamps of T5 14 W HE were dimmed to 50%, luminance was 672.66 lux, decreased from base by 9%. At condition no. 3, when only one T5 14 W HE lamp was used and dimmed by 50%, luminance was recorded at 640.99 lux, decreased from base by 13.35%. Finally, for condition no. 4, using two T5 14 W HE lamps, luminance was 57.10 lux, decreased from base by 92.28%

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Department Architecture Student's Signature.......................................
Field of Study Architecture Advisor's Signature.......................................
Academic Year 2009

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีด้วยความอนุเคราะห์เป็นอย่างยิ่งของ ดร.วรภัทร์ อิงคโรจน์ฤทธิ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้สั่งสอนให้วิชาความรู้ตั้งแต่เริ่มต้นเข้าศึกษาจนกระทั่งวิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จ รวมทั้งให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัยตลอดระยะเวลาที่ผ่านมา และที่สำคัญที่สุด วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยความอนุเคราะห์ทางด้านทุนสนับสนุนในการทำวิจัย คือ ทุนงบประมาณเงินรายได้คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ประจำปีงบประมาณ 2552 และทุนอุดหนุนการศึกษาในระดับบัณฑิตศึกษา ประจำปีงบประมาณ 2552 จากสถาบันวิจัยพลังงาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ขอขอบพระคุณ ศ. ดร.ประโมทย์ อุณห์ไวทยะ และคุณยอดศักดิ์ อุณห์ไวทยะ จากศูนย์เชี่ยวชาญพิเศษเฉพาะด้านเทคโนโลยีไฟฟ้ากำลัง คณะวิศวะกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้ให้คำแนะนำทางด้านการออกแบบระบบแสงสว่าง และโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการจำลองสภาพแสงสว่างภายในอาคาร DIALux 4.6 เพื่อใช้ในการทำวิจัย

ขอขอบพระคุณ ผศ. พิสุทธิ์ จันทร์ชัยชนะกุล จากภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ที่ได้ให้คำแนะนำทางด้านการต่อวงจรไฟฟ้าแสงสว่างเพื่อใช้ในการทำวิจัย และให้ความอนุเคราะห์ทางด้านสถานที่เพื่อใช้ในการทดสอบประสิทธิภาพแสงสว่างของโคมไฟ

ขอขอบพระคุณ คุณอรลักษณ์ บริมาสพร ผู้จัดการฝ่ายวิจัยและพัฒนา / หัวหน้าห้องปฏิบัติการทดสอบ และ คุณธนานนท์ บูรณะสิทธิชัย ผู้จัดการอาวุโสฝ่ายผลิตภัณฑ์ กลุ่มอุปกรณ์ไฟฟ้า จาก บริษัท แอล แอนด์ อี แมนูแฟคเจอริ่ง จำกัด ที่ได้ให้คำแนะนำทางด้านข้อมูลผลิตภัณฑ์อุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่างเพื่อใช้ในการทำวิจัย

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณคุณพ่อคุณแม่ ผศ. สำราญ – ผศ. เจือจันทน์ เรืองศรี, พี่สาวทั้งสองคน ดร. ทพญ. สุพรรณิการ์ เสริมสวัสดิ์ศรี และ พญ. รับขวัญ กุลเวชกิจ ที่ได้ให้การสนับสนุนด้านเงินทุนที่ใช้ในการศึกษาและงานวิจัย รวมทั้งให้ความรักและกำลังใจในการศึกษาและการทำวิจัยให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ขอบคุณเพื่อนพี่และน้องทุกคนที่คอยให้ความช่วยเหลือสนับสนุน, ให้คำแนะนำและตักเตือน รวมทั้งให้กำลังใจเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา รวมทั้งขอขอบคุณผู้ช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกรวมทั้งผู้เกี่ยวข้องทุกท่าน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

บทคัดย่อภาษาไทย........ ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ........ จ
กิตติกรรมประกาศ........ ฉ
สารบัญ........ ช
สารบัญตาราง........ ฑ
สารบัญภาพ........ ต
สารบัญแผนภูมิ........ ธ

บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา........ 1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย........ 2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย........ 2
1.4 คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย........ 3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ........ 4
1.6 วิธีดำเนินการวิจัย........ 5

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง........ 6
2.1 เกณฑ์, มาตรฐานและข้อกำหนดในการออกแบบระบบแสงสว่าง........ 7
2.1.1 หน่วยงานที่รับผิดชอบด้านเกณฑ์, มาตรฐานและข้อกำหนด........ 7
2.1.2 วิธีการเลือกใช้ค่าการส่องสว่างโดย IESNA........ 7
2.1.3 ประเภทของค่าการส่องสว่างและค่าการส่องสว่างที่แนะนำโดย IESNA........ 8
2.1.4 เกณฑ์, มาตรฐานและข้อกำหนดในการออกแบบระบบแสงสว่างสำหรับอาคารสำนักงาน........ 11
2.2 ธรรมชาติของการมองเห็นของมนุษย์........ 14
2.2.1 ขอบเขตในการมองเห็นของดวงตา........ 14
2.2.2 ปัจจัยที่ช่วยในการมองเห็น........ 16
2.2.2.1 ขนาดของวัตถุที่มองเห็น (Size of Visual Object or View – Angle)........ 16
2.2.2.2 สว่างจ้าและความสว่าง (Luminous Intensity)........ 16
2.2.2.3 ความเปรียบต่าง (Contrast)........ 17
2.2.2.4 เวลา (Time of Viewing)........ 18

2.2.3 การมองเห็นที่เกี่ยวเนื่องกับการใช้งานภายในอาคารสำนักงาน.......................... 18
2.2.3.1 การติดตั้งหน้าจอคอมพิวเตอร์.. 18
2.2.3.2 ระยะในการนั่งของผู้ใช้งานภายในอาคารสำนักงาน............................ 19
2.3 คุณสมบัติของแสง, พฤติกรรมของแสง และแหล่งกำเนิดแสง............................ 20
2.3.1 คุณสมบัติของแสง.. 20
2.3.2 พฤติกรรมของแสง.. 20
2.3.2.1 การดูดกลืน (Absorption).. 21
2.3.2.2 การสะท้อน (Reflection)... 21
2.3.2.3 การส่องผ่าน (Transmission) 23
2.3.3 แหล่งกำเนิดแสง.. 23
2.3.3.1 แหล่งกำเนิดแสงประดิษฐ์.. 24
2.3.3.1.1 หลอดฟลูออเรสเซนต์.. 24
2.3.3.1.2 สีของหลอดฟลูออเรสเซนต์... 24
2.3.3.1.3 ระบบและวงจรไฟฟ้าของหลอดฟลูออเรสเซนต์............................ 25
2.3.3.1.4 คุณสมบัติของหลอดฟลูออเรสเซนต์ T5.................................. 25
2.4 หลักการเบื้องต้นสำหรับการออกแบบระบบแสงสว่างสำหรับการใช้งานภายในอาคารสำนักงาน 30
2.4.1 พื้นที่เคาทเตอร์ประชาสัมพันธ์และต้อนรับ (Reception Room)............................ 30
2.4.2 พื้นที่ห้องทำงานส่วนตัวขนาดเล็ก (Private Office)...................................... 32
2.4.3 พื้นที่ห้องทำงานส่วนตัวขนาดใหญ่ (Large Executive Office) 33
2.4.4 พื้นที่ห้องประชุม (Conference Room) 35
2.4.5 พื้นที่ห้องทำงานรวม (Open Office) 37
2.5 เทคนิคการให้แสงสว่าง... 39
2.5.1 การให้แสงสว่างที่เกี่ยวเนื่องกับอารมณ์ (Lighting Design Feelings)....................... 39
2.5.1.1 ความสงบส่วนตัว (Privacy).. 39
2.5.1.2 ความผ่อนคลาย (Relaxation)... 40
2.5.1.3 ความชัดเจนในการมองเห็น (Visual Clarity)................................. 40
2.5.1.4 ความกว้างขวางโอ่โถง (Spaciousness)..................................... 41
2.5.2 ประเภทของการกระจายแสงสว่าง (Generic Types and Distributions)................... 41
2.5.2.1 การกระจายแสงสว่างในลักษณะทางอ้อม (Indirect)............................ 42
2.5.2.2 การกระจายแสงสว่างในลักษณะกึ่งทางอ้อม (Semi – Indirect)................... 42
2.5.2.3 การกระจายแสงสว่างในลักษณะทางตรงและทางอ้อม (Direct – Indirect)... 43
2.5.2.4 การกระจายแสงสว่างในลักษณะกระจาย (Diffuse)............................ 43

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.5.2.5 การกระจายแสงสว่างในลักษณะกึ่งทางตรง (Semi – Direct) ……………..... 44
2.5.2.6 การกระจายแสงสว่างในลักษณะทางตรงและให้ลำแสงกว้างในทิศทางลง (Direct: Wide Beam Spread)…..................…... 44
2.5.2.7 การกระจายแสงสว่างในลักษณะทางตรงที่เน้นในแสงทางลง (Direct: Highly Beam Spread)…..................…... 45
2.5.3 เทคนิคการให้แสงสว่างแบบต่างๆ (Lighting Distribution Strategies)..................... 45
2.5.3.1 เทคนิคการให้แสงสว่างในลักษณะทั่วไป (General or Ambient Lighting)... 45
2.5.3.2 เทคนิคการให้แสงสว่างในลักษณะเฉพาะที่ (Local Lighting)...................... 46
2.5.3.3 เทคนิคการให้แสงสว่างในลักษณะส่องเน้นเป็นพิเศษ (Highlighting)........... 46
2.5.3.4 เทคนิคการให้แสงสว่างในลักษณะเฉพาะที่เพื่อเสริมการให้แสงในลักษณะทั่วไป (Task–Ambient Lighting)…..................….. 47
2.5.3.5 เทคนิคการให้แสงสว่างในลักษณะเฉพาะที่เพื่อเสริมการให้แสงในลักษณะทั่วไป (Task–Ambient Lighting) จากบทความ Committee Report: Task and Ambient Lighting Systems Committee…..................….. 48
2.5.3.5.1 คำจำกัดความของ Task–Ambient Lighting (TAL)................ 48
2.5.3.5.2 ค่าการส่องสว่างจาก 8 กรณีศึกษา... 48
2.5.3.5.3 แนวโน้มการใช้เทคนิค Task–Ambient Lighting ภายในอาคารสำนักงาน…..................…... 48
2.5.3.5.4 ลักษณะโคมไฟที่ใช้เทคนิค Task–Ambient Lighting............... 49
2.5.3.5.5 ระบบการให้แสงสว่างของโคมไฟที่ใช้เทคนิค Task–Ambient Lighting…..................….. 49
2.6 โคมไฟที่ใช้เทคนิคการให้แสงเฉพาะที่เพื่อเสริมการให้แสงในบริเวณทั่วไปที่ได้มีการผลิตจริง... 50
2.6.1 โคมไฟจาก TAMBIENT – GREEN IN ANY COLOR™... 50
2.6.2 โคมไฟจาก BERKELEY LAMP II – The Only Lamp Designed by Science.......... 52
2.6.3 โคมไฟจาก LIGHTOLIER - Lighting that Makes a Difference……………........... 53

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย…..................….. 55
3.1 ขั้นตอนการทบทวนและพัฒนาเกณฑ์ในการออกแบบระบบแสงสว่าง................................ 56
3.2 ขั้นตอนการออกแบบพัฒนาโคมไฟประหยัดพลังงานซึ่งใช้เทคนิคการให้แสงเฉพาะที่เพื่อเสริมการให้แสงในบริเวณทั่วไปสำหรับอาคารสำนักงานและทดสอบประสิทธิภาพการให้แสงสว่าง.................. 56
3.2.1 การออกแบบโคมไฟขั้นต้นด้วยการจำลองสภาพการให้แสงสว่างเสมือนจริงด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ (Computer Simulation)... 56

3.2.1.1 การวัดค่าการส่องสว่างในสถานที่จริงเพื่อเปรียบเทียบกับการจำลองสภาพเสมือนจริงของสถานที่จริงในโปรแกรมคอมพิวเตอร์........ 56
3.2.1.1.1 กรณีศึกษาที่ 1........ 57
3.2.1.1.2 กรณีศึกษาที่ 2........ 58
3.2.1.1.3 กรณีศึกษาที่ 3........ 59
3.2.1.1.4 กรณีศึกษาที่ 4........ 60
3.2.1.1.5 กรณีศึกษาที่ 5........ 60
3.2.1.2 การจำลองสภาพเสมือนจริงของโคมไฟที่ใช้เทคนิคการให้แสงเฉพาะที่เพื่อเสริมการให้แสงในบริเวณทั่วไปในโปรแกรมคอมพิวเตอร์........ 61
3.2.1.2.1 การจำลองห้องทำงานเดี่ยวเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพแสงสว่าง (Lighting Performance) ของโคมไฟ........ 66
3.2.1.2.2 การจำลองห้องทำงานรวมเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพพลังงาน (Energy Performance) ของเทคนิคการให้แสงสว่าง........ 69
3.2.1.2.2.1 ห้องทำงานรวมที่ใช้เทคนิคการให้แสงเฉพาะที่เพื่อเสริมการให้แสงในบริเวณทั่วไป (Task-Ambient Lighting)........ 70
3.2.1.2.2.2 ห้องทำงานรวมที่ใช้เทคนิคการให้แสงสว่างในพื้นที่ใช้งานในลักษณะทั่วไป (Uniform Lighting)........ 71
3.2.2 การสร้างโคมไฟเท่าขนาดจริงเพื่อใช้ทดสอบประสิทธิภาพการให้แสงสว่างในขั้นต้น (Full-scale Mock–up)........ 73
3.2.2.1 การทดลองสร้างโคมไฟเท่าขนาดจริง (Full–scale Mock–up)........ 73
3.2.2.2 การทดสอบประสิทธิภาพการให้แสงสว่างจากโคมไฟขนาดเท่าจริง……….. 77
3.2.2.2.1 โคมไฟเท่าขนาดจริงแบบที่ไม่มีตัวกระจายแสง (Full–scale Mock–up without Reflector)........ 78
3.2.2.2.1.1 เฉพาะแสงส่องขึ้น (Up Light)........ 78
3.2.2.2.1.2 เฉพาะแสงส่องลง (Down Light)........ 79
3.2.2.2.1.3 ทั้งแสงส่องขึ้น –ส่องลง (Up–Down Light)........ 79
3.2.2.2.1 โคมไฟเท่าขนาดจริงแบบที่มีตัวกระจายแสง (Full-scale Mock-up with Reflector)........ 80
3.2.2.2.2.1 เฉพาะแสงส่องขึ้น (Up Light)........ 80
3.2.2.2.2.2 เฉพาะแสงส่องลง (Down Light)........ 80
3.2.2.2.2.3 ทั้งแสงส่องขึ้น – ส่องลง (Up–Down Light)........ 81

3.2.3 การออกแบบพัฒนาโคมไฟเพื่อนำไปสร้างจริงเพื่อใช้ทดสอบประสิทธิภาพ การให้แสงสว่าง (Design Development of Final Prototype)........ 81
3.2.3.1 การออกแบบพัฒนาโคมไฟต้นแบบเพื่อนำไปสร้างจริง........ 81
3.2.3.2 การสร้างโคมไฟต้นแบบ (Final Prototype)........ 85
3.2.3.3 การทดสอบประสิทธิภาพการให้แสงสว่างจากโคมไฟขนาดเท่าจริง........ 94
3.2.2.3.1 การเปิด –ปิด (ON–OFF) ของหลอดฟลูออเรสเซนต์ ทั้ง 3 หลอด 95
3.2.2.3.2 การปรับหรี่ 3 ระดับ (DIM 0%–50%–100%) ของหลอดฟลูออเรสเซนต์ ทั้ง 3 หลอด 97

บทที่ 4 ผลการวิจัย........ 105
4.1 การออกแบบโคมไฟขั้นต้นด้วยการจำลองสภาพการให้แสงสว่างเสมือนจริงด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ (Computer Simulation)........ 105
4.1.1 การวัดค่าการส่องสว่างในสถานที่จริงเพื่อเปรียบเทียบกับการจำลองสภาพเสมือนจริงของสถานที่จริงในโปรแกรมคอมพิวเตอร์........ 106
4.1.1.1 กรณีศึกษาที่ 1........ 107
4.1.1.2 กรณีศึกษาที่ 2........ 108
4.1.1.3 กรณีศึกษาที่ 3........ 109
4.1.1.4 กรณีศึกษาที่ 4........ 109
4.1.1.5 กรณีศึกษาที่ 5........ 110
4.1.2 การจำลองสภาพเสมือนจริงของโคมไฟที่ใช้เทคนิคการให้แสงเฉพาะที่เพื่อเสริมการให้แสงในบริเวณทั่วไปในโปรแกรมคอมพิวเตอร์........ 111
4.1.2.1 การจำลองห้องทำงานเดี่ยวเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพแสงสว่าง (Lighting Performance) ของโคมไฟ........ 112
4.1.2.1.1 เฉพาะแสงส่องขึ้น (Up Light)........ 112
4.1.2.1.2 เฉพาะแสงส่องลง (Down Light)........ 114
4.1.2.1.3 ทั้งแสงส่องขึ้น–ส่องลง (Up–Down Light)........ 116
4.1.2.2 การจำลองห้องทำงานรวมเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพพลังงาน (Energy Performance) ของเทคนิคการให้แสงสว่าง........ 118
4.1.2.2.1 ห้องทำงานรวมที่ใช้เทคนิคการให้แสงเฉพาะที่เพื่อเสริมการให้แสงในบริเวณทั่วไป (Task–Ambient Lighting)........ 119
4.1.2.2.2 ห้องทำงานรวมที่ใช้เทคนิคการให้แสงสว่างในพื้นที่ใช้งานในลักษณะทั่วไป (Uniform Lighting)........ 121

4.2 การสร้างโคมไฟเท่าขนาดจริงเพื่อใช้ทดสอบประสิทธิภาพการให้แสงสว่างในขั้นต้น (Full–Scale Mock–Up)........ 123
4.2.1 การทดสอบประสิทธิภาพการให้แสงสว่างจากโคมไฟขนาดเท่าจริง........ 123
4.2.1.1 โคมไฟเท่าขนาดจริงแบบที่ไม่มีตัวกระจายแสง (Full–scale Mock–up without Reflector)........ 124
4.2.1.1.1 เฉพาะแสงส่องขึ้น (Up Light)........ 124
4.2.1.1.2 เฉพาะแสงส่องลง (Down Light)........ 125
4.2.1.1.3 ทั้งแสงส่องขึ้น–ส่องลง (Up–Down Light)........ 126
4.2.1.2 โคมไฟเท่าขนาดจริงแบบที่มีตัวกระจายแสง (Full–scale Mock–up with Reflector)........ 126
4.2.1.2.1 เฉพาะแสงส่องขึ้น (Up Light)........ 126
4.2.1.2.2 เฉพาะแสงส่องลง (Down Light)........ 127
4.2.1.2.3 ทั้งแสงส่องขึ้น–ส่องลง (Up–Down Light)........ 128
4.3 การออกแบบพัฒนาโคมไฟเพื่อนำไปสร้างจริงเพื่อใช้ทดสอบประสิทธิภาพการให้แสงสว่าง (Design Development of Final Prototype)........ 129
4.3.1 การทดสอบประสิทธิภาพการให้แสงสว่างจากโคมไฟต้นแบบ........ 129
4.3.1.1 ประสิทธิภาพแสงสว่างของโคมไฟพิจารณาจากกรณี T5 24W DOWN DIM 0%........ 130
4.3.1.2 ประสิทธิภาพแสงสว่างของโคมไฟพิจารณาจากกรณี T5 24W DOWN DIM 50%........ 136
4.3.1.3 ประสิทธิภาพแสงสว่างของโคมไฟพิจารณาจากกรณี T5 24W DOWN DIM 100%........ 141
4.3.1.4 ประสิทธิภาพแสงสว่างของโคมไฟพิจารณาจากกรณี T5 14W UP........ 145

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย / อภิปรายผล / ข้อเสนอแนะ........ 151
5.1 สรุปผลการวิจัย........ 151
5.2 อภิปรายผล........ 153
5.2.1 การออกแบบโคมไฟขั้นต้นด้วยการจำลองสภาพการให้แสงสว่างเสมือนจริงด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ (Computer Simulation)........ 154
5.2.1.1 การวัดค่าการส่องสว่างในสถานที่จริงเพื่อเปรียบเทียบกับการจำลองสภาพเสมือนจริงของสถานที่จริงในโปรแกรมคอมพิวเตอร์........ 154

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.2.1.1.1 การปรับเทียบเพื่อทดสอบความถูกต้องระหว่างกรณีศึกษาที่ 1 และกรณีศึกษาที่ 2....... 154
5.2.1.2 การจำลองสภาพเสมือนจริงของโคมไฟที่ใช้เทคนิคการให้แสงเฉพาะที่เพื่อเสริมการให้แสงในบริเวณทั่วไปในโปรแกรมคอมพิวเตอร์....... 155
5.2.1.2.1 การจำลองห้องทำงานเดี่ยวเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพแสงสว่าง (Lighting Performance) ของโคมไฟ....... 155
5.2.1.2.1.1 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพแสงสว่างระหว่างการใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ T5 14 W HE และ T5 24 W HO....... 155
5.2.1.2.1.1.1 ผลกระทบของประเภทของหลอดฟลูออเรสเซนต์ต่อประสิทธิภาพแสงสว่าง....... 155
5.2.1.2.1.1.2 ผลกระทบของระยะห่างในการติดตั้งโคมไฟกับผนังกั้นต่อประสิทธิภาพแสงสว่าง....... 156
5.2.1.2.1.1.3 ผลกระทบของรูปแบบของการติดตั้งหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ต่อประสิทธิภาพแสงสว่าง....... 156
5.2.1.2.1.1.4 ผลกระทบของระยะห่างในการติดตั้งโคมไฟกับผนังกั้นต่อค่าความสม่ำเสมอของปริมาณแสงสว่างแบบเฉลี่ย....... 156
5.2.1.2.1.1.5 ระยะในการติดตั้งโคมไฟกับผนังกั้นสำเร็จรูปของโต๊ะทำงานที่เหมาะสม....... 157
5.2.1.2.2 การจำลองห้องทำงานรวมเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพพลังงาน (Energy Performance) ของเทคนิคการให้แสงสว่าง....... 157
5.2.1.2.2.1 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพพลังงานและประสิทธิภาพแสงสว่างระหว่างเทคนิคการให้แสงทั้งสองประเภท....... 157
5.2.1.2.2.1.1 ผลกระทบของเทคนิคการให้แสงสว่างต่อประสิทธิภาพพลังงาน....... 157
5.2.1.2.2.1.2 ผลกระทบของเทคนิคการให้แสงสว่างต่อประสิทธิภาพแสงสว่าง เมื่อพิจารณาที่โต๊ะทำงานทั้ง 8 ชุด....... 158
5.2.1.2.2.1.3 ผลกระทบของเทคนิคการให้แสงสว่างต่อประสิทธิภาพแสงสว่าง เมื่อพิจารณาที่พื้นที่ทางเดิน 3 ทาง....... 159
5.2.2 การสร้างโคมไฟเท่าขนาดจริงเพื่อใช้ทดสอบประสิทธิภาพการให้แสงสว่างในขั้นต้น (Full–Scale Mock–Up)....... 160
5.2.2.1 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพแสงสว่างระหว่างโคมไฟเท่าขนาดจริงแบบที่ไม่มีตัวกระจายแสงและแบบที่มีตัวกระจายแสง....... 160

5.2.3 การออกแบบพัฒนาโคมไฟเพื่อนำไปสร้างจริงเพื่อใช้ทดสอบประสิทธิภาพการให้แสงสว่าง (Design Development of Final Prototype) 160
5.2.3.1 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพแสงสว่างจากการใช้งานเปิด–ปิด (ON–OFF) และ ปรับหรี่ 3 ระดับ (DIM 0%–50%–100%).......... 161
5.2.3.1.1 ผลกระทบของเทคนิคการให้แสงสว่างต่อประสิทธิภาพแสงสว่างเมื่อ พิจารณาที่ระนาบงานในแนวนอนบนโต๊ะ (Horizontal Work Plane).......... 161
5.2.3.1.1.1 การปรับหรี่ T5 24 W HO (DOWN1) จำนวน 1 หลอด จาก 0% เป็น 50%.......... 161
5.2.3.1.1.2 การปรับหรี่ T5 14 W HE (UP1+UP2) จำนวน 2 หลอด จาก 0% เป็น 50%.......... 161
5.2.3.1.1.3 การเปิด T5 24 W HO (DOWN1) เพียงหลอดเดียว 162
5.2.3.1.1.4 การเปิด T5 24 W HO (DOWN1) เพียง 1 หลอด และ การปรับจาก 0% เป็น 50%.......... 162
5.2.3.1.1.5 การเปิด T5 14 W HE (UP1+UP2) เพียง 2 หลอด 162
5.2.3.1.1.6 การเปิด T5 14 W HE (UP1+UP2) เพียง 2 หลอด และ ปรับหรี่จาก 0% เป็น 50%.......... 163
5.2.3.1.2 ผลกระทบของเทคนิคการให้แสงสว่างต่อประสิทธิภาพแสงสว่าง เมื่อ พิจารณาที่ระนาบงานในแนวนอนของห้อง (Horizontal Overall).......... 163
5.2.3.1.2.1 การปรับหรี่ T5 24 W HO (DOWN1) จำนวน 1 หลอด จาก 0% เป็น 50%.......... 163
5.2.3.1.2.2 การปรับหรี่ T5 14 W HE (UP1+UP2) จำนวน 2 หลอด จาก 0% เป็น 50%.......... 163
5.2.3.1.2.3 การเปิด T5 24 W HO (DOWN1) เพียงหลอดเดียว 164
5.2.3.1.2.4 การเปิด T5 24 W HO (DOWN1) เพียง 1 หลอด และ การปรับจาก 0% เป็น 50%.......... 164
5.2.3.1.2.5 การเปิด T5 14 W HE (UP1+UP2) เพียง 2 หลอด 164
5.2.3.1.2.6 การเปิด T5 14 W HE (UP1+UP2) เพียง 2 หลอด และ ปรับหรี่จาก 0% เป็น 50%.......... 165
5.2.3.1.3 ผลกระทบของเทคนิคการให้แสงสว่างต่อประสิทธิภาพแสงสว่าง เมื่อ พิจารณาที่อัตราส่วนความส่องสว่างของระนาบงานในแนวนอนบนโต๊ะต่อระนาบงานในแนวนอนของห้อง 165
5.2.3.1.3.1 การไม่ปรับหรี่ทั้ง 3 หลอด.......... 165

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.2.3.1.3.2 การปรับหรี่เฉพาะ T5 24 W HO (DOWN1) จำนวน 1 หลอด จาก 0% เป็น 50% 166
5.2.3.1.3.3 การปรับหรี่ T5 14 W HE (UP1+UP2) จำนวน 2 หลอด จาก 0% เป็น 50% 166
5.2.3.1.3.4 การเปิด T5 24 W HO (DOWN1) เพียงหลอดเดียว 166
5.2.3.1.3.5 การเปิด T5 14 W HE (UP1+UP2) เพียง 2 หลอด 167
5.3 การนำไปใช้ 167
5.3.1 ข้อดี 167
5.3.1.1 การประหยัดพลังงาน 167
5.3.1.2 การติดตั้งโคมไฟ 167
5.3.1.3 ลักษณะการให้แสงสว่าง 167
5.3.1.4 การแยกระบบ 168
5.3.2 ข้อเสีย / ข้อจำกัด 168
5.3.2.1 การใช้งานภายในห้องทำงานรวม 168
5.3.2.2 การใช้งานภายในห้องทำงานส่วนตัว 168
5.3.2.3 วัสดุภายนอกของโคมไฟ 168
5.4 ข้อเสนอแนะ 169
รายการอ้างอิง 170
บรรณานุกรม 171
ภาคผนวก 175
ภาคผนวก ก 176
ภาคผนวก ข 183
ภาคผนวก ค 194
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 201

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 แสดงตัวอย่างการเลือกปัจจัยถ่วงสำหรับการอ่านลายมือที่เขียนจากดินสอในสมุดการบ้านของนักเรียน.. 8
ตารางที่ 2.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการแสดงการออกแบบที่ยึดอัตวิสัยส่วนตัวของผู้ออกแบบและความต้องการแสงเพื่อการมองเห็นงานของผู้ใช้งานที่ควรคำนึงถึง.................................. 9
ตารางที่ 2.3 แสดงค่าการส่องสว่างที่แนะนำโดย IESNA.. 10
ตารางที่ 2.4 แสดงปัจจัยถ่วงสำหรับค่าการส่องสว่างที่แนะนำโดย IESNA (สำหรับประเภท A – C)..... 11
ตารางที่ 2.5 แสดงปัจจัยถ่วงสำหรับค่าการส่องสว่างที่แนะนำโดย IESNA (สำหรับประเภท D – I)...... 11
ตารางที่ 2.6 แสดงค่าการส่องสว่างของพื้นที่ทั่วไปและพื้นที่ทางเดิน.. 12
ตารางที่ 2.7 แสดงค่าการส่องสว่างของพื้นที่ภายในสำนักงานที่มีกิจกรรมทั่วไป............................ 12
ตารางที่ 2.8 แสดงค่าการส่องสว่างของพื้นที่ภายในสำนักงานที่มีกิจกรรมเฉพาะทาง......................... 13
ตารางที่ 2.9 แสดงค่าความสะท้อนแสง (Reflectance) ที่เหมาะสม.. 14
ตารางที่ 2.10 แสดงความยาวของหลอดฟลูออเรสเซนต์ T12, T8, T5.. 26
ตารางที่ 2.11 แสดงประสิทธิภาพของหลอดฟลูออเรสเซนต์ T8 และ T12 ขนาด 4 ฟุต......................... 27
ตารางที่ 2.12 แสดงประสิทธิภาพของหลอดฟลูออเรสเซนต์ T5 ชนิดธรรมดาและชนิดความเข้มสูง......... 27
ตารางที่ 3.1 แสดงเงื่อนไขในการเปิด – ปิด และปรับหรี่หลอดฟลูออเรสเซนต์ทั้ง 3 ชุด กรณีที่ 1 – กรณีที่ 20.. 103
ตารางที่ 3.2 แสดงเงื่อนไขในการเปิด – ปิด และปรับหรี่หลอดฟลูออเรสเซนต์ทั้ง 3 ชุด กรณีที่ 21 – กรณีที่ 40.. 104
ตารางที่ 4.1 แสดงประสิทธิภาพแสงสว่างของโคมไฟในสถานที่จริงของสำนักงานในกรณีศึกษาที่ 1 ซึ่งวัดค่าการส่องสว่างที่ระนาบแนวนอนที่ระดับโต๊ะทำงานเฉพาะพื้นที่โต๊ะทำงาน (Horizontal Work Plane)... 107
ตารางที่ 4.2 แสดงประสิทธิภาพแสงสว่างของโคมไฟในสถานที่จริงของสำนักงานในกรณีศึกษาที่ 1 ซึ่งวัดค่าการส่องสว่างที่ระนาบแนวนอนที่ระดับโต๊ะทำงานซึ่งวัดที่ทางเดินระหว่างโต๊ะทำงาน (Horizontal Walk Way)... 107
ตารางที่ 4.3 แสดงประสิทธิภาพแสงสว่างของโคมไฟในสถานที่จริงของสำนักงานในกรณีศึกษาที่ 2 ซึ่งวัดค่าการส่องสว่างที่ระนาบแนวนอนที่ระดับโต๊ะทำงานเฉพาะพื้นที่โต๊ะทำงาน (Horizontal Work Plane)... 108
ตารางที่ 4.4 แสดงประสิทธิภาพแสงสว่างของโคมไฟในสถานที่จริงของสำนักงานในกรณีศึกษาที่ 3 ซึ่งวัดค่าการส่องสว่างที่ระนาบแนวนอนที่ระดับโต๊ะทำงานเฉพาะพื้นที่โต๊ะทำงาน (Horizontal Work Plane)... 109

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หน้า

ตารางที่ 4.5 แสดงประสิทธิภาพแสงสว่างของโคมไฟในสถานที่จริงของสำนักงานในกรณีศึกษาที่ 4 ซึ่งวัดค่าการส่องสว่างที่ระนาบแนวนอนที่ระดับโต๊ะทำงานเฉพาะพื้นที่โต๊ะทำงาน (Horizontal Work Plane)........ 110

ตารางที่ 4.6 แสดงประสิทธิภาพแสงสว่างของโคมไฟในสถานที่จริงของสำนักงานในกรณีศึกษาที่ 5 ซึ่งวัดค่าการส่องสว่างที่ระนาบแนวนอนที่ระดับโต๊ะทำงานเฉพาะพื้นที่โต๊ะทำงาน (Horizontal Work Plane)........ 111

ตารางที่ 4.7 แสดงประสิทธิภาพแสงสว่างของโคมไฟเฉพาะแสงส่องขึ้น (VH = 0.50–0.70)........ 113

ตารางที่ 4.8 แสดงประสิทธิภาพแสงสว่างของโคมไฟเฉพาะแสงส่องขึ้น (VH = 0.80–1.00)........ 113

ตารางที่ 4.9 แสดงประสิทธิภาพแสงสว่างของโคมไฟเฉพาะแสงส่องลง (VH = 0.50–0.70)........ 115

ตารางที่ 4.10 แสดงประสิทธิภาพแสงสว่างของโคมไฟเฉพาะแสงส่องลง (VH = 0.80–1.00)........ 115

ตารางที่ 4.11 แสดงประสิทธิภาพแสงสว่างของโคมไฟทั้งแสงส่องขึ้น–ส่องลง (VH = 0.50–0.70)........ 117

ตารางที่ 4.12 แสดงประสิทธิภาพแสงสว่างของโคมไฟทั้งแสงส่องขึ้น–ส่องลง (VH = 0.80–1.00)........ 117

ตารางที่ 4.13 แสดงประสิทธิภาพพลังงานของห้องทำงานรวมที่ใช้เทคนิคการให้แสงเฉพาะที่เพื่อเสริมการให้แสงในบริเวณทั่วไป........ 119

ตารางที่ 4.14 แสดงประสิทธิภาพแสงสว่างของโต๊ะทำงานทั้ง 8 ชุด ของห้องทำงานที่ใช้เทคนิคการให้แสงเฉพาะที่เพื่อเสริมการให้แสงในบริเวณทั่วไป........ 120

ตารางที่ 4.15 แสดงประสิทธิภาพแสงสว่างของพื้นที่ทางเดิน 3 ทาง ของห้องทำงานที่ใช้เทคนิคการให้แสงเฉพาะที่เพื่อเสริมการให้แสงในบริเวณทั่วไป........ 120

ตารางที่ 4.16 แสดงประสิทธิภาพพลังงานของห้องทำงานรวมที่ใช้เทคนิคการให้แสงสว่างในพื้นที่ใช้งานในลักษณะทั่วไป........ 122

ตารางที่ 4.17 แสดงประสิทธิภาพแสงสว่างของโต๊ะทำงานทั้ง 8 ชุด ของห้องทำงานที่ใช้เทคนิคการให้แสงสว่างในพื้นที่ใช้งานในลักษณะทั่วไป........ 122

ตารางที่ 4.18 แสดงประสิทธิภาพแสงสว่างของพื้นที่ทางเดิน 3 ทาง ของห้องทำงานที่ใช้เทคนิคการให้แสงสว่างในพื้นที่ใช้งานในลักษณะทั่วไป........ 122

ตารางที่ 4.19 แสดงค่าการส่องสว่างของโคมไฟเท่าขนาดจริงแบบที่ไม่มีตัวกระจายแสง เฉพาะแสงส่องขึ้น........ 125

ตารางที่ 4.20 แสดงค่าการส่องสว่างของโคมไฟเท่าขนาดจริงแบบที่ไม่มีตัวกระจายแสง เฉพาะแสงส่องลง........ 125

ตารางที่ 4.21 แสดงค่าการส่องสว่างของโคมไฟเท่าขนาดจริงแบบที่ไม่มีตัวกระจายแสง ทั้งแสงส่องขึ้น–ส่องลง........ 126

ตารางที่ 4.22 แสดงค่าการส่องสว่างของโคมไฟเท่าขนาดจริงแบบที่มีตัวกระจายแสง เฉพาะแสงส่องขึ้น........ 127

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หน้า

ตารางที่ 4.23 แสดงค่าการส่องสว่างของโคมไฟเท่าขนาดจริงแบบที่มีตัวกระจายแสง เฉพาะแสงส่องลง.......... 127
ตารางที่ 4.24 แสดงค่าการส่องสว่างของโคมไฟเท่าขนาดจริงแบบที่มีตัวกระจายแสง ทั้งแสงส่องขึ้น–ส่องลง.......... 128
ตารางที่ 4.25 แสดงประสิทธิภาพแสงสว่างของโคมไฟโดยวัดค่าการส่องสว่างที่ระนาบงานในแนวนอนบนโต๊ะ (Horizontal Work Plane) ซึ่งพิจารณาจากกรณี T5 24W DOWN DIM 0% เป็นหลัก.......... 131
ตารางที่ 4.26 แสดงประสิทธิภาพแสงสว่างของโคมไฟโดยวัดค่าการส่องสว่างที่ระนาบงานในแนวนอนของห้อง (Horizontal Overall) ซึ่งพิจารณาจากกรณี T5 24W DOWN DIM 0% เป็นหลัก 132
ตารางที่ 4.27 แสดงประสิทธิภาพแสงสว่างของโคมไฟโดยวัดค่าการส่องสว่างที่ระนาบงานในแนวนอนบนโต๊ะในแนวที่ 1 (Horizontal Work Plane–Z1) ซึ่งพิจารณาจากกรณี T5 24W DOWN DIM 0% เป็นหลัก.......... 133
ตารางที่ 4.28 แสดงประสิทธิภาพแสงสว่างของโคมไฟโดยวัดค่าการส่องสว่างที่ระนาบงานในแนวนอนบนโต๊ะในแนวที่ 2 (Horizontal Work Plane–Z2) ซึ่งพิจารณาจากกรณี T5 24W DOWN DIM 0% เป็นหลัก.......... 134
ตารางที่ 4.29 แสดงประสิทธิภาพแสงสว่างของโคมไฟโดยวัดค่าการส่องสว่างที่ระนาบงานในแนวนอนบนโต๊ะในแนวที่ 3 (Horizontal Work Plane–Z3) ซึ่งพิจารณาจากกรณี T5 24W DOWN DIM 0% เป็นหลัก.......... 135
ตารางที่ 4.30 แสดงประสิทธิภาพแสงสว่างของโคมไฟโดยวัดค่าการส่องสว่างที่ระนาบงานในแนวนอนบนโต๊ะ (Horizontal Work Plane) ซึ่งพิจารณาจากกรณี T5 24W DOWN DIM 50% เป็นหลัก.......... 136
ตารางที่ 4.31 แสดงประสิทธิภาพแสงสว่างของโคมไฟโดยวัดค่าการส่องสว่างที่ระนาบงานในแนวนอนของห้อง (Horizontal Overall) ซึ่งพิจารณาจากกรณี T5 24W DOWN DIM 50% เป็นหลัก 137
ตารางที่ 4.32 แสดงประสิทธิภาพแสงสว่างของโคมไฟโดยวัดค่าการส่องสว่างที่ระนาบงานในแนวนอนบนโต๊ะในแนวที่ 1 (Horizontal Work Plane–Z1) ซึ่งพิจารณาจากกรณี T5 24W DOWN DIM 50% เป็นหลัก.......... 138
ตารางที่ 4.33 แสดงประสิทธิภาพแสงสว่างของโคมไฟโดยวัดค่าการส่องสว่างที่ระนาบงานในแนวนอนบนโต๊ะในแนวที่ 2 (Horizontal Work Plane–Z2) ซึ่งพิจารณาจากกรณี T5 24W DOWN DIM 50% เป็นหลัก.......... 139
ตารางที่ 4.34 แสดงประสิทธิภาพแสงสว่างของโคมไฟโดยวัดค่าการส่องสว่างที่ระนาบงานในแนวนอนบนโต๊ะในแนวที่ 3 (Horizontal Work Plane–Z3) ซึ่งพิจารณาจากกรณี T5 24W DOWN DIM 50% เป็นหลัก.......... 140

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หน้า

ตารางที่ 4.35 แสดงประสิทธิภาพแสงสว่างของโคมไฟโดยวัดค่าการส่องสว่างที่ระนาบงานในแนวนอนบนโต๊ะ (Horizontal Work Plane) ซึ่งพิจารณาจากกรณี T5 24W DOWN DIM 100% เป็นหลัก........ 141

ตารางที่ 4.36 แสดงประสิทธิภาพแสงสว่างของโคมไฟโดยวัดค่าการส่องสว่างที่ระนาบงานในแนวนอนของห้อง (Horizontal Overall) ซึ่งพิจารณาจากกรณี T5 24W DOWN DIM 100% เป็นหลัก........ 142

ตารางที่ 4.37 แสดงประสิทธิภาพแสงสว่างของโคมไฟโดยวัดค่าการส่องสว่างที่ระนาบงานในแนวนอนบนโต๊ะในแนวที่ 1 (Horizontal Work Plane–Z1) ซึ่งพิจารณาจากกรณี T5 24W DOWN DIM 100% เป็นหลัก........ 143

ตารางที่ 4.38 แสดงประสิทธิภาพแสงสว่างของโคมไฟโดยวัดค่าการส่องสว่างที่ระนาบงานในแนวนอนบนโต๊ะในแนวที่ 2 (Horizontal Work Plane–Z2) ซึ่งพิจารณาจากกรณี T5 24W DOWN DIM 100% เป็นหลัก........ 144

ตารางที่ 4.39 แสดงประสิทธิภาพแสงสว่างของโคมไฟโดยวัดค่าการส่องสว่างที่ระนาบงานในแนวนอนบนโต๊ะในแนวที่ 3 (Horizontal Work Plane–Z3) ซึ่งพิจารณาจากกรณี T5 24W DOWN DIM 100% เป็นหลัก........ 145

ตารางที่ 4.40 แสดงประสิทธิภาพแสงสว่างของโคมไฟโดยวัดค่าการส่องสว่างที่ระนาบงานในแนวนอนบนโต๊ะ (Horizontal Work Plane) ซึ่งพิจารณาจากกรณี T5 14W UP เพียงอย่างเดียว.... 146

ตารางที่ 4.41 แสดงประสิทธิภาพแสงสว่างของโคมไฟโดยวัดค่าการส่องสว่างที่ระนาบงานในแนวนอนของห้อง (Horizontal Overall) ซึ่งพิจารณาจากกรณี T5 14W UP เพียงอย่างเดียว........ 147

ตารางที่ 4.42 แสดงประสิทธิภาพแสงสว่างของโคมไฟโดยวัดค่าการส่องสว่างที่ระนาบงานในแนวนอนบนโต๊ะในแนวที่ 1 (Horizontal Work Plane–Z1) ซึ่งพิจารณาจากกรณี T5 14W UP เพียงอย่างเดียว........ 148

ตารางที่ 4.43 แสดงประสิทธิภาพแสงสว่างของโคมไฟโดยวัดค่าการส่องสว่างที่ระนาบงานในแนวนอนบนโต๊ะในแนวที่ 2 (Horizontal Work Plane–Z2) ซึ่งพิจารณาจากกรณี T5 14W UP เพียงอย่างเดียว........ 149

ตารางที่ 4.44 แสดงประสิทธิภาพแสงสว่างของโคมไฟโดยวัดค่าการส่องสว่างที่ระนาบงานในแนวนอนบนโต๊ะในแนวที่ 3 (Horizontal Work Plane–Z3) ซึ่งพิจารณาจากกรณี T5 14W UP เพียงอย่างเดียว........ 150

สารบัญภาพ

		หน้า
ภาพที่ 2.1	แสดงขอบเขตในการมองเห็นของตาในระนาบแนวนอน…………………………………	15
ภาพที่ 2.2	แสดงขอบเขตในการมองเห็นของตาในระนาบแนวตั้ง…………………………………	15
ภาพที่ 2.3	แสดงความเปรียบต่างระหว่างวัตถุที่พิจารณากับพื้นหลัง………………………………	17
ภาพที่ 2.4	แสดงรูปร่างและขนาดของชิ้นงานและเวลาในการมองเห็นเมื่อเทียบกับปริมาณแห่งการส่องสว่าง…………………………………………………………………………	18
ภาพที่ 2.5	แสดงขนาดของหน้าจอคอมพิวเตอร์ชนิดแอลซีดี……………………………………	19
ภาพที่ 2.6	แสดงระยะในการนั่งของผู้ใช้งานภายในอาคารสำนักงาน……………………………	19
ภาพที่ 2.7	แสดงสเปคตรัมของแสง………………………………………………………………	20
ภาพที่ 2.8	แสดงการดูดกลืนของแสงเมื่อตกกระทบตัวกลาง……………………………………	21
ภาพที่ 2.9	แสดงการสะท้อนแสงแบบเสมือนกระจกเงา…………………………………………	21
ภาพที่ 2.10	แสดงการสะท้อนแสงแบบเสมือนกระจกเงาบางส่วนหรือแบบมีทิศทางบางส่วน……………	22
ภาพที่ 2.11	แสดงการสะท้อนแสงแบบกระจายแสงสมบูรณ์………………………………………	22
ภาพที่ 2.12	แสดงการสะท้อนแสงแบบกระจัดกระจาย……………………………………………	23
ภาพที่ 2.13	แสดงการเปรียบเทียบหลอดฟลูออเรสเซนต์ T12, T8, T5……………………………	26
ภาพที่ 2.14	แสดงค่าฟลักซ์การส่องสว่างและอุณหภูมิแวดล้อมของ T5 และ T8……………………	29
ภาพที่ 2.15	แสดงอัตราการคงแสงสว่างไว้ตลอดอายุการใช้งานของ T5, T8 และ T12………………	29
ภาพที่ 2.16	แสดงตัวอย่างการให้แสงสว่างพื้นที่เคาทเตอร์ประชาสัมพันธ์และต้อนรับ………………	31
ภาพที่ 2.17	แสดงตัวอย่างการให้แสงสว่างพื้นที่ห้องทำงานส่วนตัวขนาดเล็ก…………………………	32
ภาพที่ 2.18	แสดงตัวอย่างการให้แสงสว่างพื้นที่ห้องทำงานส่วนตัวขนาดใหญ่…………………………	34
ภาพที่ 2.19	แสดงตัวอย่างการให้แสงสว่างพื้นที่ห้องประชุม……………………………………	36
ภาพที่ 2.20	แสดงตัวอย่างการให้แสงสว่างพื้นที่ห้องทำงานรวม…………………………………	38
ภาพที่ 2.21	แสดงการให้แสงสว่างเพื่อความสงบส่วนตัว…………………………………………	40
ภาพที่ 2.22	แสดงการให้แสงสว่างเพื่อความผ่อนคลาย…………………………………………	40
ภาพที่ 2.23	แสดงการให้แสงสว่างเพื่อแสดงการให้แสงสว่างเพื่อความชัดเจนในการมองเห็น……………	41
ภาพที่ 2.24	แสดงการให้แสงสว่างเพื่อความกว้างขวางโอ่โถง……………………………………	41
ภาพที่ 2.25	แสดงการกระจายแสงสว่างในลักษณะทางอ้อม………………………………………	42
ภาพที่ 2.26	แสดงการกระจายแสงสว่างในลักษณะกึ่งทางอ้อม……………………………………	42
ภาพที่ 2.27	แสดงการกระจายแสงสว่างในลักษณะทางตรงและทางอ้อม……………………………	43
ภาพที่ 2.28	แสดงการกระจายแสงสว่างในลักษณะกระจาย………………………………………	43
ภาพที่ 2.29	แสดงการกระจายแสงสว่างในลักษณะกึ่งทางตรง……………………………………	44
ภาพที่ 2.30	แสดงการกระจายแสงสว่างในลักษณะทางตรงและให้ลำแสงกว้างในทิศทางลง………………	44

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หน้า

ภาพที่ 2.31 แสดงการกระจายแสงสว่างในลักษณะทางตรงที่เน้นในแสงทางลง………….……………… 45
ภาพที่ 2.32 แสดงเทคนิคการให้แสงสว่างในลักษณะทั่วไป………………………..……........…..… 46
ภาพที่ 2.33 แสดงเทคนิคการให้แสงสว่างในลักษณะเฉพาะที่……………………..……........…..… 46
ภาพที่ 2.34 แสดงเทคนิคการให้แสงสว่างในลักษณะเฉพาะที่เพื่อเสริมการให้แสงในลักษณะทั่วไป…..… 47
ภาพที่ 2.35 แสดงเทคนิคการให้แสงสว่างในลักษณะส่องเน้นเป็นพิเศษ……………..……........…..… 47
ภาพที่ 2.36 แสดงลักษณะที่สำคัญของโคมไฟรุ่น L201……………..……....................................… 51
ภาพที่ 2.37 แสดงลักษณะที่สำคัญของโคมไฟรุ่น L204……………..……....................................… 52
ภาพที่ 2.38 แสดงลักษณะที่สำคัญของโคม BERKELEY LAMP II…..……..................................… 53
ภาพที่ 2.39 แสดงลักษณะที่สำคัญของโคม LIGHTOLIER - Lighting that Makes a Difference…..… 54
ภาพที่ 3.1 แสดงผังพื้นสำนักงานที่ระบุตำแหน่งของโต๊ะและทางเดินที่ใช้ในการวัดค่าการส่องสว่าง….. 57
ภาพที่ 3.2 แสดงค่าการกระจายแสงของโคมไฟที่ได้ใช้ในกรณีศึกษา 2–5……………………………. 58
ภาพที่ 3.3 แสดงทัศนียภาพของการจัดโคมไฟในห้องที่มีการส่องสว่าง 600 ลักซ์ กรณีศึกษาที่ 2…….. 59
ภาพที่ 3.4 แสดงทัศนียภาพของการจัดโคมไฟในห้องที่มีการส่องสว่าง 300 ลักซ์ กรณีศึกษาที่ 3……. 59
ภาพที่ 3.5 แสดงทัศนียภาพของการจัดโคมไฟในห้องที่มีการส่องสว่าง 500 ลักซ์ กรณีศึกษาที่ 4……. 60
ภาพที่ 3.6 แสดงทัศนียภาพของการจัดโคมไฟในห้องที่มีการส่องสว่าง 700 ลักซ์ กรณีศึกษาที่ 5……. 61
ภาพที่ 3.7 แสดงระยะห่างทางนอนและระยะห่างทางตั้งของโคมไฟ…………………………..……….. 62
ภาพที่ 3.8 แสดงตัวอย่างลักษณะแสงส่องขึ้น (Up Light) ของโคมไฟ…………………………..…….. 63
ภาพที่ 3.9 แสดงตัวอย่างลักษณะแสงส่องลง (Down Light) ของโคมไฟ…………………..………… 63
ภาพที่ 3.10 แสดงตัวอย่างลักษณะแสงส่องขึ้นและส่องลง (Up–Down Light) ของโคมไฟ……….……. 64
ภาพที่ 3.11 แสดงค่าการกระจายแสงของโคมไฟ LUMILUX SPLIT T5 14 W HE………. …..………….. 65
ภาพที่ 3.12 แสดงค่าการกระจายแสงของโคมไฟ LUMILUX FLATLITE T5 24 W HO……………….…. 65
ภาพที่ 3.13 แสดงมุมมองด้านบนของห้องทำงานเดี่ยว…………………….……………................... 66
ภาพที่ 3.14 แสดงมุมมองทัศนียภาพห้องทำงานเดี่ยว…………………….…………………………….. 66
ภาพที่ 3.15 แสดงกรณีศึกษาทั้งหมด…………………...………………………………………………….. 67
ภาพที่ 3.16 แสดงมุมมองทัศนียภาพของโคมไฟเฉพาะแสงส่องขึ้น ระหว่าง T5 14 W HE และ T5 24 W HO ………………………………………………………………………………………………… 68
ภาพที่ 3.17 แสดงมุมมองทัศนียภาพของโคมไฟเฉพาะแสงส่องลง ระหว่าง T5 14 W HE และ T5 24 W HO ……………………………………………………………………………………………….. 68
ภาพที่ 3.18 แสดงมุมมองทัศนียภาพของโคมไฟเฉพาะแสงส่องขึ้น–ส่องลง ระหว่าง T5 14 W HE และ T5 24 W HO…………………..…………………………………………………………………………. 68
ภาพที่ 3.19 แสดงมุมมองด้านบนของห้องทำงานรวมที่ใช้เทคนิค Task–Ambient Lighting.… ………… 70

หน้า

ภาพที่ 3.20 แสดงมุมมองทัศนียภาพของห้องทำงานรวมที่ใช้เทคนิค Task–Ambient Lighting.… ......… 71
ภาพที่ 3.21 แสดงมุมมองด้านบนของห้องทำงานรวมที่ใช้เทคนิค Uniform Lighting.… …………...…. 72
ภาพที่ 3.22 แสดงมุมมองทัศนียภาพของห้องทำงานรวมที่ใช้เทคนิค Uniform Lighting……………..….. 72
ภาพที่ 3.23 แสดงภาพร่างแบบโคมไฟและขั้นตอนการสร้างโคมไฟขนาดเท่าจริง………………………. 73
ภาพที่ 3.24 แสดงมุมมองด้านข้างของโคมไฟเท่าขนาดจริง………………………………………………. 74
ภาพที่ 3.25 แสดงมุมมองภาพรวมแบบทัศนียภาพของโคมไฟเท่าขนาดจริงทั้งหมด…………………….. 75
ภาพที่ 3.26 แสดงมุมมองภาพรวมแบบด้านบนของโคมไฟเท่าขนาดจริงทั้งหมด……………………...…. 75
ภาพที่ 3.27 แสดงมุมมองภาพรวมแบบด้านล่างของโคมไฟเท่าขนาดจริงทั้งหมด……………………..….. 76
ภาพที่ 3.28 แสดงมุมมองภาพรวมแบบด้านหน้าของโคมไฟเท่าขนาดจริงทั้งหมด……………………..…. 76
ภาพที่ 3.29 แสดงมุมมองภาพรวมแบบด้านหลังของโคมไฟเท่าขนาดจริงทั้งหมด…………………...….... 76
ภาพที่ 3.30 แสดงมุมมองภาพรวมแบบด้านซ้ายของโคมไฟเท่าขนาดจริงทั้งหมด……………………..….. 76
ภาพที่ 3.31 แสดงมุมมองภาพรวมแบบด้านขวาของโคมไฟเท่าขนาดจริงทั้งหมด………………………..…. 77
ภาพที่ 3.32 แสดงการวัดค่าการส่องสว่างที่ระนาบทำงานที่แบ่งออกเป็น 9 จุด…………………..……… 77
ภาพที่ 3.33 แสดงการวัดค่าการส่องสว่างที่ระนาบทำงานโดยเครื่องมือ DX–200……………………..…. 78
ภาพที่ 3.34 แสดงโคมไฟเท่าขนาดจริงแบบที่ไม่มีตัวกระจายแสง ลักษณะแสงส่องขึ้น……………...….. 78
ภาพที่ 3.35 แสดงโคมไฟเท่าขนาดจริงแบบที่ไม่มีตัวกระจายแสง ลักษณะแสงส่องลง…………………..…. 79
ภาพที่ 3.36 แสดงโคมไฟเท่าขนาดจริงแบบที่ไม่มีตัวกระจายแสง ลักษณะแสงส่องขึ้น–ส่องลง………..…. 79
ภาพที่ 3.37 แสดงโคมไฟเท่าขนาดจริงแบบที่มีตัวกระจายแสง ลักษณะแสงส่องขึ้น…………………..…. 80
ภาพที่ 3.38 แสดงโคมไฟเท่าขนาดจริงแบบที่มีตัวกระจายแสง ลักษณะแสงส่องลง……………………..…. 80
ภาพที่ 3.39 แสดงโคมไฟเท่าขนาดจริงแบบที่มีตัวกระจายแสง ลักษณะแสงส่องขึ้น–ส่องลง……..……… 81
ภาพที่ 3.40 แสดงการพัฒนาลักษณะทางกายภาพในมุมมอง 2 มิติ………………….……………….... 82
ภาพที่ 3.41 แสดงการพัฒนาลักษณะทางกายภาพในมุมมอง 3 มิติ…………………..………………... 82
ภาพที่ 3.42 แสดงการรูปแบบของตัวกระจายแสง ในมุมมอง 2 มิติ………………..……………………. 83
ภาพที่ 3.43 แสดงการพัฒนารัศมีความโค้งของตัวกระจายแสงสว่างในมุมมอง 3 มิติ…………………..…. 83
ภาพที่ 3.44 แสดงมุมมองด้านข้างของโคมไฟต้นแบบ ………………………………………………… 85
ภาพที่ 3.45 แสดงมุมมองภาพรวมแบบทัศนียภาพของโคมไฟทั้งหมด…………………………………… 86
ภาพที่ 3.46 แสดงมุมมองภาพรวมแบบด้านบนของโคมไฟทั้งหมด…………………………………… 86
ภาพที่ 3.47 แสดงมุมมองภาพรวมแบบด้านล่างของโคมไฟทั้งหมด…………………………………….. 86
ภาพที่ 3.48 แสดงมุมมองภาพรวมแบบด้านหน้าของโคมไฟทั้งหมด……………………….…………… 87
ภาพที่ 3.49 แสดงมุมมองภาพรวมแบบด้านหลังของโคมไฟทั้งหมด……………………….…………… 87
ภาพที่ 3.50 แสดงมุมมองภาพรวมแบบด้านซ้ายของโคมไฟทั้งหมด……………………….…………….. 87

หน้า

ภาพที่ 3.51 แสดงมุมมองภาพรวมแบบด้านขวาของโคมไฟทั้งหมด………………………………………... 87
ภาพที่ 3.52 แสดงมุมมองของกล่องโคมไฟทั้งหมด……………………………………………………..…. 88
ภาพที่ 3.53 แสดงมุมมองของกล่องโคมไฟขณะถอดชิ้นส่วนแยกออกทั้งหมด…………………….….. 88
ภาพที่ 3.54 แสดงมุมมองของกล่องอิเล็กทรอนิกส์บัลลาสต์และสวิตช์ทั้งหมด…………………..……. 89
ภาพที่ 3.55 แสดงมุมมองของกล่องอิเล็กทรอนิกส์บัลลาสต์และสวิตช์ขณะถอดชิ้นส่วนแยกออกทั้งหมด 89
ภาพที่ 3.56 แสดงมุมมองของรางเลื่อน, ตัวเสียบ และตัวยึด (ฝั่งซ้าย) ทั้งหมด………………………... 90
ภาพที่ 3.57 แสดงมุมมองของรางเลื่อน, ตัวเสียบ และตัวยึด (ฝั่งซ้าย) ขณะถอดชิ้นส่วนแยกออกทั้งหมด 90
ภาพที่ 3.58 แสดงมุมมองของรางเลื่อน, ตัวเสียบ และตัวยึด (ฝั่งขวา) ทั้งหมด………………………… 91
ภาพที่ 3.59 แสดงมุมมองของรางเลื่อน, ตัวเสียบ และตัวยึด (ฝั่งขวา) ขณะถอดชิ้นส่วนแยกออกทั้งหมด 91
ภาพที่ 3.60 แสดงโคมไฟต้นแบบที่ได้นำมาติดตั้งใช้งานเพื่อทดสอบประสิทธิภาพ……………………… 92
ภาพที่ 3.61 แสดงแผงสวิตช์เพื่อการควบคุมการใช้งานหลอดฟลูออเรสเซนต์……………………….... 93
ภาพที่ 3.62 แสดงโคมไฟต้นแบบที่ติดแผ่นอครีลิกสำหรับตกแต่งทั้ง 3 สี…………………………..….. 93
ภาพที่ 3.63 แสดงการวัดค่าการส่องสว่างที่ระนาบทำงานที่แบ่งออกเป็น 9 จุด และรอบโต๊ะ 7 จุด……... 94
ภาพที่ 3.64 แสดงมุมมองภาพรวมการติดตั้งโคมไฟต้นแบบกับผนังกั้นสำเร็จรูปของโต๊ะทำงาน……….. 95
ภาพที่ 3.65 แสดงการเปิดหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่ให้แสงส่องขึ้นทั้ง 2 ชุด และแสงส่องลง 1 ชุด………… 95
ภาพที่ 3.66 แสดงการเปิดหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่ให้แสงส่องขึ้น 1 ชุด และแสงส่องลง 1 ชุด……………. 96
ภาพที่ 3.67 แสดงการเปิดหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่ให้เพียงแสงส่องขึ้น 2 ชุด…………………………….... 96
ภาพที่ 3.68 แสดงการเปิดหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่ให้เพียงแสงส่องขึ้น 1 ชุด……………………………… 97
ภาพที่ 3.69 แสดงการเปิดหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่ให้เพียงแสงส่องลง 1 ชุด…………………………….... 97
ภาพที่ 3.70 แสดงกล่องทดสอบประสิทธิภาพการปรับหรี่หลอดฟลูออเรสเซนต์ T5……………………... 98
ภาพที่ 3.71 แสดงการปรับหรี่หลอดฟลูออเรสเซนต์ที่ให้แสงส่องขึ้นทั้ง 2 ชุด และแสงส่องลง 1 ชุด…….. 100
ภาพที่ 3.72 แสดงการเปิดหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่ให้แสงส่องขึ้น 1 ชุด และแสงส่องลง 1 ชุด………….... 100
ภาพที่ 3.73 แสดงการปรับหรี่หลอดฟลูออเรสเซนต์ที่ให้เพียงแสงส่องขึ้น 2 ชุด………………………….. 101
ภาพที่ 3.74 แสดงการปรับหรี่หลอดฟลูออเรสเซนต์ที่ให้เพียงแสงส่องขึ้น 1 ชุด………………………….. 101
ภาพที่ 3.75 แสดงการปรับหรี่หลอดฟลูออเรสเซนต์ที่ให้เพียงแสงส่องลง 1 ชุด………………………….. 102
ภาพที่ 4.1 แสดงตำแหน่งการวัดค่าการส่องสว่างบนโต๊ะทำงานและทางเดินระหว่างโต๊ะทำงาน………. 106
ภาพที่ 4.2 แสดงมุมมองทัศนียภาพของโคมไฟเฉพาะแสงส่องขึ้น ระหว่าง T5 14 W HE และ T5 24 W HO……………………………………………………………………... 112
ภาพที่ 4.3 แสดงมุมมองทัศนียภาพของโคมไฟเฉพาะแสงส่องลง ระหว่าง T5 14 W HE และ T5 24 W HO……………………………………………………………………... 114

หน้า

ภาพที่ 4.4 แสดงมุมมองทัศนียภาพของโคมไฟเฉพาะแสงส่องขึ้น–ส่องลง ระหว่าง T5 14 W HE และ T5 24 W HO……………………………………………………………………………... 116
ภาพที่ 4.5 แสดงมุมมองด้านบนของห้องทำงานรวมที่ใช้เทคนิค Task–Ambient Lighting……………... 119
ภาพที่ 4.6 แสดงมุมมองด้านบนของห้องทำงานรวมที่ใช้เทคนิค Uniform Lighting………………..…... 121
ภาพที่ 4.7 แสดงการวัดค่าการส่องสว่างที่ระนาบทำงานที่แบ่งออกเป็น 9 จุด……………..................... 124
ภาพที่ 4.8 แสดงการวัดค่าการส่องสว่างที่ระนาบทำงานที่แบ่งออกเป็น 9 จุด และรอบโต๊ะ 7 จุด…..…… 130

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญแผนภูมิ

หน้า

แผนภูมิที่ 3.1 แสดงตัวอย่างการทดสอบประสิทธิแสงสว่างในการปรับหรี่หลอดฟลูออเรสเซนต์ T5 14 W HE 98
แผนภูมิที 3.2 แสดงตัวอย่างการทดสอบประสิทธิพลังงานในการปรับหรี่หลอดฟลูออเรสเซนต์ T5 14 W HE 99

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

พลังงานไฟฟ้าที่ใช้สำหรับดำเนินอาคารนั้นแบ่งออกเป็น 3 ประเภทหลัก คือ พลังงานไฟฟ้าที่ใช้สำหรับระบบปรับอากาศ, ระบบแสงสว่าง และอุปกรณ์ไฟฟ้าในอาคาร ซึ่งในปัจจุบันพลังงานไฟฟ้าที่ใช้สำหรับระบบแสงสว่างในอาคารสำนักงานนั้น มีสัดส่วน 20–30 % ซึ่งสูงเป็นลำดับที่ 2 รองจากพลังงานไฟฟ้าที่ใช้สำหรับระบบปรับอากาศ เพื่อเป็นการตอบสนองสภาวะวิกฤติด้านพลังงาน โดยลดการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ใช้สำหรับระบบแสงสว่าง นักวิจัยและนักออกแบบด้านแสงสว่างจึงได้มีการศึกษาสภาพการให้แสงสว่างที่มีอยู่เดิมในอาคารสำนักงาน เพื่อหาแนวทางในการใช้พลังงานไฟฟ้าได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

การออกแบบระบบแสงสว่างในอาคารสำนักงาน[1] โดยทั่วไปนั้นมักจัดวางตำแหน่งดวงไฟแบบสมมาตร (Symmetry) เพื่อให้เกิดแสงสว่างอย่างสม่ำเสมอตลอดทั่วทั้งพื้นที่ (Uniform Lighting) ซึ่งได้อ้างอิงค่าการส่องสว่าง (Illuminance) จากเกณฑ์, มาตรฐานและข้อกำหนดของพื้นที่ใช้งานภายในอาคารสำนักงานจากหน่วยงานนานาชาติ เช่น Illuminating Engineering Society (IES), International Commission on Illumination (CIE) ซึ่งเหมาะสมสำหรับการให้แสงสว่างในบริเวณทั่วไป (Ambient Lighting) เท่านั้น หากแต่พื้นที่บางส่วน เช่น ทางเดินระหว่างโต๊ะ บริเวณเก้าอี้ทำงาน ไม่มีความจำเป็นต้องมีค่าการส่องสว่างที่เท่ากับระนาบการทำงาน (Work Plane) บนโต๊ะทำงาน ดังนั้นสถาปนิกและนักออกแบบด้านแสงสว่างจึงได้เสนอเทคนิคการให้แสงเฉพาะที่เพื่อเสริมการให้แสงในบริเวณทั่วไป (Task–Ambient Lighting) ขึ้นมาเพื่อช่วยลดการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ใช้สำหรับระบบแสงสว่าง

เทคนิคการให้แสงเฉพาะที่เพื่อเสริมการให้แสงในบริเวณทั่วไป (Task–Ambient Lighting)[2] เป็นเทคนิคที่จัดให้แหล่งกำเนิดแสงสว่าง (Light Source) อยู่ที่ตำแหน่งใกล้กับระนาบการทำงาน เพื่อการให้แสงสว่างให้แสงแบบทางตรง (Direct Lighting) ในปริมาณสูงเฉพาะพื้นที่ทำงาน (Task Lighting) ตามค่าการส่องสว่างที่ต้องการสำหรับงานประเภทนั้น เช่น งานด้านเอกสาร (Paper Task) และงานด้านคอมพิวเตอร์ (Computer Task) และมีการเสริมการให้แสงสว่างทั่วไป (Ambient Lighting) โดยแหล่งกำเนิดแสงสว่างที่ให้แสงแบบทางอ้อม (Indirect Lighting) สำหรับสภาพแวดล้อมในห้องซึ่งคิดเป็นเพียงสัดส่วน 20% ของพื้นที่ในส่วนสำนักงานทั้งหมด โดยได้กำหนดให้ค่าการส่องสว่างสำหรับพื้นที่ทั่วไป (Ambient Illuminance) มีค่าลดต่ำลงแต่ยังอยู่ในปริมาณที่เหมาะสม และกำหนดให้ค่าการส่องสว่างสำหรับพื้นที่ทำงานบนโต๊ะ (Task Illuminance) อยู่ในปริมาณที่เหมาะสมสำหรับงานประเภทเอกสารและคอมพิวเตอร์ โดยในการออกแบบโคมไฟนั้น ผู้ใช้สามารถเลือกปรับระดับค่าการส่องสว่างจากระบบควบคุมการหรี่ไฟ (Dimming System) ของโคมไฟได้ตามความพึงพอใจที่เกี่ยวเนื่องกับสภาวะสบายตา (Visual Comfort) ซึ่งเป็นลักษณะจำเพาะของแต่ละบุคคล

จากการทบทวนวรรณกรรมเบื้องต้น พบว่าในปัจจุบันเทคนิคการให้แสงเฉพาะที่เพื่อเสริมการให้แสงในบริเวณทั่วไป (Task–Ambient Lighting Technique : TAL) ยังมิได้มีการนำไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบระบบแสงสว่างภายในอาคารอย่างแพร่หลาย เนื่องจากสาเหตุหลายประการ เช่น การขาดงานวิจัยสนับสนุนทางด้าน

---

[1] พิบูลย์ ดิษฐอุดม, **การออกแบบระบบแสงสว่าง**, (กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2521), หน้า 101.

[2] M. David Egan and Victor W. Olgyay, **Architectural lighting**, 2nd ed. (Boston: McGraw–Hill, 2002), p. 221.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เกณฑ์ในการออกแบบระบบแสงสว่าง (Lighting Design Criteria and Recommendations) และขาดอุปกรณ์ทางด้านการให้แสงสว่างภายในอาคารที่ใช้เทคนิคการให้แสงเฉพาะที่เพื่อเสริมการให้แสงในบริเวณทั่วไป (Task–Ambient Lighting Technique : TAL) แม้ว่าในทางทฤษฎีเทคนิคนี้จะเป็นเทคนิคที่สามารถนำไปใช้ในการออกแบบระบบแสงสว่างภายในอาคารได้ หากแต่ในทางปฏิบัติยังมีข้อจำกัดในการนำไปประยุกต์ใช้จริง เนื่องจากขาดความหลากหลายทางด้านรูปแบบของโคมไฟ ประกอบกับการขาดการวิจัยเพิ่มเติมในหัวข้อที่เกี่ยวข้อง ดังนั้นโครงการนี้จึงขอเสนอให้มีการพัฒนาโคมไฟประหยัดพลังงานซึ่งใช้เทคนิคการให้แสงเฉพาะที่เพื่อเสริมการให้แสงในบริเวณทั่วไปสำหรับอาคารสำนักงาน (The Development of Energy–Efficient Task–Ambient Luminaire for Office Building) ซึ่งเกณฑ์เบื้องต้นของการออกแบบโคมไฟนั้นเกี่ยวเนื่องกับสภาวะสบายตา (Visual Comfort) ของค่าการส่องสว่าง[3] โดยการให้แสงสว่างในอาคารสำนักงานสำหรับพื้นที่ทั่วไป (Ambient Lighting) มีค่าอยู่ในช่วง 100 – 500 ลักซ์ และสำหรับพื้นที่ทำงาน (Task Lighting) ทั้งงานด้านเอกสารและงานด้านคอมพิวเตอร์ มีค่าอยู่ในช่วง 700 – 900 ลักซ์ นอกจากนั้นเพื่อเป็นการประหยัดพลังงาน โคมไฟจะต้องตอบสนองต่อเกณฑ์ค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างภายใน (Lighting Power Density, LPD) สำหรับอาคารสำนักงาน ซึ่งจะต้องมีค่าไม่เกิน 14 วัตต์/ตารางเมตร เพื่อพัฒนาเป็นต้นแบบของโคมไฟที่ช่วยในการประหยัดพลังงานซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้จริงในอนาคต

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 ศึกษาเกณฑ์ทางด้านปริมาณและคุณภาพของการออกแบบระบบแสงสว่างสำหรับอาคารสำนักงานจากหน่วยงานต่างๆเพื่อหาเกณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับการพัฒนาโคมไฟต้นแบบ

1.2.2 พัฒนาโคมไฟต้นแบบที่ช่วยในการประหยัดพลังงาน ซึ่งใช้เทคนิคการให้แสงเฉพาะที่เพื่อเสริมการให้แสงในบริเวณทั่วไป

1.2.3 ศึกษาประสิทธิภาพการให้แสงสว่างและประสิทธิภาพพลังงานของโคมไฟต้นแบบที่ช่วยในการประหยัดพลังงาน ซึ่งใช้เทคนิคการให้แสงเฉพาะที่เพื่อเสริมการให้แสงในบริเวณทั่วไป

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 ในส่วนการศึกษาเกณฑ์ทางด้านปริมาณและคุณภาพของการออกแบบระบบแสงสว่างสำหรับอาคารสำนักงาน จะทำการศึกษาเฉพาะเกณฑ์เบื้องต้นที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ค่าการส่องสว่าง (Illuminance), ค่าความสว่าง (Luminance), ค่าความสม่ำเสมอของแสง (Uniformity), ค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างภายใน (Lighting Power Density), การบังเงาและตำแหน่งการจัดวางดวงไฟ (Layout the Luminaire) และในส่วนของเกณฑ์อื่นๆ เช่น ค่าดัชนีสภาวะสบายตา (Glare Index) และค่าความเปรียบต่าง (Contrast) จะถือเป็นเกณฑ์รอง เนื่องจากลักษณะของโครงการจะมีความซับซ้อนมากเกินกว่าระยะเวลาที่กำหนดไว้

---

[3] ณวรา นราราษฎร์, "**การประเมินสภาวะสบายตาจากค่าความส่องสว่างและอุณหภูมิสีจากโคมฟลูออเรสเซนต์**," (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาสถาปัตยกรรม ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2550), หน้า 147 – 148.

1.3.2 ในการพัฒนาโคมไฟต้นแบบนั้น มุ่งเน้นให้มีแนวโน้มที่จะผลิตได้จริงเพื่อตอบสนองกับความต้องการในท้องตลาด โดยการใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ (Fluorescent Lamp) ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 หุน (5/8") หรือเรียกว่า T5 ซึ่งช่วยในการลดการใช้พลังงานไฟฟ้า และการใช้ระบบปรับหรี่แสงสว่าง (Dimming System)

1.3.3 ในส่วนของศึกษาประสิทธิภาพการให้แสงสว่างและประสิทธิภาพพลังงาน จะทำการศึกษาประสิทธิภาพแสงสว่าง (Lighting Performance) ของโคมไฟที่ใช้เทคนิคการให้แสงเฉพาะที่เพื่อเสริมการให้แสงในบริเวณทั่วไป (Task–Ambient Luminaire) และทำการศึกษาประสิทธิภาพพลังงาน (Energy Performance) ระหว่างเทคนิคการให้แสงเฉพาะที่เพื่อเสริมการให้แสงในบริเวณทั่วไป (Task–Ambient Lighting) และเทคนิคการให้แสงสว่างในพื้นที่ใช้งานในลักษณะทั่วไป (Uniform Lighting) โดยทำการสร้างห้องทำงานรวมที่ใช้เทคนิคการให้แสงเฉพาะที่เพื่อเสริมการให้แสงในบริเวณทั่วไป (Task–Ambient Lighting) โดยจะทำการศึกษาในโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการจำลองสภาพแสงสว่างภายในอาคาร คือ DIALux 4.6

1.4 คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

1.4.1 ค่าการส่องสว่าง (Illuminance) คือ ปริมาณแสงที่ตกกระทบลงบน 1 หน่วยพื้นที่ใดๆ มีหน่วยเป็นลักซ์ (lux) หรือ ลูเมนต่อตารางเมตร (lm/m^2) โดยในการวิจัยนี้จะทำการวัดค่าการส่องสว่างทั้ง 3 ชนิด คือ ค่าการส่องสว่างสูงสุด (E_{max}), ค่าการส่องสว่างต่ำสุด (E_{min}), ค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย (E_{ave}) มีหน่วยเป็น ลักซ์ (Lx)

1.4.2 ค่าความสว่าง (Luminance) คือ การที่แสงตกกระทบวัตถุแล้วสะท้อนกลับหรือส่องผ่านวัตถุเข้าสู่ตาทำให้มองเห็นวัตถุนั้นได้ มีหน่วยเป็น แคนเดลาต่อตารางเมตร (cd/m^2) หรือ ฟุตแลมเบิร์ต (Footlambert, FL)

1.4.3 ค่าความสม่ำเสมอของปริมาณแสงสว่าง (Illuminance Uniformity)[4] คือ รูปแบบหนึ่งซึ่งใช้ในการประเมินความพอเพียงของค่าการส่องสว่างของการให้แสงสว่างบนพื้นที่ใช้งานที่เกี่ยวเนื่องกับความสบายทางสายตา (Visual Comfort) โดยในการวิจัยนี้จะทำการวัดค่าความสม่ำเสมอของปริมาณแสงสว่างแบบเฉลี่ย
($U_m = E_{min}/E_{ave}$),

1.4.4 ค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างภายใน (Lighting Power Density, LPD)[5] คือ กำลังไฟฟ้าสูงสุดต่อหน่วยพื้นที่ของอาคารซึ่งแบ่งออกเป็นตามประเภทพื้นที่การใช้งาน มีหน่วยเป็น วัตต์ / ตารางเมตร หรือ วัตต์ / ตารางฟุต ($Watt/m^2$, $Watt/ft^2$)

1.4.5 การให้แสงเฉพาะที่ (Task Lighting)[6] คือ การให้แสงสว่างโดยตรงไปยังพื้นที่หรือระนาบที่เจาะจง ในกรณีที่ต้องการให้ค่าการส่องสว่างมีความเหมาะสมสำหรับการใช้งานที่ใช้สายตา

---

[4] The_donn. **Simulation Quality Assurance: Illuminance and Uniformity**[Online]. Available from: http://www.aecsimqa.net/en/node/19 [2009, Dec 20]

[5] AcuityBrands™ Lighting. **ASHRAE 90.1–2004 Definitions**[Online]. Available from: http://www.acuitybrandslighting.com/sustainability/ASHRAE–Definitions.htm [2009, Dec 20]

[6] Mitsuru Saitoh, Chairman, Committee Report: Task and Ambient Lighting Systems Committee. **J. Light & Vis. Env.** 22, 1 (1998): 63 – 68.

1.4.6 การให้แสงในบริเวณทั่วไป (Ambient Lighting)[7] คือ การให้แสงสว่างโดยรวมสำหรับพื้นที่ใช้งานทั่วไปซึ่งยังมีการใช้งานที่ใช้สายตา

1.4.7 เทคนิคการให้แสงเฉพาะที่เพื่อเสริมการให้แสงในบริเวณทั่วไป (Task–Ambient Lighting)[8] คือ ระบบการให้แสงสว่างที่ให้ค่าการส่องสว่างที่ต้องการและเหมาะสมสำหรับพื้นที่ใช้งานและค่าการส่องสว่างที่ลดต่ำลงสำหรับพื้นที่ทั่วไปโดยรอบ

1.4.8 เทคนิคการให้แสงสว่างในพื้นที่ใช้งานในลักษณะทั่วไป (Uniform Lighting)[9] คือ ระบบการให้แสงสว่างที่ให้ค่าการส่องสว่างที่คำนึงถึงความสม่ำเสมอของปริมาณแสงสว่าง (Uniformity) บนพื้นที่ใช้งานเป็นหลัก

1.4.9 โคมไฟที่ใช้เทคนิคการให้แสงเฉพาะที่เพื่อเสริมการให้แสงในบริเวณทั่วไป (Task–Ambient Luminaire) คือ โคมไฟที่ใช้เทคนิคที่จัดให้แหล่งกำเนิดแสงสว่างอยู่ที่ตำแหน่งใกล้กับระนาบการทำงาน เพื่อการให้แสงสว่างให้แสงแบบทางตรงในปริมาณสูงเฉพาะพื้นที่ทำงาน ตามค่าการส่องสว่างที่ต้องการสำหรับงานประเภทนั้น และมีการเสริมการให้แสงสว่างทั่วไป โดยแหล่งกำเนิดแสงสว่างที่ให้แสงแบบทางอ้อมสำหรับสภาพแวดล้อม

1.4.10 ระยะห่างทางตั้งที่ติดตั้ง (Installed Vertical Height, VH) คือ ระยะห่างในการติดตั้งโคมไฟกับผนังกั้นระหว่างโต๊ะทำงาน ซึ่งมีการกำหนดระยะความสูงจากระนาบทำงานขึ้นมาถึงส่วนบนสุดของผนังกั้น

1.4.11 ระยะห่างทางนอนที่ติดตั้ง (Installed Horizontal Length, HL) คือ ระยะห่างในการติดตั้งโคมไฟกับผนังกั้นระหว่างโต๊ะทำงาน ซึ่งมีการกำหนดระยะห่างจากส่วนปลายสุดด้านบนของผนังกั้นถึงจุดกึ่งกลางของแหล่งกำเนิดแสงสว่างของโคมไฟ

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 มีเกณฑ์ทางด้านปริมาณและคุณภาพของการออกแบบระบบแสงสว่างสำหรับอาคารสำนักงาน โดยเฉพาะเกณฑ์ที่เหมาะสมและสอดคล้องกับการประยุกต์ใช้เทคนิคการให้แสงเฉพาะที่เพื่อเสริมการให้แสงในบริเวณทั่วไป (Task–Ambient Lighting Technique : TAL) ซึ่งจะส่งผลต่อการประหยัดพลังงานโดยรวมของอาคารสำนักงาน

1.5.2 เกิดโคมไฟประหยัดพลังงานที่ใช้เทคนิคการให้แสงเฉพาะที่เพื่อเสริมการให้แสงในบริเวณทั่วไป (Task–Ambient Lighting Technique : TAL) ต้นแบบ (Prototype of Luminaire) ที่จะสามารถนำไปพัฒนาต่อยอดเป็นผลิตภัณฑ์ที่ตอบสนองต่อความต้องการในท้องตลาด อันเกิดจากการประยุกต์ใช้ทฤษฎีเพื่อนำไปสู่การปฏิบัติจริง

---

[7] Mitsuru Saitoh, Chairman, Committee Report: Task and Ambient Lighting Systems Committee. **J. Light & Vis. Env.** 22, 1 (1998): 63 – 68.

[8] เรื่องเดียวกัน

[9] พิบูลย์ ดิษฐอุดม, **การออกแบบระบบแสงสว่าง** (กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2521), หน้า 101.

ศูนย์วิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.6 วิธีดำเนินการวิจัย

โครงการการพัฒนาโคมไฟประหยัดพลังงานซึ่งใช้เทคนิคการให้แสงเฉพาะที่เพื่อเสริมการให้แสงในบริเวณทั่วไปสำหรับอาคารสำนักงาน (The Development of Energy–Efficient Task–Ambient Luminaire for Office Lighting) มีระเบียบวิธีการศึกษาซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ส่วนใหญ่ ดังนี้

1.6.1 การทบทวนและพัฒนาเกณฑ์ในการออกแบบระบบแสงสว่าง

ในส่วนนี้จะเป็นการทบทวนเกณฑ์ในการออกแบบระบบแสงสว่างในอาคารสำนักงานที่มีอยู่ อาทิ เกณฑ์และมาตรฐานจากหน่วยงานนานาชาติ เช่น International Standard Organization (ISO), International Commission on Illumination (CIE) ข้อแนะนำในการออกแบบของแต่ละประเทศ เช่น Illumination Engineering Society of North America (IESNA), Chartered Institute for the Building Services Engineerings (CIBSE), Thai Illuminating Engineering Association (TIEA) เกณฑ์และข้อกำหนดในการใช้พลังงาน เช่น ASHRAE 90.1, พระราชบัญญัติการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 โดยจะวิเคราะห์เปรียบเทียบในเรื่องเกณฑ์ของการออกแบบระบบแสงสว่างสำหรับอาคารสำนักงาน โดยใช้เป็นเกณฑ์ในการออกแบบพัฒนาโคมไฟซึ่งใช้เทคนิคการให้แสงเฉพาะที่เพื่อเสริมการให้แสงในบริเวณทั่วไป (Task–Ambient Lighting Technique : TAL)

1.6.2 การพัฒนาโคมไฟประกอบอุปกรณ์การควบคุมระบบแสงสว่าง

ในส่วนนี้จะมีการออกแบบและพัฒนาโคมไฟซึ่งใช้เทคนิคการให้แสงเฉพาะที่เพื่อเสริมการให้แสงในบริเวณทั่วไป (Task–Ambient Lighting Technique : TAL) โดยมุ่งเน้นหลอดฟลูออเรสเซนต์ (Fluorescent Lamp) ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 หุน (5/8") หรือเรียกว่า T5 ร่วมกับการใช้อิเลคทรอนิคส์บัลลาสต์ (Electronic Ballast) และสวิชต์ปรับหรี่ (Dimming Switch) โดยเน้นการออกแบบโคมไฟที่สามารถนำไปติดตั้งกับผนังกั้นสำเร็จรูปซึ่งใช้แบ่งพื้นที่ของโต๊ะทำงานที่มีการใช้งานทั่วไปอยู่ในอาคารสำนักงาน เพื่อความสะดวกในการติดตั้งและบำรุงรักษา ซึ่งในส่วนของการพัฒนาโคมไฟนี้สามารถแบ่งย่อยได้เป็น 3 ระยะ ได้แก่

1.6.2.1 การออกแบบโคมไฟขั้นต้นด้วยการจำลองสภาพการให้แสงสว่างด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

1.6.2.2 การสร้างโคมไฟเท่าขนาดจริงเพื่อใช้ทดสอบประสิทธิภาพการให้แสงสว่างในขั้นต้น

1.6.2.3 การออกแบบพัฒนาโคมไฟเพื่อนำไปสร้างจริงเพื่อใช้ทดสอบประสิทธิภาพการให้แสงสว่าง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เนื้อหาในบทนี้จะกล่าวถึงข้อมูลจากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย ซึ่งข้อมูลหลักแบ่งออกเป็น 6 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 การศึกษาเกณฑ์, มาตรฐาน และข้อกำหนดในการออกแบบระบบแสงสว่างจากหน่วยงานนานาชาติ โดยเน้นเฉพาะสำหรับการใช้งานภายในอาคารสำนักงาน, ส่วนที่ 2 การศึกษาธรรมชาติของการมองเห็นของมนุษย์ โดยเน้นเฉพาะการมองเห็นของมนุษย์ที่เกี่ยวเนื่องกับการใช้งานในสำนักงาน, ส่วนที่ 3 การศึกษาหลักการเบื้องต้นสำหรับการออกแบบระบบแสงสว่างสำหรับการใช้งานภายในอาคารสำนักงาน, ส่วนที่ 4 การศึกษาคุณสมบัติของแสงและแหล่งกำเนิดแสงเฉพาะแสงประดิษฐ์ โดยเน้นเฉพาะหลอดฟลูออเรสเซนต์, ส่วนที่ 5 การศึกษาเทคนิคการให้แสงสว่างแบบต่างๆ โดยเน้นเฉพาะเทคนิคการให้แสงเฉพาะที่เพื่อเสริมการให้แสงในบริเวณทั่วไป, ส่วนที่ 6 การศึกษาโคมไฟที่ใช้เทคนิคการให้แสงเฉพาะที่เพื่อเสริมการให้แสงในบริเวณทั่วไป

ส่วนที่ 1 การศึกษาเกณฑ์, มาตรฐานและข้อกำหนดในการออกแบบระบบแสงสว่างจากหน่วยงานนานาชาติ โดยเน้นเฉพาะสำหรับการใช้งานภายในอาคารสำนักงาน ประกอบด้วยการศึกษาเกณฑ์, มาตรฐานและข้อกำหนดจากหน่วยงานด้านแสงสว่าง เช่น Illuminating Engineering Society (IES), International Commission on Illumination (CIE) โดยเน้นเฉพาะสำหรับการใช้งานภายในอาคารสำนักงาน เช่น พื้นที่ทำงานทั่วไป, พื้นที่สัญจร, พื้นที่เคาทเตอร์ประชาสัมพันธ์และต้อนรับ เป็นต้น

ส่วนที่ 2 การศึกษาธรรมชาติของการมองเห็นของมนุษย์ โดยเน้นเฉพาะการมองเห็นของมนุษย์ที่เกี่ยวเนื่องกับการใช้งานในสำนักงาน เช่น แนวสายตากับการติดตั้งหน้าจอคอมพิวเตอร์, แนวสายตากับการติดตั้งโคมไฟ เป็นต้น

ส่วนที่ 3 การศึกษาคุณสมบัติของแสง ประกอบด้วย คุณสมบัติของแสงและพฤติกรรมของแสง และแหล่งกำเนิดแสงเฉพาะแสงประดิษฐ์ ประกอบด้วย หลอดฟลูออเรสเซนต์ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 หุน (5/8”) หรือเรียกว่า T5 โดยนำมาเปรียบเทียบประสิทธิภาพกับหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 หุน หรือเรียกว่า T8

ส่วนที่ 4 การศึกษาหลักการเบื้องต้นสำหรับการออกแบบระบบแสงสว่างสำหรับการใช้งานภายในอาคารสำนักงาน ประกอบด้วย พื้นที่เคาทเตอร์ประชาสัมพันธ์และต้อนรับ (Reception Room), พื้นที่ห้องทำงานส่วนตัวขนาดเล็ก (Private Office), พื้นที่ห้องทำงานส่วนตัวขนาดใหญ่ (Large Executive Office), พื้นที่ห้องประชุม (Conference Room) และพื้นที่ห้องทำงานรวม (Open Office)

ส่วนที่ 5 การศึกษาเทคนิคการให้แสงสว่างแบบต่างๆ โดยเน้นเฉพาะเทคนิคการให้แสงเฉพาะที่เพื่อเสริมการให้แสงในบริเวณทั่วไป ประกอบด้วย การให้แสงสว่างที่เกี่ยวเนื่องกับอารมณ์ (Lighting Design Feelings), ประเภทของการกระจายแสงสว่าง (Generic Types and Distributions), เทคนิคการให้แสงสว่างแบบต่างๆ (Lighting Distribution Strategies) และเทคนิคการให้แสงเฉพาะที่เพื่อเสริมการให้แสงในบริเวณทั่วไป (Task–Ambient Lighting)

ส่วนที่ 6 การศึกษาโคมไฟที่ใช้เทคนิคการให้แสงเฉพาะที่เพื่อเสริมการให้แสงในบริเวณทั่วไป ประกอบด้วย โคมไฟที่ใช้เทคนิคการให้แสงเฉพาะที่เพื่อเสริมการให้แสงในบริเวณทั่วไปที่ได้มีการผลิตใช้จริงในท้องตลาดจากผู้ประกอบการ เช่น TAMBIENT – GREEN IN ANY COLOR™, BERKELEY LAMP II – The Only Lamp Designed by Science และ LIGHTOLIER - Lighting that Makes a Difference

ข้อมูลจากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยทั้งหมดนี้จะเป็นข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญที่จะทำให้ทราบถึงความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา, วัตถุประสงค์ของการวิจัย, ขอบเขตของการวิจัย และการกำหนดตัวแปรในการวิจัย

2.1 เกณฑ์, มาตรฐานและข้อกำหนดในการออกแบบระบบแสงสว่าง

2.1.1 หน่วยงานที่รับผิดชอบด้านเกณฑ์, มาตรฐานและข้อกำหนด

หน่วยงานที่มีส่วนรับผิดชอบมาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับระบบไฟฟ้าแสงสว่างนั้นมีอยู่หลายหน่วยงานทั้งภายในประเทศและภายนอกประเทศ อาทิเช่น International Standard Organization (ISO), International Commission on Illumination (CIE), British Standard Institution (BSI), Deutshes Institut for Normung (DIN), Illuminating Engineering Society of North America (IESNA), Chartered Institution of Building Services Engineers (CIBSE), Thai Industrial Standards Institute (TIEA), Lawrence Berkeley Laboratory (LBL), Illuminating Engineering Society (IES), South African National Standards (SANS), New Zealand Standard (NZS), Australian Standard (AS) เป็นต้น โดยหน่วยงานเหล่านี้ได้มีการจัดทำเกณฑ์, มาตรฐานและข้อกำหนดในการออกแบบระบบแสงสว่าง โดยอาจแบ่งค่าการส่องสว่าง (Illuminance) ซึ่งวัดได้ในหน่วยลักซ์ (Lux) หรือ ฟุตแคนเดิล (Footcandle) ออกตามลักษณะพื้นที่การใช้งานและประเภทกิจกรรม ทั้งค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย (Average Illuminance) ซึ่งใช้เพียงค่าเดียว ยกตัวอย่างเช่น ค่าการส่องสว่าง 200 ลักซ์ สำหรับทางเดิน และค่าการส่องสว่างแบบช่วง (Range Illuminance) ซึ่งต้องอาศัยปัจจัยถ่วง (Weighting Factor) ในการพิจารณาเพิ่มเติม เช่น เพศ, วัย เป็นต้น ยกตัวอย่างเช่น ค่าการส่องสว่าง 200 – 300 – 500 ลักซ์ สำหรับพื้นที่สาธารณะที่มีสภาพแวดล้อมโดยรอบที่มืดกว่า

2.1.2 วิธีการเลือกใช้ค่าการส่องสว่างโดย IESNA

ตารางระดับค่าการส่องสว่าง[1] ที่แนะนำโดย Illuminating Engineering Society of North America (IESNA) ได้แสดงค่าการส่องสว่าง (Illuminance) ที่บนพื้นผิวในแนวนอน (Horizontal Surface) ในหน่วย ฟุตแคนเดิล (Footcandle, fc) หรือ ลักซ์ (Lux) ซึ่งค่าการส่องสว่าง 1 ฟุตแคนเดิล มีค่าเท่ากับ10 ลักซ์ โดยในการเลือกใช้ค่าการส่องสว่างจะต้องพิจารณาปัจจัยถ่วง (Weighting Factor) ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะเหล่านี้ร่วมด้วยได้แก่ อายุของผู้ใช้งานและผู้อยู่อาศัย, ความเร็วในการทำงาน และค่าการสะท้อนแสงฉากหลังของงาน ยกตัวอย่างเช่น การจะกำหนดระดับค่าการส่องสว่างที่แนะนำสำหรับการทำงานที่เกี่ยวเนื่องกับการมองเห็นความเปรียบต่างปานกลาง (Medium Contrast) เช่น การอ่านลายมือที่เขียนจากดินสอในสมุดการบ้านของ

---

[1] M. David Egan and Victor W. Olgyay, **Architectural lighting, 2nd ed.** (Boston: McGraw-Hill, 2002), p. 32.

นักเรียน ในขั้นแรกจะต้องพิจารณาว่างานชนิดนี้จัดอยู่ในประเภทใดในตารางที่ 2.3 ซึ่ง IESNA ได้แสดงให้เห็นถึงผลกระทบของความเปรียบต่างและขนาดของรายละเอียดการสภาพการมองเห็นของงาน โดยตัวอย่างที่กล่าวเบื้องต้นนี้ถูกจัดอยู่ในประเภท E ซึ่งมีค่าการส่องสว่าง 50 – 75 – 100 ฟุตแคนเดิล (500 – 750 – 1000 ลักซ์) ในขั้นต่อมาจึงพิจารณาร่วมกับปัจจัยถ่วง (Weighting Factor) ในตารางที่ 2.4 และตารางที่ 2.5 ซึ่งกำหนดว่างานที่ถูกจัดอยู่ในประเภท E นี้ควรเลือกค่าการส่องสว่างใดในช่วง ต่ำ – ปานกลาง – สูง โดยส่วนประกอบของปัจจัยถ่วงที่เลือกสำหรับการอ่านลายมือที่เขียนจากดินสอในสมุดการบ้านของนักเรียนนั้นมีส่วนประกอบดังแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 แสดงตัวอย่างการเลือกปัจจัยถ่วงสำหรับการอ่านลายมือที่เขียนจากดินสอในสมุดการบ้านของนักเรียน

ลักษณะงานและผู้ใช้งาน	ปัจจัยถ่วง
1. อายุของผู้ใช้งานและผู้อยู่อาศัย (นักเรียนอายุต่ำกว่า 40 ปี)	-1
2. ความเร็วในการทำงาน (ไม่จำเป็น, ความผิดพลาดไม่ได้มีผลต่อความปลอดภัย)	-1
3. ค่าการสะท้อนแสงฉากหลังของงาน (กระดาษ 70%)	0
ผลรวมของปัจจัยถ่วง	-2

เนื่องจากผลรวมของปัจจัยถ่วงมีค่า -2 ดังนั้นการเลือกใช้ค่าการส่องสว่างที่แนะนำสำหรับการทำงานประเภทนี้อยู่ที่ค่าการส่องสว่างในช่วงต่ำ คือ 50 ฟุตแคนเดิล (500 ลักซ์) โดยค่าการส่องสว่างที่แนะนำโดย Illuminating Engineering Society of North America (IESNA) นี้เป็นเพียงค่าการส่องสว่างที่ใช้เป็นค่ากลาง ซึ่งในการออกแบบและเลือกใช้จริงนั้นขึ้นอยู่กับประสบการณ์และการตัดสินใจของผู้ออกแบบเอง

2.1.3 ประเภทของค่าการส่องสว่างและค่าการส่องสว่างที่แนะนำโดย IESNA

การที่ผู้ออกแบบเพิ่มความตระหนักถึงงานที่ต้องใช้สายตานั้น ช่วยลดการคาดเดาค่าการส่องสว่างสำหรับพื้นที่ว่างนั้น โดยในตารางที่ 2.2 แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างการแสดงการออกแบบที่ยึดอัตวิสัยส่วนตัวของผู้ออกแบบและความต้องการแสงเพื่อการมองเห็นงานของผู้ใช้งานที่ควรคำนึงถึง ยกตัวอย่างเช่น ทางเดินเชื่อม (Corridor), โถงกลาง (Lobby) หรือพื้นที่ในลักษณะเช่นนี้ ซึ่งมีความต้องการแสงเพื่อการมองเห็นงานบ้างเป็นบางครั้ง โดยควรที่จะให้มีการจัดการพื้นที่ไว้สำหรับรองรับแสงธรรมชาติบ้าง หรือพื้นที่ว่างในลักษณะอื่น ยกตัวอย่างเช่น โรงเรียน, ธนาคาร, สำนักงาน และโรงพยาบาล นั้นก็ควรที่จะได้รับการควบคุมการใช้แสงธรรมชาติร่วมกับการใช้แสงประดิษฐ์ เพื่อเป็นการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ใช้สำหรับระบบแสงสว่างได้ทางหนึ่ง

ตารางที่ 2.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการแสดงการออกแบบที่ยึดอัตวิสัยส่วนตัวของผู้ออกแบบและความต้องการแสงเพื่อการมองเห็นงานของผู้ใช้งานที่ควรคำนึงถึง

การเพิ่มขึ้นของความต้องการแสงเพื่อการมองเห็นงานของผู้ใช้งานที่ควรคำนึงถึง ↓↓↓	ประเภทของค่าการส่องสว่าง	ประเภทของงานและกิจกรรม	↑↑↑ การเพิ่มขึ้นของการแสดงการออกแบบที่ยึดอัตวิสัยส่วนตัวของผู้ออกแบบ
	A	ทางเดินเชื่อม (ในเวลากลางคืน) พื้นที่สำหรับรอ (เช่น พื้นที่รอรับการตรวจร่างกาย)	
	B	โถงสำหรับเต้นรำ โถงรับประทานอาหาร พื้นที่อยู่อาศัย (สำหรับการสนทนา, การพักผ่อน และความบันเทิง) พื้นที่ภายในสนามบิน	
	C	ทางเดินเชื่อม, โถงกลาง, พื้นที่รอ โบสถ์ (สำหรับพื้นที่ในการพิธีหลัก)	
	D	โรงแรม (ห้องพัก, พื้นที่โถงกลางสำหรับอ่านหนังสือได้) พื้นที่อยู่อาศัย (ครัว, ส่วนซักล้าง และห้องเย็บผ้า)	
	E	ธนาคาร (พื้นที่ทำงานพนักงาน) โบสถ์ (แท่นพิธี) ห้องเรียน (ห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์) สำนักงาน (สำหรับงานธุรการ)	
	F	พื้นที่เขียนแบบ (ความเปรียบต่างต่ำ, การพิมพ์น้อยสี)	
	G	โรงพยาบาล (เตียงชันสูตรศพ)	
	H	โรงพยาบาล (เตียงผ่าตัด)	
	I	โรงงานอุตสาหกรรม (การตรวจสอบความเรียบร้อยเสื้อผ้า)	

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.3 แสดงค่าการส่องสว่างที่แนะนำโดย IESNA

ประเภทค่าการส่องสว่าง	ช่วงค่าการส่องสว่าง, ลักซ์ (ฟุตแคนเดิล)	ประเภทของกิจกรรม
ค่าการส่องสว่างทั่วไปตลอดทั่วทั้งห้อง :		
A	20–30–50 (2–3–5)	พื้นที่สาธารณะที่สภาพแวดล้อมโดยรอบมีสภาพมืด
B	50–75–100 (5–7.5–10)	พื้นที่ปรับเปลี่ยนสำหรับการเข้าถึงในระยะชั่วคราว
C	100–150–200 (10–15–20)	พื้นที่ทำงานซึ่งต้องใช้สายตาบางครั้งคราว
ค่าการส่องสว่างบนงาน :		
D	200–300–500 (20–30–50)	การทำงานที่มีความเปรียบต่างสูง/ตัวหนังสือมีขนาดใหญ่ เช่น การอ่านสิ่งพิมพ์, ต้นฉบับ, ลายมือที่เขียนจากหมึก, งานที่ถ่ายเอกสารคุณภาพดี, การทำงานกับเครื่องจักร/ตรวจสอบ/เชื่อมต่อที่ต้องใช้สายตาน้อย
E	500–750–1000 (50–75–100)	การทำงานที่มีความเปรียบต่างปานกลาง/ตัวหนังสือมีขนาดเล็ก เช่น การอ่านลายมือขนาดปานกลางที่เขียนด้วยดินสอ, สิ่งพิมพ์คุณภาพด้อย/ข้อความที่มีการทำซ้ำอีกครั้ง, การทำงานกับเครื่องจักร/ตรวจสอบ/เชื่อมต่อที่ต้องใช้สายตาปานกลาง
F	1000–1500–2000 (100–150–200)	การทำงานที่มีความเปรียบต่างต่ำ/ตัวหนังสือมีขนาดเล็กมาก เช่น การอ่านลายมือหวัดบนกระดาษที่มีคุณภาพต่ำ/ข้อความที่มีการทำซ้ำอีกครั้งที่มีคุณภาพต่ำ, การตรวจสอบที่ต้องใช้สายตามาก
ค่าการส่องสว่างบนงานที่ได้รับการให้แสงสว่างแบบทั่วไปผสมผสานกับการให้แสงสว่างเฉพาะจุด :		
G	2000–3000–5000 (200–300–500)	การทำงานที่มีความเปรียบต่างต่ำ/ตัวหนังสือมีขนาดเล็กมากตลอดช่วระยะเวลาหนึ่ง เช่น การทำงานกับเครื่องจักร/ตรวจสอบ/เชื่อมต่ออย่างละเอียด
H	5000–7500–10000 (500–750–1000)	การทำงานที่ใช้ระยะเวลายาวนาน/งานที่ต้องใช้สายตาสูง เช่น การทำงานกับเครื่องจักร / ตรวจสอบ / เชื่อมต่อที่ต้องใช้สายตาสูง
I	10000–15000-20000 (1000–1500–2000)	การทำงานที่มีความเปรียบต่างต่ำมาก/ต้องใช้สายตาสูงมาก และตัวหนังสือมีขนาดเล็กมาก เช่น การผ่าผัด

ศูนย์วิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.4 แสดงปัจจัยถ่วงสำหรับค่าการส่องสว่างที่แนะนำโดย IESNA (สำหรับประเภท A – C)

ลักษณะของห้องและผู้อยู่อาศัย	ปัจจัยถ่วง		
	-1	0	+1
อายุของผู้อยู่อาศัย	<40	40 – 55	>50
ค่าการสะท้อนแสงของห้อง	>70%	30 – 70%	<30%

ตารางที่ 2.5 แสดงปัจจัยถ่วงสำหรับค่าการส่องสว่างที่แนะนำโดย IESNA (สำหรับประเภท D – I)

ลักษณะของชนิดงานและผู้ใช้งาน	ปัจจัยถ่วง		
	-1	0	+1
อายุของผู้ใช้งาน	<40	40 – 55	>55
ความเร็วในการทำงาน	ไม่สำคัญ	สำคัญ	สำคัญมาก
ค่าการสะท้อนแสงฉากหลังของงาน	>70%	30 to 70%	<30%

2.1.4 เกณฑ์, มาตรฐานและข้อกำหนดในการออกแบบระบบแสงสว่างสำหรับอาคารสำนักงาน

เกณฑ์, มาตรฐานและข้อกำหนดในการออกแบบระบบแสงสว่างสำหรับอาคารสำนักงานนั้น ได้ถูกกำหนดออกมาใช้ในการออกแบบจากหน่วยงานทั้งภายในประเทศและภายนอกประเทศ อาทิเช่น ISO, CIE, BSI, DIN, IESNA, CIBSE, TIEA, LBL, IES, SANS, NZS, AS เพื่อให้สภาพแสงสว่างมีความเหมาะสมสำหรับการใช้งานในแต่ละพื้นที่ในสำนักงาน โดยในตารางแสดงค่าการส่องสว่างนั้นจะทำการเปรียบเทียบค่าการส่องสว่างจากแต่ละหน่วยงาน ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 3 ส่วนใหญ่ ดังนี้

ส่วนที่ 1 พื้นที่สัญจรและพื้นที่ทั่วไป เช่น โถงทางเข้าอาคาร, โถงนั่งพัก, ทางเดินภายในอาคาร

ส่วนที่ 2 พื้นที่ภายในสำนักงานที่มีกิจกรรมทั่วไป เช่น พื้นที่ถ่ายเอกสาร, พื้นที่เก็บเอกสาร

ส่วนที่ 3 พื้นที่ภายในสำนักงานที่มีกิจกรรมเฉพาะทาง เช่น ห้องประชุม, ห้องเขียนแบบ

ค่าการส่องสว่างที่แสดงในตารางที่ 2.5 – ตารางที่ 2.7 มีการแทนค่าสัญลักษณ์ในตาราง ดังนี้

E = ค่าการส่องสว่างต่ำสุดโดยเฉลี่ยที่แนะนำ (Maintained Illuminance, lx) ที่แสดงถึงค่าความส่องสว่างที่ใช้ทำกิจกรรมนั้น ซึ่งต้องมีค่าไม่ต่ำกว่าที่กำหนด และ ช่วงค่าการส่องสว่าง (Range Illuminance, lx) ที่แสดงถึงค่าความส่องสว่าง เป็นช่วงที่ใช้ทำกิจกรรม ซึ่งอาจจะพิจารณาร่วมกับปัจจัยถ่วง

UGR_L = ดัชนีบอกค่าระดับความไม่สบายตามากที่สุดที่ยอมรับได้จากระบบแสงสว่าง ณ พื้นที่หรือจุดทำงานนั้น (Limiting Unified Glare Rating) ซึ่ง UGR scale: 13 - 16 - 19 - 22 - 25 - 28 โดยตัวเลขที่มีค่าน้อยที่สุด แสดงถึงค่าความส่องสว่างที่มีแสงบาดตา (Glare) น้อยที่สุด

R_a = ค่าดัชนีความถูกต้องของสีขั้นต่ำ (Color Rendering Index) ควรเลือกชนิดหลอดไฟที่ให้ค่าความถูกต้องของสีไม่น้อยกว่าที่กำหนด

ตารางที่ 2.6 แสดงค่าการส่องสว่างของพื้นที่ทั่วไปและพื้นที่ทางเดิน

ลำดับ	พื้นที่ / กิจกรรม	E (lx) Maintained , Range	UGR_L	R_a	แหล่งที่มา
1	โถงทางเข้าอาคาร	100 150	22 -	60 -	TIEA , SANS , ISO , CIE NZS
2	โถงนั่งพัก	150 200	- 22	- 80	NZS TIEA , SANS , ISO , CIE
3	พื้นที่ทางเดินภายในอาคาร	100 150	28 -	40 -	TIEA , SANS , ISO , CIE NZS
4	บันได / บันไดเลื่อน / ทางเลื่อน	150 200	25 -	40 -	TIEA , SANS , ISO , CIE IES

จากตารางที่ 2.6 ซึ่งแสดงค่าการส่องสว่างของพื้นที่ทั่วไปและพื้นที่ทางเดิน พบว่าค่าการส่องสว่าง (Illuminance) มีค่าดังต่อไปนี้ โถงทางเข้าอาคาร (Entrance Hall) มีค่า 100 – 150 ลักซ์, โถงนั่งพัก (Lounge) มีค่า 150 – 200 ลักซ์, พื้นที่ทางเดินภายในอาคาร (Circulation and Corridor) มีค่า 100 – 150 ลักซ์, บันได / บันไดเลื่อน / ทางเลื่อน (Stairs / Elevator / Escalator) มีค่า 150 – 200 ลักซ์ ดังนั้นค่าการส่องสว่างของพื้นที่ทั่วไปและพื้นที่ทางเดินมีค่าอยู่ในช่วง 100 – 200 ลักซ์ จากเกณฑ์ของ IES , NZS, TIEA , SANS , ISO และ CIE

ตารางที่ 2.7 แสดงค่าการส่องสว่างของพื้นที่ภายในสำนักงานที่มีกิจกรรมทั่วไป

ลำดับ	พื้นที่ / กิจกรรม	E (lx) Maintained , Range	UGR_L	R_a	แหล่งที่มา
1	โถงทางเข้า, พื้นที่ต้อนรับ	200	22	80	SANS
2	ทางเดินเชื่อม, ทางเดินผ่าน	200	22	80	SANS
3	โต๊ะประชาสัมพันธ์	300	22	80	TIEA, SANS, ISO , CIE
4	พื้นที่สัญจรภายใน , งานถ่ายเอกสาร	300	19	80	TIEA, SANS, ISO , CIE
5	พื้นที่อ่าน / เขียน / จัดการด้านข้อมูล งานด้านเอกสาร, งานด้านบัญชี	500 1500	19 -	80 -	TIEA, SANS, ISO , CIE IES
6	งานด้านคอมพิวเตอร์ทั่วไป, งานที่ต้องใช้อุปกรณ์สำนักงาน	500	19	80	TIEA, SANS
7	พื้นที่เก็บเอกสาร	200	25	80	TIEA, SANS, ISO , CIE

จากตารางที่ 2.7 ซึ่งแสดงค่าการส่องสว่างของพื้นที่ภายในสำนักงานที่มีกิจกรรมทั่วไป พบว่าค่าการส่องสว่าง (Illuminance) มีค่าดังต่อไปนี้ โถงทางเข้า, พื้นที่ต้อนรับ (Entrance Hall and Reception Area) มีค่า 200 ลักซ์, ทางเดินเชื่อม, ทางเดินผ่าน (Corridor and Passage) มีค่า 200 ลักซ์, โต๊ะประชาสัมพันธ์ (Reception Desk) มีค่า 300 ลักซ์, พื้นที่สัญจรภายใน , งานถ่ายเอกสาร (Circulation, Copying) มีค่า 300 ลักซ์, พื้นที่อ่าน / เขียน / จัดการด้านข้อมูล, งานด้านเอกสาร, งานด้านบัญชี (Writing / Typing / Reading / Data Processing / Clerical) มีค่า 500 ลักซ์ และ 1500 ลักซ์, งานด้านคอมพิวเตอร์ทั่วไป,งานที่ต้องใช้อุปกรณ์สำนักงาน (Computer and Business Machine Operation) มีค่า 500 ลักซ์, พื้นที่เก็บเอกสาร (Achieve) มีค่า 200 ลักซ์ ดังนั้นค่าการส่องสว่างของพื้นที่ภายในสำนักงานที่มีกิจกรรมทั่วไปมีค่าอยู่ในช่วง 200 – 500 ลักซ์ จากเกณฑ์ของ TIEA , SANS , ISO และ CIE แต่มีค่าการส่องสว่าง 1000 ลักซ์ ซึ่งค่อนข้างสูงจากเกณฑ์ของ IES

ตารางที่ 2.8 แสดงค่าการส่องสว่างของพื้นที่ภายในสำนักงานที่มีกิจกรรมเฉพาะทาง

ลำดับ	พื้นที่ / กิจกรรม	E (lx) Maintained , Range	UGR_L	R_a	แหล่งที่มา
1	ห้องทำงานส่วนตัวของผู้บริหาร	500	16	-	NZS
2	ห้องทำงานส่วนรวมทั่วไป	500 300 – 750 1000	19 19 -	80 - -	SANS CP IES
3	พื้นที่ทำงานส่วนตัวแยกเป็นสัดส่วน	200 – 500 300 - 750	16 19	-	NZS CP
4	ห้องตอกบัตร	750	19	-	NZS
5	ห้องประชุม	300 750 500 300 - 750	19 16 19 19	80 - 80 -	TIEA NZS SANS, ISO , CIE CP
6	ห้องนำเสนอผลงาน	500 - 1000	19	-	CP
7	ห้องคอมพิวเตอร์ / งานที่ใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบ	500 500	19 19	80 -	TIEA, SANS, ISO , CIE NZS
8	ห้องเขียนแบบ	300 – 1000 500 – 750 750 2000	19 16 16 -	- - 80 -	CP NZS TIEA, SANS, ISO , CIE IES
9	ห้องพิมพ์	300	19	-	NZS , CP

ศูนย์วิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากตารางที่ 2.8 ซึ่งแสดงค่าการส่องสว่างของพื้นที่ภายในสำนักงานที่มีกิจกรรมเฉพาะทาง พบว่าค่าการส่องสว่าง (Illuminance) มีค่าดังต่อไปนี้ ห้องทำงานส่วนตัวของผู้บริหาร (Executive Office) มีค่า 500 ลักซ์, ห้องทำงานส่วนรวมทั่วไป (General Office) มีค่า 300 – 1000 ลักซ์, พื้นที่ทำงานส่วนตัวแยกเป็นสัดส่วน (Computer workstation / Visual Display Unit) มีค่า 200 – 750 ลักซ์, ห้องตอกบัตร (Punch Card Room) มีค่า 750 ลักซ์, ห้องประชุม (Conference and Meeting) มีค่า 300 – 750 ลักซ์, ห้องนำเสนอผลงาน (Computer and Data Presentation Room) มีค่า 500 – 1000 ลักซ์, ห้องคอมพิวเตอร์ / งานที่ใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบ (Computer Room and Computer Aid Design, CAD) มีค่า 500 ลักซ์, ห้องเขียนแบบ (Technical Drawing) มีค่า 300 – 2000 ลักซ์, ห้องพิมพ์ (Print Room) มีค่า 300 ลักซ์ ดังนั้นค่าการส่องสว่างของพื้นที่ภายในสำนักงานที่มีกิจกรรมเฉพาะทางมีค่าอยู่ในช่วง 200 – 2000 ลักซ์

นอกเหนือจากการพิจารณาเกณฑ์, มาตรฐานและข้อกำหนดในการออกแบบระบบแสงสว่างสำหรับอาคารสำนักงานแล้ว ในบางครั้งแม้ว่าจะมีค่าการส่องสว่างที่เหมาะสม หากแต่พนักงานซึ่งเป็นผู้ใช้งานหลัก ยังมีความรู้สึกไม่สบายตา ซึ่งมีสาเหตุมาจากความจ้าของแสงอันเกิดจากชิ้นงาน หรือสิ่งแวดล้อมที่อยู่ใกล้เคียงกันไม่มีความกลมกลืนกัน ดังนั้นเราอาจใช้การพิจารณาในการควบคุมระดับความจ้าของแสง[2] โดยกำหนดชนิดและสีของวัสดุที่ใช้ทำเพดาน ผนัง พื้น ตลอดจนเฟอร์นิเจอร์ที่อยู่ภายในห้องให้มีความสามารถในการสะท้อนแสง (Reflectance) ที่เหมาะสม ดังแสดงในตารางที่ 2.9

ตารางที่ 2.9 แสดงค่าความสะท้อนแสง (Reflectance) ที่เหมาะสม

พื้นผิววัสดุ	ค่าการสะท้อนแสง (%)
เพดาน	70 – 90
ผนัง	40 – 60
พื้น	20 – 40
ส่วนบนของเฟอร์นิเจอร์	25 – 45
อุปกรณ์สำนักงาน	25 – 45

2.2 ธรรมชาติของการมองเห็นของมนุษย์

2.2.1 ขอบเขตในการมองเห็นของดวงตา

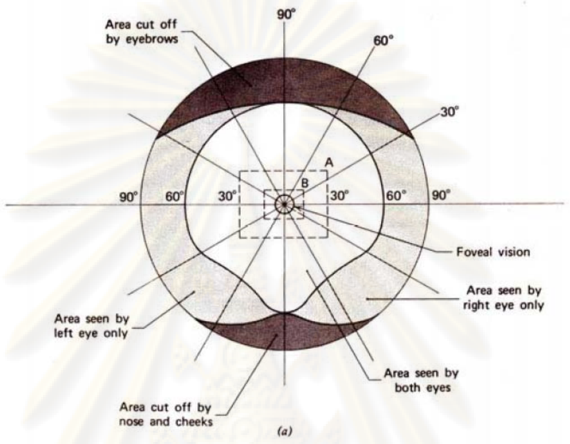
ดวงตามีขอบเขตในการมองเห็นในมุมมองที่จำกัด โดยแต่ละมุมของสายตาจะมีความสามารถในการรับภาพและความสว่างที่แตกต่างกัน ซึ่งสามารถแบ่งมุมตามความสามารถตามขอบเขตในการมองเห็นของตาในระนาบแนวนอนและระนาบแนวตั้ง ดังแสดงในภาพที่ 2.1 และภาพที่ 2.2 ดังนี้

ส่วนกลางของพื้นที่ที่มองเห็น คือ จุดที่มองไปครอบคลุม พื้นที่ 1 – 2° จากแกนกลาง กรวยที่ได้เป็นพื้นที่ที่สามารถมองเห็นได้ชัดเจนที่สุด เรียกว่า การมองเห็นในส่วนกลางของจอรับภาพ (The Central Foveal

[2] พิบูลย์ ดิษฐอุดม, **การออกแบบระบบแสงสว่าง**, (กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2521), หน้า 101.

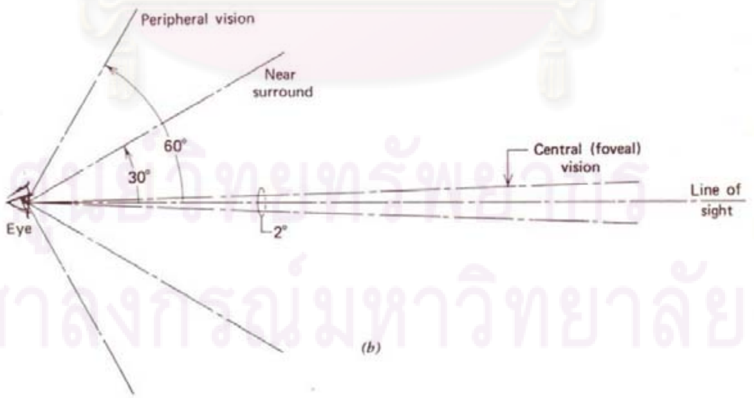
ศูนย์วิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

vision) ทรงกรวยที่ทำมุมกับแกนกลาง 30° ในพื้นที่ถัดมาจากส่วนกลางการมองเห็น จะเป็นพื้นที่ที่สามารถมองเห็นได้ไม่ละเอียดนัก จะเป็นเพียงการแยกความแตกต่างระหว่างวัตถุกับสิ่งแวดล้อมของมัน พื้นที่ในส่วนนี้เรียกว่า พื้นที่รอบจอภาพ (The Foveal Surround) ส่วนที่เหลือ คือ จุดที่อยู่ขอบสุดของการมองเห็น จะมองเห็นวัตถุในขนาดและรูปร่างที่แตกต่างออกไปจากความเป็นจริง เนื่องจากการทับซ้อนกันของพื้นที่การมองของตาซ้ายและตาขวา ส่วนนี้เรียกว่า การมองเห็นในส่วนขอบ (The Peripheral Vision)



ภาพที่ 2.1 แสดงขอบเขตในการมองเห็นของตาในระนาบแนวนอน

ที่มา : Stein, B.,and Raynolds, Mechanical and Electrical Equipment for Buildings, 9th(New York: John Wiley & Sons, 2000), p.1066.



ภาพที่ 2.2 แสดงขอบเขตในการมองเห็นของตาในระนาบแนวตั้ง

ที่มา : Stein, B.,and Raynolds, Mechanical and Electrical Equipment for Buildings, 9th(New York: John Wiley & Sons, 2000), p.1066.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.2.2 ปัจจัยที่ช่วยในการมองเห็น

ปัจจัยพื้นฐานของการมองเห็นเห็นชิ้นงานหรือวัตถุได้ชัดเจนมี 4 ปัจจัยได้แก่ ขนาด (Size) ความสว่างจ้า (Luminous Intensity) ความเปรียบต่าง (Task Contrast) และ เวลาที่ใช้ในการมอง (Time of Viewing) นอกจากปัจจัยพื้นฐานทั้ง 4 ปัจจัยนี้ยังมีปัจจัยอื่น ๆ รองลงมาได้แก่ การปรับตัวของสายตา (Adaptation) ประสบการณ์ (Experience) และระยะทางการมอง (Distance) เป็นต้น ซึ่งทั้งหมดจะเป็นปัจจัยที่พิจารณารองลงมาจากปัจจัยพื้นฐานทั้ง 4 ปัจจัยข้างต้น

2.2.2.1 **ขนาดของวัตถุที่มองเห็น** (Size of Visual Object or View – Angle)

ขนาดของวัตถุที่มองเห็นโดยทั่วไปแล้ว ความชัดเจนในการมองเห็นเป็นสัดส่วนของขนาดทางกายภาพของวัตถุและขึ้นอยู่กับการให้ความสว่างที่วัตถุ (Fixed Brightness) ความเปรียบต่างและเวลาที่ใช้ในการมอง แม้ว่าในทางกายภาพไม่มีขอบเขตในการมองภาพที่แท้จริงก็ตามแต่มุมแห่งการมอง (Subtended Visual Angle) มีผลต่อความสามารถในการมองเห็นได้ดีขึ้นเมื่อมีการนำวัตถุหรือภาพเข้ามาใกล้ตา โดยที่ตาจะสามารถมองเห็นวัตถุที่ใหญ่ได้ง่ายกว่าวัตถุที่เล็ก และตาจะเห็นวัตถุชิ้นเดียวกันมีขนาดเล็กลงในเวลากลางคืนเมื่อเทียบกับกลางวัน เมื่อได้ปริมาณแสงที่พอเหมาะ คือ การให้ตาของคนเรามีความรู้สึกเห็นวัตถุชิ้นเดียวกันนั้นเสมือนมีขนาดใหญ่ขึ้นเท่ากับขนาดที่เราเห็นในตอนกลางวันวัตถุที่มีขนาดเล็กและรายละเอียดมากยิ่งต้องการปริมาณแสงมากขึ้นด้วย เช่น การอ่านหนังสือ การพิมพ์ดีด การเขียนแบบ ย่อมต้องการปริมาณแสงมากขึ้นเป็นพิเศษ

2.2.2.2 **ความสว่างจ้าและความสว่าง** (Luminance and Brightness)

การมองเห็นวัตถุต่าง ๆ ได้ชัดเจนหรือไม่นั้นขึ้นอยู่กับขนาดของวัตถุหรือสีของวัตถุ ถ้าความสว่างไม่เพียงพอจะทำให้เราสามารถแยกแยะวัตถุนั้น ๆ ได้ลำบาก ยิ่งถ้าวัตถุนั้นกำลังเคลื่อนที่อยู่ก็จะต้องใช้แสงสว่างมากขึ้นเพื่อที่จะได้เห็นวัตถุนั้นได้ชัดเจน ถ้ามีความเปรียบต่างของความขาว - ดำ น้อย หรือมีลักษณะคล้ายๆ กัน หรือขนาดของวัตถุยิ่งเล็กก็ต้องการแสงสว่างมาก และเวลาในการมองเห็นก็ต้องเพิ่มมากขึ้น องค์ประกอบเหล่านี้จะต้องนำไปพิจารณาในการออกแบบระบบแสงสว่าง การออกแบบแสงสว่างที่ดีได้ปริมาณแสงที่เหมาะสมถูกต้องกับการใช้งาน จะต้องคำนึงถึงองค์ประกอบต่าง ๆ มากมาย ในที่นี้จะพิจารณาถึงความสัมพันธ์ขององค์ประกอบต่าง ๆ ดังกล่าวข้างต้นที่มีผลกระทบต่อการเห็น

ในการออกแบบระบบแสงสว่างทั่วไปต้องคำนึงถึงองค์ประกอบที่อยู่รอบ ๆ ในบริเวณที่กำลังออกแบบ ได้แก่ พื้น ผนัง ฝ้าเพดาน โต๊ะ และชิ้นงานต่าง ๆ โดยต้องจัดให้สิ่งเหล่านี้มีความสว่างจ้าสอดคล้องกลมกลืนกันเพื่อสร้างความสบายตาทางสายตา (Visual Comfort) จึงมีการศึกษาเพื่อหาสัดส่วนความแตกต่างของความสว่างจ้าที่ต้องการในสัดส่วนที่แตกต่างกันออกไปของมุมมองปกติซึ่งมีอัตราส่วนดังต่อไปนี้ อัตราส่วนความสว่างจ้า (Brightness Ratio) ในที่นี้หมายถึง อัตราส่วนระหว่างความสว่างจ้าของชิ้นงานกับสิ่งที่อยู่รอบชิ้นงานนั้น โดยเฉพาะชิ้นงานที่มีสีค่อนข้างมืดกว่าพื้นที่ที่อยู่ข้างเคียง โดยพยายามจัดให้ชิ้นงานมีความสว่างจ้าน้อยกว่าพื้นที่ที่อยู่ข้างเคียงไม่เกินอัตราส่วน 1/3 : 1

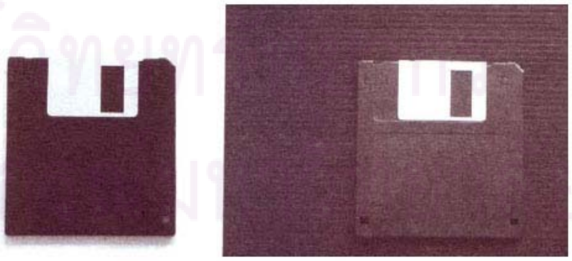
การกระจายความสว่าง (Luminance Distribution)[3] ในมุมมองของการมองเห็น (Field of View) ได้ควบคุมการปรับตัวของสายตา (Adaptation) ซึ่งมีผลต่อการมองเห็นชิ้นงาน (Task Visibility) โดยการปรับความสว่างที่มีสมดุลนั้นจะช่วยในการเพิ่มความคมชัด (ความชัดเจนของวิสัยทัศน์), ความรู้สึกไวต่อความเปรียบต่าง (การแยกแยะในเรื่องความแตกต่างเล็กน้อยของความสว่าง) และประสิทธิภาพในการมองเห็น (เช่น การหดของม่านตา, การปรับสายตา)

นอกจากนี้การกระจายความสว่าง (Luminance Distribution) ในมุมมองของการมองเห็น (Field of View) ยังมีผลต่อความสบายทางสายตา (Visual Comfort) ซึ่งสมควรที่จะหลีกเลี่ยงความสว่างที่มีค่าสูงมาก (ซึ่งอาจให้ความจ้าที่สูงเช่นกัน), ความเปรียบต่างของความสว่างที่มีค่าสูงมาก (ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้ดวงตาเกิดความเมื่อยล้า เนื่องจากการปรับตัวของสายตาที่ไม่คงที่), ความสว่างและความเปรียบต่างของความสว่างที่มีค่าต่ำมาก (ซึ่งอาจไม่เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมในการทำงาน)

ความแตกต่างของความสว่างสามารถระบุหรือวัดในแง่ของอัตรา โดยอัตราส่วนความสว่างระหว่างงานกับพื้นที่ข้างเคียง (Task-to-Immediate Surround) คือ 3:1 และอัตราส่วนความสว่างระหว่างงานกับพื้นที่โดยรอบทั่วไป (Task-to-Genral Background) คือ 10:1 และในส่วนค่าการสะท้องแสง (Reflectance) และอัตราส่วนความส่องสว่าง (Illuminance Ratio) นั้นให้พิจารณาตามอัตราส่วนความสว่าง (Luminance Ratio)

2.2.2.3 ความเปรียบต่าง (Contrast)

ความแตกต่างของความดำ - ขาวระหว่างวัตถุกับสิ่งต่าง ๆ ที่อยู่รอบตัวมัน จะเห็นได้ว่าเมื่อความแตกต่างของความดำ - ขาวยิ่งมากการมองเห็นก็จะทำได้ง่ายขึ้น ความต้องการปริมาณแสงจะน้อยลง ยกตัวอย่างเช่น ตัวหนังสือดำบนกระดาษสีขาว ย่อมถูกเห็นได้ง่ายกว่าตัวหนังสือดำบนพื้นเทา และถ้าความแตกต่างของความดำ - ขาวยิ่งน้อยปริมาณแสงที่ต้องการจะมีมากขึ้น ตัวอย่างเช่น วางวัตถุสีดำบนพื้นสีขาวจะมองเห็นได้ง่ายกว่าวัตถุสีดำที่วางบนพื้นสีดำ ดังแสดงในภาพที่ 2.3



ภาพที่ 2.3 แสดงความเปรียบต่างระหว่างวัตถุที่พิจารณากับพื้นหลัง

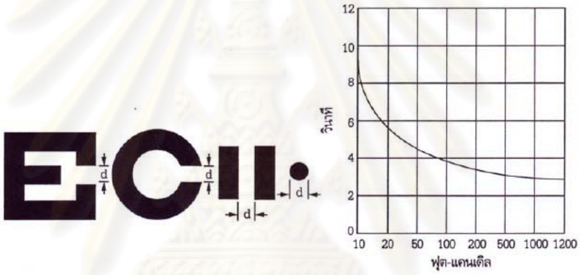
ที่มา : พรรณชลัท สุริโยธิน. **วัสดุและการก่อสร้างหลอดไฟฟ้า**. (กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2547), หน้า 24.

---

[3] Society of Light and Lighting, **Code for Lighting**, (Oxford: Butterworth-Heinemann, 2002) p. 33

2.2.2.4 **เวลา** (Time of Viewing)

ตามปกติตาของคนเราไม่สามารถมองเห็นวัตถุที่ปรากฏขึ้นตรงหน้าทันที เพราะต้องมีช่วงเวลาให้ตาได้สัมผัสหรือมองเห็นกับวัตถุ เนื่องจากตาต้องใช้เวลาช่วงหนึ่งเพื่อปรับกล้ามเนื้อตาให้ขยายหรือหดตัวให้เข้ากับปริมาณแสง ซึ่งถ้าปริมาณแสงยิ่งน้อยการเห็นก็ต้องการเวลามากยิ่งขึ้น ดังนั้นผู้ออกแบบระบบแสงสว่างจะต้องคำนึงถึงปัญหานี้เป็นพิเศษ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีที่วัตถุเคลื่อนที่ เช่น การเล่นฟุตบอลปริมาณแสงที่ต้องการจะต้องสูงเพียงพอ ผู้ออกแบบควรนำข้อจำกัดเหล่านี้มาพิจารณาเป็นพิเศษ เมื่อปริมาณแสงเพิ่มมากขึ้น เวลาที่ตาต้องใช้ในการปรับตาเพื่อให้มองเห็นจะสั้นลง อย่างไรก็ตามเมื่อปริมาณแสงมากขึ้นจนถึงระดับหนึ่ง เวลาที่ตาต้องการใช้ในการปรับตาจะเริ่มคงที่เนื่องจากตามีขีดจำกัดในการปรับกล้ามเนื้อตานั่นเอง ดังนั้นผู้ที่ทำงานอยู่ภายใต้แสงที่มีปริมาณมากเพียงพอ ก็ย่อมสามารถทำงานได้เร็วกว่าและถูกต้องกว่าดังแสดงในภาพที่ 2.4



ภาพที่ 2.4 แสดงรูปร่างและขนาดของชิ้นงานและเวลาในการมองเห็นเมื่อเทียบกับปริมาณแห่งการส่องสว่าง
ที่มา : ชาญศักดิ์ อภัยนิพัฒน์. **เทคนิคการออกแบบแสงสว่าง, พิมพ์ครั้งที่3.** (กรุงเทพฯ: ส.ส.ท., 2543), หน้า 14.

2.2.3 การมองเห็นที่เกี่ยวเนื่องกับการใช้งานภายในอาคารสำนักงาน

ในการพัฒนาออกแบบโคมไฟนั้น ควรพิจารณาร่วมกับสภาพการมองเห็นที่เกี่ยวเนื่องกับการใช้งานภายในอาคารสำนักงาน โดยทำการพิจารณาร่วมกับการติดตั้งหน้าจอคอมพิวเตอร์, ระยะในการนั่งของผู้ใช้งานภายในอาคารสำนักงาน ซึ่งเกี่ยวเนื่องกับระยะความสูงของผนังกั้นระหว่างโต๊ะทำงาน และการติดตั้งโคมไฟที่เหมาะสมกับการใช้เทคนิคการให้แสงเฉพาะที่เพื่อเสริมการให้แสงในบริเวณทั่วไป

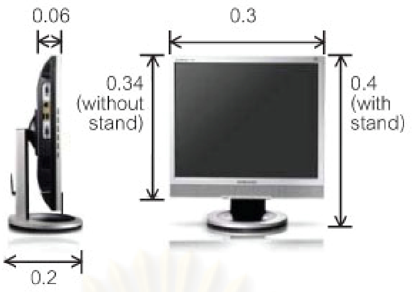
2.2.3.1 การติดตั้งหน้าจอคอมพิวเตอร์

ระยะความกว้างในการวางจอคอมพิวเตอร์จากผนังกั้นโต๊ะทำงาน[4] ซึ่งในปัจจุบันนิยมใช้จอคอมพิวเตอร์ชนิดแอลซีดี (Liquid Crystal Display, LCD) ที่มีความหนา 0.06 m และมีระยะความกว้างในการติดตั้งพร้อมขาตั้งอยู่ที่ 0.20 เมตร ซึ่งใช้พื้นที่น้อยกว่าจอคอมพิวเตอร์ชนิดซีอาร์ที (Cathode Ray Tube Monitor, CRT) ดังแสดงในภาพที่ 2.5

---

[4] Copyright© 2008 SAMSUNG. LCD monitor. **SAMSUNG Product**[Online]. Available from: http://www.samsung.com[2008, July 18]

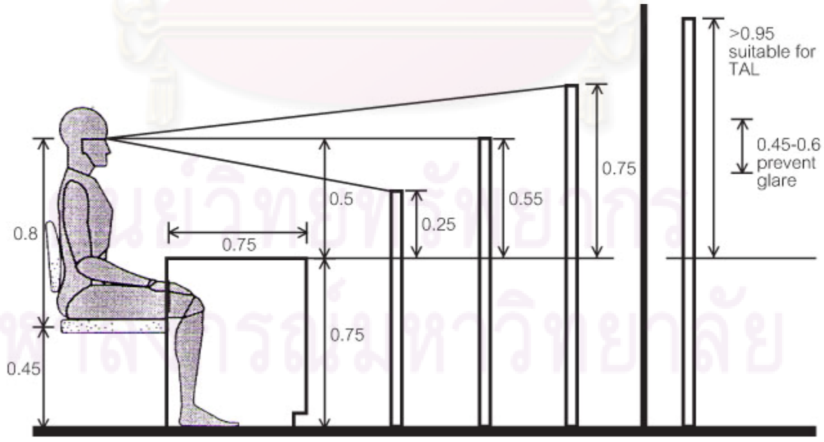
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาพที่ 2.5 แสดงขนาดของหน้าจอคอมพิวเตอร์ชนิดแอลซีดี

2.2.3.2 ระยะในการนั่งของผู้ใช้งานภายในอาคารสำนักงาน

ระยะในการนั่งของผู้ใช้งานภายในอาคารสำนักงานนั้นมีความเกี่ยวเนื่องกับระยะความสูงของผนังกั้นระหว่างโต๊ะทำงานและการติดตั้งโคมไฟที่เหมาะสมกับการใช้เทคนิคการให้แสงเฉพาะที่เพื่อเสริมการให้แสงในบริเวณทั่วไป โดยขนาดผู้ใช้งาน (Human Dimension) ในการใช้งานภายในอาคารสำนักงาน[5] นั้นมีระยะความสูงของระนาบทำงาน (Work Plane Height) อยู่ที่ 0.75 เมตร, ระยะความสูงของระดับสายตาผู้ใช้ในการมองขณะที่นั่งทำงานกับโต๊ะทำงาน อยู่ที่ 0.50 เมตร ในมุมมองตรงปกติ และอยู่ที่ 0.75 เมตร ในมุมมองเงย และระยะความสูงของผนังกั้นระหว่างโต๊ะทำงาน อยู่ที่ 0.25 – 0.75 เมตร วัดจากระนาบทำงาน และสำหรับการป้องกันความจ้า (Glare) ของแหล่งกำเนิดแสงสว่าง[6] ต่อสายตาผู้ใช้ อยู่ที่ 0.45 – 0.60 เมตร นอกจากนั้นการติดตั้งโคมไฟที่เหมาะสมกับโคมไฟที่ใช้เทคนิคการให้แสงเฉพาะที่เพื่อเสริมการให้แสงในบริเวณทั่วไป จะอยู่ที่ระยะ >0.95 เมตร ดังแสดงในภาพที่ 2.6



ภาพที่ 2.6 แสดงระยะในการนั่งของผู้ใช้งานภายในอาคารสำนักงาน

---

[5] Julius Panero and Martin Zelnik, **Human dimension & interior space: a source book of design reference standards** (New York: Whitney Library of Design, 1979), pp. 169 - 186.

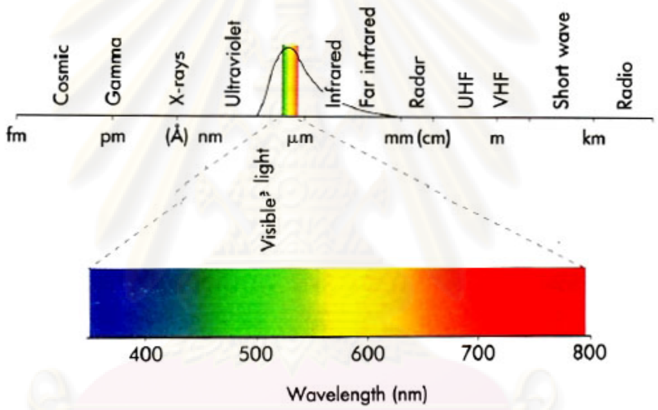
[6] Copyright© Tambient 2005, **Task Ambient Luminaires. Task Ambient Luminaires**[Online] (Available from: http://tambient.com/main/TaskAmbient)[2008, July 18]

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.3 คุณสมบัติของแสง, พฤติกรรมของแสง และแหล่งกำเนิดแสง

2.3.1 คุณสมบัติของแสง

แสงเป็นพลังงานรูปแบบหนึ่งที่เคลื่อนที่ได้ การเคลื่อนที่ของแสงอยู่ในรูปของแม่เหล็กไฟฟ้า พลังงานที่เคลื่อนที่ได้เหล่านี้ถูกกำหนดโดยความถี่ (Frequency) ในหน่วย เฮิรตซ์ (Hz) และความยาวคลื่น (Wavelength) ในหน่วย นาโนมิเตอร์ (Nanometer) ซึ่งการเคลื่อนที่ในรูปของคลื่นนี้ทำให้มีความยาวคลื่นที่เฉพาะตัวแตกต่างกันออกไป กล่าวคือ ความถี่หรือความยาวคลื่นจะเป็นตัวกำหนดพลังงาน เมื่อนำเอาพลังงานที่เคลื่อนที่ได้ทั้งหมดมาเรียงกันจากพลังงานที่มีความยาวคลื่นต่ำสุดจนถึงพลังงานที่มีความยาวคลื่นสูงสุด จะเห็นว่าแสงช่วงที่ตามองเห็น (Visible Light) เป็นเพียงแถบพลังงานเล็กๆ แถบหนึ่งที่มีช่วงความยาวคลื่นอยู่ระหว่าง 0.38 – 0.78 ไมครอน (Micron) หรือ 380 – 780 นาโนเมตร ประกอบด้วยสเปคตรัม (Spectrum) ของแสงหลาย ๆ สีอันเกิดจากความถี่และความยาวคลื่นของการแผ่รังสีที่แตกต่างกัน ดังแสดงในภาพที่ 2.7



ภาพที่ 2.7 แสดงสเปคตรัมของแสง

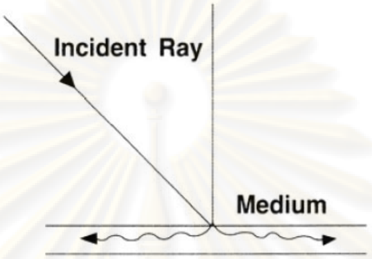
ที่มา : Gordon, G. **Interior Lighting for Designers.** (USA : John Wiley & Sons, 1995)

2.3.2 พฤติกรรมของแสง

แสงเดินทางออกจากแหล่งกำเนิดเป็นเส้นตรงในสูญญากาศ ด้วยความเร็วสูง 3×10^8 เมตร /วินาที ใช้เวลาเดินทางประมาณ 8.3 วินาที จากดวงอาทิตย์มายังโลก และประมาณ 1.3 วินาที จากดวงจันทร์มายังโลก เมื่อแสงเดินทางมากระทบตัวกลาง (Medium) ต่างๆ เช่น อากาศ ของเหลว วัตถุโปร่งแสงและวัตถุทึบแสง ฯลฯ ทางเดินของแสงจะเปลี่ยนไป ความเร็วของแสงจะลดลง เนื่องจากค่าดัชนีการหักเห (Refractive Index) ของตัวกลางนั้น ๆ และแสงจะแสดงพฤติกรรมหลัก 3 ประการ คือ การดูดกลืน (Absorption) การสะท้อน (Reflection) และการส่องผ่าน (Transmission) การเกิดพฤติกรรมใดมากหรือน้อยนั้น ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติและพื้นผิวของวัสดุแต่ละชนิด ปรากฏการณ์ต่าง ๆ ของแสงนี้ จึงเป็นเรื่องที่ควรศึกษาและคำนึงถึง เมื่อจะต้องเลือกใช้ดวงโคมตลอดการออกแบบการให้แสงสว่าง

2.3.2.1 **การดูดกลืน** (Absorption)

การดูดกลืนเป็นปรากฏการณ์ที่แสงถูกดูดกลืนหายเข้าไปในตัวกลางและเกิดการเปลี่ยนรูปของพลังงาน เช่น การฉายแสงขาวลงบนผนังสีแดง แสงสีอื่นๆ จะถูกดูดกลืน หายเข้าไปในกำแพงยกเว้นแสงสีแดงเท่านั้นที่สะท้อนออกมาสู่ดวงตา เราจึงเห็นผนังสีแดง และเมื่อมีการดูดกลืนพลังงานแสงเข้าไปในวัตถุใดๆ จะเกิดการเปลี่ยนรูปพลังงานแสงเป็นพลังงานความร้อน ดังแสดงในภาพที่ 2.8



ภาพที่ 2.8 แสดงการดูดกลืนของแสงเมื่อตกกระทบตัวกลาง

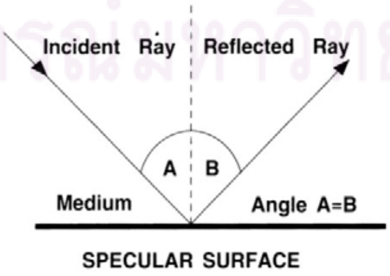
ที่มา: พรรณชลัท สุริโยธิน. **วัสดุและการก่อสร้างหลอดไฟฟ้า**. (กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2547), หน้า 4.

2.3.2.2 **การสะท้อน** (Reflection)

การสะท้อนเป็นพฤติกรรมของแสงที่ตกกระทบบนตัวกลางแล้วสะท้อนกลับออกมาโดยที่ความถี่ของคลื่นแสงนั้นไม่เปลี่ยนไป ลักษณะของการสะท้อนอาจแบ่งได้เป็น

2.3.2.2.1 **การสะท้อนแบบเสมือนกระจกเงา** (Specular Reflection)

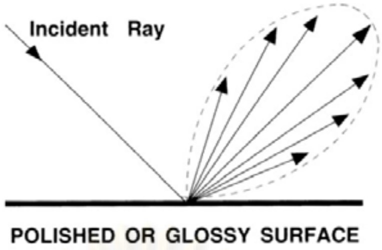
การสะท้อนแบบเสมือนกระจกเงาเกิดขึ้นเมื่อแสงตกกระทบบนตัวกลางที่เป็นวัสดุทึบแสง (Opaque Material) มีลักษณะเป็นผิวเรียบมันวาว (Polished Surface) การสะท้อนจะมีมุมของแสงที่ตกกระทบ (Angle of Incident) เท่ากับมุมของแสงที่สะท้อน (Angle of Reflection) ดังแสดงในภาพที่ 2.9 และภาพที่ 2.10



ภาพที่ 2.9 แสดงการสะท้อนแสงแบบเสมือนกระจกเงา

ที่มา: พรรณชลัท สุริโยธิน. **วัสดุและการก่อสร้างหลอดไฟฟ้า**. (กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2547), หน้า 6.

ศูนย์วิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

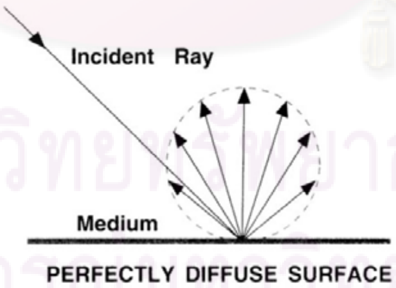


ภาพที่ 2.10 แสดงการสะท้อนแสงแบบเสมือนกระจกเงาบางส่วนหรือแบบมีทิศทางบางส่วน

ที่มา: พรรณชลัท สุริโยธิน. **วัสดุและการก่อสร้างหลอดไฟฟ้า**. (กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2547), หน้า 6.

2.3.2.2.2 **การสะท้อนแบบกระจาย** (Diffuse Reflection)

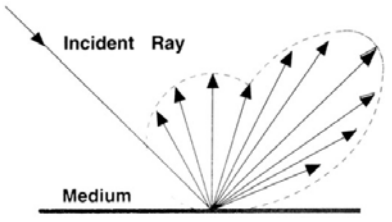
การสะท้อนแบบกระจายเกิดขึ้นเมื่อแสงตกกระทบบนตัวกลางที่มีผิวหยาบ แสงจะสะท้อนออกไปในหลายๆทิศทาง ซึ่งส่วนมากมุมของแสงสะท้อนที่กระจายออกไปนั้นจะไม่เท่ากับมุมของแสงที่ตกกระทบ หากผิววัสดุมีลักษณะหยาบอย่างสมบูรณ์คือ หยาบทั่วกันทั้งผิว (Perfectly Diffuse Surface) แสงสะท้อนที่ได้จะมีลักษณะเป็นการกระจายแสงสมบูรณ์ (Perfectly Diffuse Reflection) เป็นการสะท้อนแสงที่ให้ความสว่างเท่าๆกันในทุกมุมสะท้อน แต่ถ้าหากผิววัตถุไม่เรียบอย่างสม่ำเสมอ (Semi Diffuse Surface) แสงสะท้อนที่ได้ก็จะมีลักษณะเป็นการสะท้อนแบบกระจัดกระจาย (Semi Diffuse Reflection) โดยทั่วไปแสงที่สะท้อนออกมาจากวัตถุ มักจะมีลักษณะผสมผสานกันระหว่างการสะท้อนแบบเสมือนกระจกเงา และการสะท้อนแบบกระจาย ดังแสดงในภาพที่ 2.11 และภาพที่ 2.12



ภาพที่ 2.11 แสดงการสะท้อนแสงแบบกระจายแสงสมบูรณ์

ที่มา: พรรณชลัท สุริโยธิน. **วัสดุและการก่อสร้างหลอดไฟฟ้า**. (กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2547), หน้า 6.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาพที่ 2.12 แสดงการสะท้อนแสงแบบกระจัดกระจาย

ที่มา: พรรณชลัท สุริโยธิน. **วัสดุและการก่อสร้างหลอดไฟฟ้า**. (กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2547), หน้า 6.

2.3.2.3 **การส่องผ่าน** (Transmission)

การส่องผ่านเป็นเกิดขึ้นเมื่อแสงตกกระทบด้านหนึ่งของตัวกลาง แล้วทะลุผ่านไปยังอีกด้านหนึ่ง หากไม่พิจารณาคุณสมบัติหรือลักษณะของตัวกลางที่แสงผ่านแล้ว มุมของแสงที่ตกกระทบจะเท่ากับมุมของแสงที่ทะลุผ่าน และแสงที่ผ่านออกมานั้นจะยังมีปริมาณคงเดิม การส่องผ่านของแสงสามารถจำแนกได้ตามลักษณะของตัวกลางดังนี้

2.3.2.3.1 **ตัวกลางโปร่งใส** (Transparent Medium)

การส่องผ่านลักษณะนี้แสงจะเกิดการหักเห (Refraction) หรือเปลี่ยนทิศทาง (Bent) ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของตัวกลาง และทะลุผ่านในลักษณะเดิมของลำแสงที่ตกกระทบ โดยยังสามารถมองเห็นแหล่งกำเนิดแสงที่อีกด้านหนึ่งของตัวกลางได้อย่างชัดเจน เช่น กระจกใส เป็นต้น

2.3.2.3.2 **ตัวกลางโปร่งแสง** (Translucent Medium)

การส่องผ่านของแสงลักษณะนี้แสงที่ส่องผ่านจะเกิดการกระจาย (Diffuse Transmission) โดยไม่สามารถมองเห็นแหล่งกำเนิดแสงที่อีกด้านหนึ่งของตัวกลางได้อย่างชัดเจน เช่น กระจกฝ้า เป็นต้น

เมื่อแสงตกกระทบตัวกลางที่แสงส่องผ่านได้ แสงส่วนหนึ่งจะถูกดูดกลืน ส่วนหนึ่งจะสะท้อนกลับและส่วนที่เหลือจะทะลุผ่านตัวกลาง หมายความว่า ปริมาณของแสงที่ตกกระทบจะเท่ากับปริมาณแสงที่ถูกดูดกลืนและปริมาณแสงที่สะท้อนกลับ รวมกับปริมาณแสงที่ทะลุผ่านเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$\text{Absorptance} + \text{Reflectance} + \text{Transmittance} = 1$$

2.3.3 **แหล่งกำเนิดแสง**

แหล่งกำเนิดแสงมีความสำคัญในการศึกษาเรื่องแสงเป็นอย่างมาก เนื่องจากมีความสัมพันธ์โดยตรงต่อการให้แสง รูปแบบและคุณสมบัติของแสงที่เปล่งออกมาจากแหล่งกำเนิด ทิศทางของแหล่งกำเนิด ปริมาณและความเข้มของแสง มีผลต่อปริมาณและคุณภาพของแสงที่จะนำมาใช้งาน ดังนั้น จึงมีความจำเป็นที่จะต้องศึกษาเบื้องต้นเกี่ยวกับแหล่งกำเนิดของแสง จากคุณสมบัติของแสงดังที่กล่าวมาข้างต้น ปริมาณและ

คุณภาพแสงจะขึ้นอยู่กับแหล่งกำเนิดแสงเป็นหลัง แต่ขณะเดียวกัน แสงก็สามารถก่อให้เกิดแหล่งกำเนิดแสงได้ด้วย จึงทำให้สามารถจำแนกแหล่งกำเนิดของแสงใน 2 กรณี คือ แหล่งกำเนิดแสงทางตรง (Direct Light Source) ซึ่งมีพลังงานสูงจนสามารถเปล่งแสงออกมาจากตัวของมันเองได้โดยตรง และแหล่งกำเนิดแสงทางอ้อม (Indirect Light Source) ซึ่งเป็นแสงที่เกิดจากการสะท้อน หรือส่องผ่านวัตถุ ทำให้วัตถุนั้นมีคุณสมบัติเสมือนแหล่งกำเนิดแสง (Secondary Source) ซึ่งแสงจะมีลักษณะแตกต่างกันตามคุณสมบัติในการสะท้อนแสงและการยอมให้แสงส่องผ่าน ซึ่งขึ้นอยู่กับลักษณะพื้นผิวของวัตถุด้วย

แหล่งกำเนิดแสง สามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ แหล่งกำเนิดของแสงธรรมชาติ และแหล่งกำเนิดแสงประดิษฐ์ แต่ในที่นี้จะกล่าวถึงเพียง แหล่งกำเนิดแสงประดิษฐ์

2.3.3.1 แหล่งกำเนิดแสงประดิษฐ์

หลอดไฟฟ้า (Lamps) เป็นแหล่งกำเนิดแสงประดิษฐ์ที่มีหลากหลายประเภท ซึ่งแต่ละประเภทก็มีจุดเด่น – จุดด้อยแตกต่างกันออกไป การนำไปใช้งานและลักษณะกิจกรรมจะเป็นตัวกำหนดชนิดของหลอดไฟ เนื่องจากหลอดไฟมีสีของแสงเป็นสีเฉพาะตัว มีความถูกต้องของสีไม่เท่ากับแสงธรรมชาติ ให้ปริมาณและประสิทธิภาพแสงในขอบเขตที่กำหนดขึ้นการแบ่งประเภทของหลอดไฟ หลอดไฟฟ้าแบ่งเป็นประเภทใหญ่ คือ หลอดอินแคนเดสเซนต์ หรือ หลอดมีไส้ และหลอดดิสชาร์จ

2.3.3.1.1 หลอดฟลูออเรสเซนต์

หลอดฟลูออเรสเซนต์เป็นหลอดดิสชาร์จความดันต่ำซึ่งแสงที่ออกมา กำเนิดมาจากผงฟลูออเรสเซนต์ที่ถูกพลังงานอัลตราไวโอเลตซึ่งกำเนิดมาจากอาร์กของปรอท โครงสร้างของหลอดประกอบด้วยหลอดแก้วยาวซึ่งมีขั้วไฟฟ้าที่ปลาย และบรรจุไอปรอทที่ความดันต่ำและมีก๊าซเฉื่อยเล็กน้อยเพื่อการเริ่มต้นจุดไส้หลอด ภายในแก้วเคลือบด้วยผงฟลูออเรสเซนต์ที่เรียกว่า ฟอสเฟอร์ เมื่อป้อนศักดาไฟฟ้าระหว่างขั้วไฟฟ้าทำให้เกิดดิสชาร์จไหลผ่านไอปรอทกำเนิดแสงที่มองเห็นและรังสีที่มองไม่เห็นส่วนใหญ่ที่เรียกว่าอัลตราไวโอเลต และรังสีอัลตราไวโอเลตนี้ทำให้สารฟอสเฟอร์เรืองแสงออกมา

หลอดฟลูออเรสเซนต์ถือเป็นหลอดที่ยอดนิยมมีการใช้งานกันมาก เพราะประหยัดไฟ ราคาถูกและหาซื้อง่าย ใช้กันมากในสำนักงาน และ โรงงานอุตสาหกรรมที่มีเพดานไม่สูงกว่า 7 เมตร หลอดฟลูออเรสเซนต์มีประสิทธิผลประมาณ 50 – 80 ลูเมน/วัตต์ ซึ่งถือว่ามีค่าสูงพอสมควรและประหยัดไฟฟ้าประมาณ 5 – 8 เท่า เมื่อเทียบกับหลอดอินเคนเดสเซนต์ซึ่งมีค่าประมาณ 10 – 15 ลูเมน/วัตต์ และขนาดวัตต์ที่มีใช้กันมากได้แก่ หลอดขนาด 18 และ 36 วัตต์ หลอด 18 วัตต์ ยาวประมาณ 60 ซม. ถ้าเป็นหลอด 36 วัตต์ ยาวประมาณ 120 เซนติเมตร

2.3.3.1.2 สีของหลอดฟลูออเรสเซนต์

สีของหลอดฟลูออเรสเซนต์มีด้วยกันหลายชนิดแต่ที่ใช้กันมากมี 3 ชนิด คือ หลอดเดไลท์ (Daylight) หลอดคูลไวท์ (Cool White) และ หลอดวอร์มไวท์ (Warm White) หลอดเดไลท์ เป็นหลอดที่มีอุณหภูมิสีสูงถึง 5500 – 6000 เคลวิน มีสีออกขาวปนฟ้าหลอดคูลไวท์ เป็นหลอดที่มีอุณหภูมิสีประมาณ 4000 – 4500 เคลวิน มีสีขาวเย็น หลอดวอร์มไวท์เป็นหลอดที่มีอุณหภูมิสีประมาณ 3000 – 3500 เคลวิน มีสีขาวออกแดง

2.3.3.1.3 ระบบและวงจรไฟฟ้าของหลอดฟลูออเรสเซนต์

ระบบของหลอดฟลูออเรสเซนต์มีด้วยกันหลายแบบขึ้นอยู่กับชนิดของหลอดที่ใช้ หลอดแบบอุ่นไส้หลอด หลอดแบบจุดติดทันที และหลอดแบบจุดติดเร็ว แต่ละแบบมีวิธีการทำงานต่างกัน และมีคุณสมบัติทางไฟฟ้าต่างกันด้วย ดังนี้

2.3.3.1.3.1 **หลอดแบบอุ่นไส้หลอด** (Preheat Start Lamp)

หลอดแบบอุ่นไส้หลอดเป็นแบบมีขั้วร้อน (Hot Cathode) โดยใช้สตาร์ทเตอร์เป็นตัวจุดไส้หลอดให้ร้อน วงจรของหลอดประเภทนี้ประกอบด้วยบัลลาสต์และสตาร์ทเตอร์ และเพาเวอร์แฟคเตอร์ต่ำประมาณ 0.45-0.5 หลอดประเภทนี้สังเกตได้ง่ายเพราะก่อนติดจะกระพริบก่อน

2.3.3.1.3.2 **หลอดแบบจุดติดทันที** (Instant Start Lamp)

หลอดแบบจุดติดทันทีเป็นแบบมีขั้วเย็น (Cold Cathode) ไม่ต้องมีสตาร์เตอร์เป็นตัวทำให้ไส้หลอดร้อนก่อนจุดติดเพราะบัลลาสต์ เป็นชนิดที่ทำให้เกิดแรงดันคร่อมหลอดสูง ทำให้หลอดติดได้ง่าย และเนื่องจากหลอดประเภทนี้ไม่ต้องอาศัยสตาร์ทเตอร์เป็นตัวช่วยจุดไส้หลอด ดังนั้นขั้วหลอดจึงเป็นแบบขั้วเดียว (Single Pin) และหลอดติดเร็วกว่าชนิดอุ่นไส้หลอด และไม่มีอาการกระพริบก่อนจุดไส้หลอดติด

2.3.3.1.3.3 **หลอดแบบจุดติดเร็ว** (Rapid Start Lamp)

หลอดแบบจุดติดเร็วเป็นแบบมีขั้วร้อน (Hot Cathode) และได้รวมเอาข้อดีของทั้งหลอดแบบอุ่นไส้หลอดและแบบจุดติดทันทีเข้าด้วยกัน วงจรไฟฟ้าของหลอดแบบนี้ไม่ต้องอาศัยสตาร์เตอร์เช่นกัน เพราะบัลลาสต์เป็นชนิดมีขดลวดอุ่นไส้หลอดอยู่ในตัวเพื่อช่วยให้หลอดติดได้ง่าย และมักมีคาปาซิเตอร์ในตัวทำให้เพาเวอร์แฟคเตอร์มีค่าสูง และข้อสำคัญก็คือหลอดและวงจรแบบนี้มีอายุการใช้งานของหลอดนานถึง 20000 ชั่วโมง ซึ่งมีอายุมากกว่าหลอดแบบอุ่นไส้หลอดถึงสองเท่า จึงเหมาะสำหรับการใช้งานในพื้นที่ที่ต้องการอายุหลอดนานเช่น เพดานสูงมาก เป็นต้น

2.3.3.1.4 คุณสมบัติของหลอดฟลูออเรสเซนต์ T5

2.3.3.1.4.1 **ความยาวหลอดฟลูออเรสเซนต์ T5**

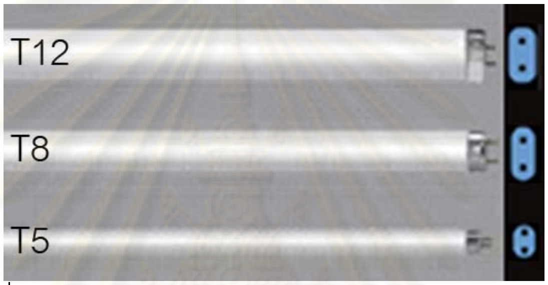
หลอดฟลูออเรสเซนต์ T5[7] คือ หลอดฟลูออเรสเซนต์ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 หุน (5/8”) มีขนาดเล็กกว่าหลอดผอม (หรือ หลอดฟลูออเรสเซนต์ T8) ประมาณ 40% และเล็กกว่าหลอดฟลูออเรสเซนต์ธรรมดา (หรือ หลอดฟลูออเรสเซนต์ T12) เกือบ 60% และลักษณะขั้วหลอดของ T5 นั้นจะแตกต่างจากขั้วของ T8 และ T12 ดังแสดงในภาพที่ 2.13 ในส่วนความยาวของหลอดนั้น ดังแสดงในตารางที่ 2.10 หลอดฟลูออเรสเซนต์ T5 จะมีความยาวที่ก็สั้นกว่าหลอดฟลูออเรสเซนต์ T8 ไม่มาก แต่สามารถใช้ทดแทนกันได้ เนื่องจากในโคมไฟบางรุ่นสามารถดัดแปลงเบ้ากับบัลลาสต์ให้ใช้ได้ทั้งหลอดฟลูออเรสเซนต์ T5 และหลอดฟลูออเรสเซนต์ T8

---

[7] ฝ่ายบริหารและแผนงานด้านการใช้ไฟฟ้า กฟผ., ข้อมูลหลอดผอมใหม่ เบอร์ 5. **เครือข่ายร่วมลดภาวะโลกร้อนใช้หลอด T5**[ออนไลน์] (แหล่งที่มา: http://dsm.egat.co.th/t5/index.php)[2552, กรกฎาคม 18]

ตารางที่ 2.10 แสดงความยาวของหลอดฟลูออเรสเซนต์ T12, T8, T5

ชนิดของหลอดฟลูออเรสเซนต์	ขนาดที่เรียกโดยทั่วไป (ฟุต)	ขนาดที่วัดจริง (มิลลิเมตร)
T12 และ T8	2	590
T12 และ T8	3	895
T12 และ T8	4	1199
T5	2	549
T5	3	849
T5	4	1149



ภาพที่ 2.13 แสดงการเปรียบเทียบหลอดฟลูออเรสเซนต์ T12, T8, T5

จากภาพที่ 2.10 ซึ่งแสดงการเปรียบเทียบหลอดฟลูออเรสเซนต์ T12, T8, T5 นั้น จากความแตกต่างของลักษณะทางกายภาพและคุณสมบัติทางไฟฟ้าทำให้หลอดฟลูออเรสเซนต์ T5 ไม่สามารถเปลี่ยนใส่แทนหลอดฟลูออเรสเซนต์ T8 (หลอดผอม) และหลอดฟลูออเรสเซนต์ T12 (หลอดฟลูออเรสเซนต์ธรรมดา) ได้ เนื่องจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ T5 จะมีขนาดสั้นกว่าหลอดฟลูออเรสเซนต์ T8 และหลอดฟลูออเรสเซนต์ T12 อีกทั้งหลอดฟลูออเรสเซนต์ T5 ใช้เบ้าขาคู่ขนาดเล็ก ส่วนหลอดฟลูออเรสเซนต์ T8 และหลอดฟลูออเรสเซนต์ T12 ใช้เบ้าขาคู่ขนาดกลาง อีกทั้งหลอดฟลูออเรสเซนต์ T5 ต้องใช้บัลลาสต์แบบพิเศษในการทำงาน

2.3.3.1.4.2 ชนิดของหลอดฟลูออเรสเซนต์ T5

ชนิดของหลอดฟลูออเรสเซนต์ T5[8] นั้น มีทั้งชนิดธรรมดา (Standard Output) ซึ่งมีจำนวนวัตต์ คือ 14, 21, 28 และ 35 วัตต์ และชนิดความเข้มสูง (High Output) ซึ่งมีจำนวนวัตต์ คือ 24, 39, 54 และ 80 วัตต์ (แบบความเข้มสูงยี่ห้อ GE มีแบบ 49 วัตต์ด้วย) โดยลักษณะเฉพาะของหลอดฟลูออเรสเซนต์ T5 ทั้ง 2 ชนิดนั้น ดังแสดงในตารางที่ 2.11 ซึ่งโดยขนาด 4 ฟุต ชนิดความเข้มสูงนั้นได้รับความนิยมอย่างสูงในประเทศสหรัฐอเมริกา เนื่องจากให้ปริมาณแสงสว่างที่สูงมาก ทำให้สามารถลด

---

[8] ฝ่ายบริหารและแผนงานด้านการใช้ไฟฟ้า กฟผ., ข้อมูลหลอดผอมใหม่ เบอร์ 5. **เครือข่ายร่วมลดภาวะโลกร้อนใช้หลอด T5**[ออนไลน์] (แหล่งที่มา: http://dsm.egat.co.th/t5/index.php)[2552, กรกฎาคม 18]

จำนวนโคมไฟที่จะติดตั้ง โดยโคมที่ใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ T5 ชนิดความเข้มสูงนั้น แม้ว่าจะใช้จำนวนน้อยกว่าโคมที่ใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ T5 ชนิดธรรมดา แต่ก็ให้ปริมาณแสงสว่างที่เท่ากัน

หลอดฟลูออเรสเซนต์ T5 ทั้งชนิดธรรมดา (Standard Output) และชนิดความเข้มสูง (High Output) นั้นมีอายุการใช้งานเฉลี่ย 20000 ชั่วโมง เท่ากับหลอดฟลูออเรสเซนต์ T8 และหลอดฟลูออเรสเซนต์ T12 มาตรฐาน ในขณะที่หลอดฟลูออเรสเซนต์ T8 และหลอดฟลูออเรสเซนต์ T12 ใหม่ แบบอายุการใช้งานนานจะมีอายุการใช้งานยาวกว่าหลอดฟลูออเรสเซนต์ T5 4000 ถึง 10000 ชั่วโมง ดังแสดงในตารางที่ 2.12

ตารางที่ 2.11 แสดงประสิทธิภาพของหลอดฟลูออเรสเซนต์ T8 และ T12 ขนาด 4 ฟุต

ประเภทหลอด	ความยาว (นิ้ว)	อุณหภูมิแสง (K)	ปริมาณแสง (ลูเมน)		ประสิทธิภาพการส่องสว่าง (ลูเมน/วัตต์)
			เริ่มต้น	เฉลี่ย	
T12 40W	48	3000 – 6500	3150	2775 – 2950	81
T12 34W	48	3000 – 6500	2725	2430 – 2520	82
T8 32W	48	3000 – 6500	2775	2550 – 2710	89

ตารางที่ 2.12 แสดงประสิทธิภาพของหลอดฟลูออเรสเซนต์ T5 ชนิดธรรมดาและชนิดความเข้มสูง

ประเภทหลอด	ความยาว (นิ้ว)	อุณหภูมิแสง (K)	ปริมาณแสง (ลูเมน)		ประสิทธิภาพการส่องสว่าง (ลูเมน/วัตต์)
			เริ่มต้น	เฉลี่ย	
T5 14W	22	3000 – 6500	1350	1269 – 1275	96
T5 21W	34	3000 – 6500	2100	1974 – 2000	100
T5 28W	46	3000 – 6500	2900	2726 – 2750	104
T5 35W	58	3000 – 6500	3650	3431 – 3450	104
T5 HO 24W	22	3000 – 6500	2000	1880 – 1895	83
T5HO 39W	34	3000 – 6500	3500	3290 – 3320	90
T5 HO 54W	46	3000 – 6500	5000	4700 – 4740	93
T5 HO 80W	58	3000 – 6500	7000	6580 – 6650	88

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.3.3.1.4.3 **บัลลาสต์ของหลอดฟลูออเรสเซนต์ T5**

หลอดฟลูออเรสเซนต์ T5[9] นั้นต้องใช้บัลลาสต์เฉพาะของตัวหลอดเอง ซึ่งไม่สามารถใช้บัลลาสต์ชนิดเดียวกับที่ใช้สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ T8 และหลอดฟลูออเรสเซนต์ T12 โดยหลอดฟลูออเรสเซนต์T5 ทำงานที่ความถี่สูงกว่า 20 กิโลเฮิรตซ์

บัลลาสต์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ T5 นั้นมีทั้งแบบเริ่มต้นทันที (Instant Start), เริ่มต้นอย่างรวดเร็ว (Rapid Start) และเริ่มต้นแบบตั้งเวลา (Programmed Start) โดยทั่วไปบัลลาสต์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ T5 มีขนาดเล็กกว่าบัลลาสต์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ T8 ซึ่งทำให้สามารถใช้กับโคมไฟแบบบางได้ โดยผู้ผลิตบัลลาสต์ส่วนใหญ่อ้างว่าบัลลาสต์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ T5 มีความเพี้ยนสุทธิ (Total Harmonic Distortion) ต่ำกว่า 15% และตัวประกอบกำลังสูงกว่า 0.95 ซึ่งจะช่วยยืดอายุการใช้งานของสายไฟฟ้า หม้อแปลง และอุปกรณ์อื่นๆ

หลอดฟลูออเรสเซนต์ T5 นั้นมีขนาดเล็ก จึงทำให้มีอุณหภูมิสูงซึ่งนำไปสู่การแตกร้าวของตัวหลอด บัลลาสต์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ T5 จึงมีวงจรตัดไฟ เมื่อหลอดหมดอายุการใช้งานหรือทำงานผิดปกติด้วย ซึ่งหลอดฟลูออเรสเซนต์ T5 นั้นสามารถปรับหรี่ได้ โดยผู้ผลิต OSRAM SYLVANIA Inc. และ Energy Savings ได้ผลิตบัลลาสต์หรี่ไฟแบบอนาลอก (Analog Dimming Ballast) สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ T5 HO ซึ่งใช้สัญญาณควบคุมกระแสตรง 0 – 10 โวลต์ และผู้ผลิต TRIDONIC Inc. ได้ผลิตบัลลาสต์หรี่ไฟแบบดิจิตอล (Digital Dimming Ballast) สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ T5 HO ซึ่งสามารถหรี่ไฟได้ตั้งแต่ 100%-1%

2.3.3.1.4.4 **ความสว่างของหลอดฟลูออเรสเซนต์ T5**

หลอดฟลูออเรสเซนต์ T5[10] เมื่อเปรียบเทียบความยาวที่เท่ากันกับหลอดฟลูออเรสเซนต์ T8 แล้วจะมีความสว่างที่เกือบเท่ากัน แต่ถ้าเป็นหลอดฟลูออเรสเซนต์ T5 HO จะมีความสว่างที่มากกว่าหลอดฟลูออเรสเซนต์ T8 หรือ ณ อุณหภูมิที่ต่ำกว่า 30 $^{\circ}$C นั้นหลอดฟลูออเรสเซนต์ T8 จะให้ความเข้มแสงที่สูงกว่าหลอดฟลูออเรสเซนต์ T5 ชนิดมาตรฐาน แต่ ณ อุณหภูมิที่สูงกว่า 30°C หลอดฟลูออเรสเซนต์ T5 จะให้ความเข้มแสงที่สูงกว่าหลอดฟลูออเรสเซนต์ T8 ดังแสดงในภาพที่ 2.14 แต่อย่างไรก็ตามที่ความสว่างเท่ากันนั้น หลอดฟลูออเรสเซนต์ T8 นั้นใช้พลังงานมากกว่าหลอดฟลูออเรสเซนต์ T5

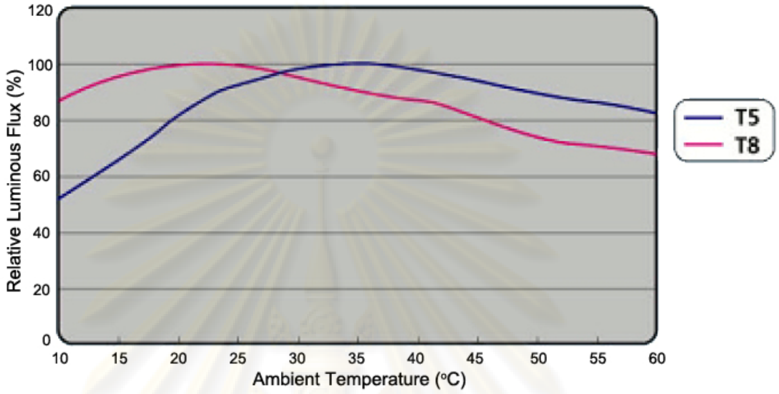
ในส่วนอายุการใช้งานของหลอดนั้น ทางผู้ผลิต Philips Lighting, OSRAM SYLVANIA และ GE Lighting ได้ให้ข้อมูลว่า หลอดฟลูออเรสเซนต์ T5 และฟลูออเรสเซนต์ T5 HO มีอายุการใช้งานเฉลี่ยประมาณ 20000 ชั่วโมง ส่วนฟลูออเรสเซนต์ T5 แบบที่มีอายุยืนพิเศษ มีอายุการใช้งานยาวกว่าปกติ 4000–10000 ชั่วโมง แต่ทั้งนี้ขึ้นกับสภาพการเปิด–ปิด หรือการใช้บัลลาสต์ผิดประเภทก็จะทำให้อายุการใช้งานของหลอดสั้นลง จากการเปรียบเทียบอัตราการคงแสงสว่างไว้ตลอดอายุการใช้งานของหลอดไฟ (Lumen maintenance) ดังแสดงในภาพที่ 2.15 พบว่าหลอดฟลูออเรสเซนต์ T5 มีค่า Lumen

---

[9] ฝ่ายบริหารและแผนงานด้านการใช้ไฟฟ้า กฟผ., ข้อมูลหลอดผอมใหม่ เบอร์ 5. **เครือข่ายร่วมลดภาวะโลกร้อนใช้หลอด T5**[ออนไลน์] (แหล่งที่มา: http://dsm.egat.co.th/t5/index.php)[2552, กรกฎาคม 18]

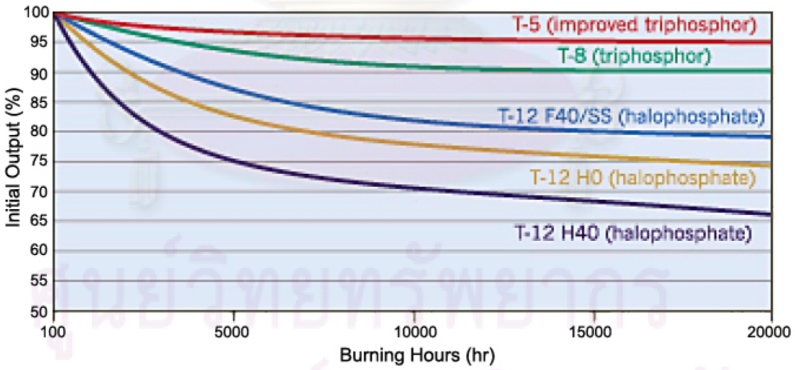
[10] เรื่องเดียวกัน

maintenance ประมาณ 95% เมื่อใช้งานไป 8000 ชั่วโมง สูงกว่าทั้งหลอดฟลูออเรสเซนต์ T8 และหลอดฟลูออเรสเซนต์ T12 เนื่องจากใช้สารเรืองแสงแบบ Tri–phosphors ในขณะที่หลอดฟลูออเรสเซนต์ T8 และหลอดฟลูออเรสเซนต์ T12 ซึ่งมีพื้นที่ผิวหลอดมากกว่าหลอดฟลูออเรสเซนต์ T5 ทำให้ต้องลดต้นทุนด้วยการใช้สาร Halo-phosphors ผสมกับ Tri-phosphors



ภาพที่ 2.14 แสดงค่าฟลักซ์การส่องสว่างและอุณหภูมิแวดล้อมของ T5 และ T8

ที่มา : ฝ่ายบริหารและแผนงานด้านการใช้ไฟฟ้า กฟผ., ข้อมูลหลอดผอมใหม่ เบอร์ 5. **เครือข่ายร่วมลดภาวะโลกร้อนใช้หลอด** T5[ออนไลน์] (แหล่งที่มา: http://dsm.egat.co.th/t5/index.php)[2552, กรกฎาคม 18]



ภาพที่ 2.15 แสดงอัตราการคงแสงสว่างไว้ตลอดอายุการใช้งานของ T5, T8 และ T12

ที่มา : ฝ่ายบริหารและแผนงานด้านการใช้ไฟฟ้า กฟผ., ข้อมูลหลอดผอมใหม่ เบอร์ 5. **เครือข่ายร่วมลดภาวะโลกร้อนใช้หลอด** T5[ออนไลน์] (แหล่งที่มา: http://dsm.egat.co.th/t5/index.php)[2552, กรกฎาคม 18]

2.4 หลักการเบื้องต้นสำหรับการออกแบบระบบแสงสว่างสำหรับการใช้งานภายในอาคารสำนักงาน

อาคารสำนักงานนั้น โดยทั่วไปมีส่วนประกอบหลัก คือ พื้นที่เคาทเตอร์ประชาสัมพันธ์และต้อนรับ, พื้นที่ห้องทำงานส่วนตัวขนาดเล็ก, พื้นที่ห้องทำงานส่วนตัวขนาดใหญ่, พื้นที่ห้องประชุม และพื้นที่ห้องทำงานรวม การออกแบบระบบแสงสว่างสำหรับอาคารสำนักงานนั้น[11] ควรจัดให้มีปริมาณแสงสว่างที่เหมาะสมกับการใช้งานในแต่ละพื้นที่ ทำให้ผู้ใช้งานมีความรู้สึกสบายในการทำงาน และรู้สึกสบายในการใช้สายตา (Visual Comfort) เนื่องจากการทำงานภายใต้สภาพการให้แสงสว่างที่เหมาะสมนั้นจะทำให้ผู้ใช้งานสามารถทำงานได้เร็วขึ้น มากขึ้น ปราณีตขึ้น มีความพึงพอใจในการทำงานมากขึ้น รวมทั้งทำให้ขวัญและกำลังใจของพนักงานดีขึ้นด้วย นอกจากนั้นพื้นที่ในแต่ละส่วนของภายในอาคารสำนักงานนั้นล้วนยังต้องการลักษณะการให้แสงสว่างที่แตกกัน ซึ่งแยกออกเป็นพื้นที่ ดังนี้

2.4.1 **พื้นที่เคาทเตอร์ประชาสัมพันธ์และต้อนรับ** (Reception Room)

พื้นที่เคาทเตอร์ประชาสัมพันธ์และต้อนรับ[12] นั้นเปรียบเสมือนหน้าตาขององค์กร การใช้งานโดยทั่วไปใช้ในการนั่งรอการติดต่อกับองค์กรเพื่อรับบริการ แต่อีกนัยหนึ่งใช้เพื่อสร้างความประทับใจแรกพบให้แก่ผู้มาเยือนด้านภาพลักษณ์และภาพรวมความเป็นมืออาชีพขององค์กร การจัดสรรพื้นที่ใช้สอยนั้นจะจัดเตรียมที่นั่งซึ่งมีผนังกั้นสายตาที่มีวัสดุเป็นกระจกเพื่อใช้กั้นระหว่างพื้นที่นั่งรอและเคาทเตอร์ประชาสัมพันธ์ โดยเคาทเตอร์ประชาสัมพันธ์นั้นนอกจากจะใช้เพื่อการต้อนรับผู้มาเยือนแล้ว ยังใช้เป็นพื้นที่สำหรับการทำงานด้านเอกสารทั่วไปของพนักงานต้อนรับ อีกทั้งพื้นที่บริเวณนี้ยังมีการประชาสัมพันธ์องค์กร โดยอาจเป็นเครื่องหมายการค้าขององค์กรบนฝาผนัง รวมไปถึงการจัดแสดงตัวอย่างผลิตภัณฑ์ ใบรับรองและรางวัล หรือผลงานในปัจจุบัน

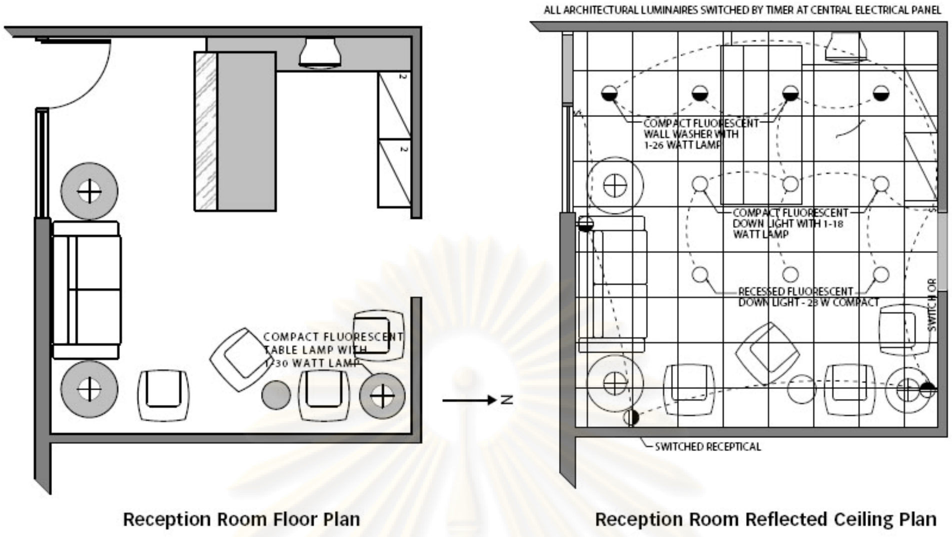
การให้แสงสว่างสำหรับพื้นที่เคาทเตอร์ประชาสัมพันธ์และต้อนรับนั้น ควรทำให้ผู้มาเยือนเกิดความรู้สึกประทับใจและอบอุ่น โดยส่วนมากจะเป็นแสงสว่างสำหรับการใช้งานทั่วไป แต่จะมีการเน้นแสงสว่างเฉพาะจุดเพื่อดึงดูดสายตาสร้างความประทับใจแรกพบให้แก่ผู้มาเยือน โดยการให้แสงสว่างสำหรับพื้นที่ทำงาน (Task Light) นั้นควรจะเน้นเฉพาะบนเคาทเตอร์ซึ่งเป็นพื้นที่ทำงานของพนักงานต้อนรับ สำหรับการอ่านเอกสารโดยทั่วไปรวมทั้งการจัดการเอกสารทั่วไป ส่วนการให้แสงสว่างสำหรับพื้นที่ทั่วไป (Ambient Light) นั้นมีความจำเป็นสำหรับการมองเห็นพื้นที่ภายในตลอดจนการสนทนาส่วนบุคคล หรือการอ่านหนังสือหรือนิตยสารทั่วไปในระยะสั้น ส่วนการให้แสงสว่างสำหรับการส่องเน้น (Focal Light) นั้นมีความจำเป็นสำหรับการส่องเน้นเครื่องหมายการค้าขององค์กร, ตัวอย่างสินค้า งานศิลปะ โดยตัวอย่างการให้แสงสว่างภายในพื้นที่เคาทเตอร์ประชาสัมพันธ์และต้อนรับ ได้แสดงไว้ในภาพที่ 2.16

---

[11] พิบูลย์ ดิษฐอุดม, **การออกแบบระบบแสงสว่าง**, (กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2521), หน้า 99.

[12] Mark Karlen and James R. Benya, **Lighting Design Basics.** (New York: John Wiley & Sons, 2004), pp. 92

[12] พิบูลย์ ดิษฐอุดม, **การออกแบบระบบแสงสว่าง**, หน้า 99.



ภาพที่ 2.16 แสดงตัวอย่างการให้แสงสว่างพื้นที่เคาทเตอร์ประชาสัมพันธ์และต้อนรับ

ที่มา : Mark Karlen and James R. Benya, **Lighting Design Basics**. (New York: John Wiley & Sons, 2004), pp. 92 - 93.

2.4.1.1 การจัดพื้นที่ทำงานในลักษณะนี้แสดงให้เห็นว่า พนักงานต้อนรับซึ่งเป็นผู้ใช้งานหลักต้องการ**แสงสว่างสำหรับพื้นที่ทำงาน (Task Light)** สำหรับการจัดการงานด้านเอกสารและงานที่เกี่ยวข้องกับการใช้งานบทเคาทเตอร์ทั้งหมด รวมถึงการทำงานที่เกี่ยวข้องกับการใช้คอมพิวเตอร์ ดังนั้นจึงควรจัดให้มีแสงสว่างที่เหมาะสมสำหรับพื้นที่ทำงานรวมทั้งสามารถดึงดูดสายตาสร้างความประทับใจแรกพบให้แก่ผู้มาเยือน โดยจากภาพที่ 2.16 ได้จัดให้มีแสงสว่างสำหรับพื้นที่ทำงาน (Task Light) ด้วยโคมไฟส่องลง (Downlight) จำนวน 4 ชุด สำหรับพื้นที่ทำงานและลิ้นชักเก็บเอกสารของพนักงานต้อนรับ

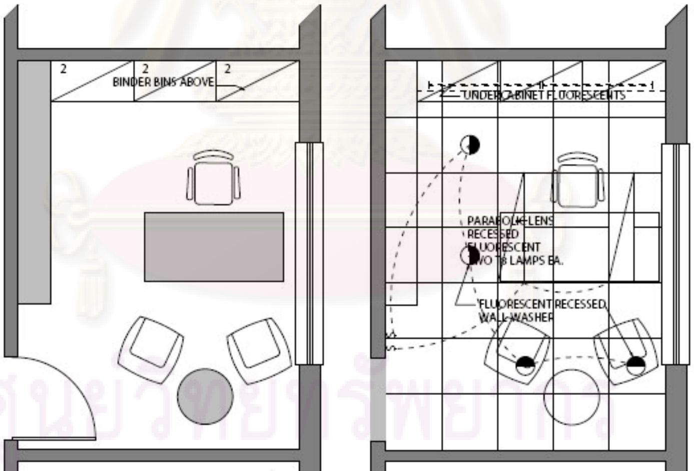
2.4.1.2 พื้นที่นั่งรอนั้นต้องการ**แสงสว่างสำหรับพื้นที่ทั่วไป (Ambient Light)** ในปริมาณที่เพียงพอสำหรับการอ่านหนังสือนิตยสารทั่วไปในระยะสั้นตลอดจนการสนทนาส่วนบุคคล โดยจากภาพที่ 2.16 ได้จัดให้มีแสงสว่างสำหรับพื้นที่ทั่วไป (Ambient Light) ด้วยโคมไฟส่องลงแบบฝัง (Recessed Downlight) จำนวน 4 ชุด ในบริเวณกลางห้อง และโคมไฟตั้งโต๊ะ (Table Lamp) จำนวน 3 ชุด สำหรับพื้นที่นั่งรอ เนื่องจากมีลักษณะการใช้งานและการติดตั้งที่ระดับสายตาเหมือนกับการให้แสงสว่างในที่พักอาศัย ซึ่งให้ความรู้สึกเป็นส่วนตัวในการใช้งานและเพิ่มบรรยากาศเป็นกันเองให้กับพื้นที่ รวมทั้งโคมไฟส่องผนัง (Wallwasher) ส่องไปยังผนังในทิศตะวันตก

2.4.1.3 เครื่องหมายการค้าขององค์กรบนผนังด้านทิศตะวันตกนั้นต้องการ**แสงสว่างสำหรับการส่องเน้น** (Focal Light) ในขณะที่ภาพศิลปะหรือภาพกราฟฟิกจะถูกติดไว้ที่ผนังด้านอื่น เนื่องจากไม่ต้องการแสงสว่างสำหรับส่องเน้น โดยจากภาพที่ 2.16 ได้จัดให้มีแสงสว่างสำหรับการส่องเน้น (Focal Light) ด้วยโคมไฟส่องผนังแบบฝัง (Recessed Wallwasher) ซึ่งมีระยะห่างจากผนังทิศตะวันตก 0.9 เมตร และส่องตรงไปยังเครื่องหมายการค้าขององค์กร

2.4.2 **พื้นที่ห้องทำงานส่วนตัวขนาดเล็ก** (Private Office)

พื้นที่ห้องทำงานส่วนตัวขนาดเล็ก[13] ได้แสดงให้เห็นถึงสถานภาพในการครอบครองพื้นที่ แม้ว่าการใช้งานภายในพื้นที่ทำงานส่วนรวมซึ่งไม่คำนึงถึงความเป็นส่วนตัวภายในอาคารสำนักงานนั้นจะเป็นที่นิยมแพร่หลาย แต่ก็ยังมีการใช้งานภายในพื้นที่ห้องทำงานส่วนตัวซึ่งต้องการความเป็นส่วนตัวในด้านการมองเห็นและการได้ยิน โดยตัวอย่างที่ได้ยกมา คือ พื้นที่ห้องทำงานส่วนตัวขนาดเล็กที่สามารถรองรับผู้มาเยือน 2 - 3 คน โดยห้องนี้จัดให้มีโต๊ะทำงานหลักพร้อมพื้นที่การสนทนา

การให้แสงสว่างสำหรับพื้นที่ห้องทำงานส่วนตัวขนาดเล็กนั้น ได้จัดให้มีแหล่งกำเนิดแสงสว่างสำหรับพื้นที่ทำงาน (Task Light) บนโต๊ะทำงาน และได้จัดให้มีแหล่งกำเนิดแสงสว่างเป็นชุดที่ 2 เพื่อให้แสงสว่างที่พอเพียงบนชั้นวางของบนผนัง (Wall Credenza) ทางทิศเหนือ สภาพแสงสว่างภายในพื้นที่ห้องทำงานส่วนตัวขนาดเล็กนั้นต้องก่อให้เกิดความรู้สึกสบายในการสนทนา ส่วนการให้แสงสว่างเพิ่มเติมนั้นโดยส่วนมากจะมีการให้แสงสว่างสำหรับการส่องเน้น (Focal Light) สำหรับภาพถ่ายส่วนตัวที่ติดบนผนัง วัตถุที่เกี่ยวข้องกับงาน หรือภาพเขียน ดังนั้นเมื่อมีการจัดแสงสว่างสำหรับพื้นที่ทำงานที่พอเพียงสำหรับความต้องการแล้ว จึงไม่จำเป็นต้องมีแสงสว่างสำหรับพื้นที่ทั่วไป (Ambient Light) โดยตัวอย่างการให้แสงสว่างภายในพื้นที่ห้องทำงานส่วนตัวขนาดเล็ก ได้แสดงไว้ในภาพที่ 2.17



Small Private Office Floor Plan   Small Private Office Reflected Ceiling Plan

ภาพที่ 2.17 แสดงตัวอย่างการให้แสงสว่างพื้นที่ห้องทำงานส่วนตัวขนาดเล็ก

ที่มา : Mark Karlen and James R. Benya, **Lighting Design Basics**. (New York: John Wiley & Sons, 2004), p. 94.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

---

[13] Mark Karlen and James R. Benya, **Lighting Design Basics.** (New York: John Wiley & Sons, 2004), pp. 94.

2.4.2.1 **แสงสว่างสำหรับพื้นที่ทำงาน (Task Light)** ชุดที่ 1 บนโต๊ะทำงานนั้น โดยทั่วไปได้จัดให้มีโคมฟลูออเรสเซนต์แบบฝัง (Recessed Fluorescent) ขนาด 1' x 4' จำนวน 2 ชุด สำหรับการให้แสงสว่างที่ลดการเกิดเงาสะท้อนรบกวน (Veiling Reflection) ซึ่งการจัดโคมไฟในลักษณะนี้มีการใช้งานแพร่หลายมาหลายปี แต่การเพิ่มประสิทธิภาพในการให้แสงสว่างสำหรับพื้นที่ทำงาน (Task Light) นั้นได้แสดงในภาพที่ 2.17 โดยในทางเลือกที่ 1 ได้จัดให้มีโคมฟลูออเรสเซนต์สำหรับส่องขึ้น (Pendant Fluorescent Uplight) ขนาด 1' x 4' จำนวน 2 ชุด สำหรับให้แสงสว่างที่ระดับพื้นที่ทำงาน และในทางเลือกที่ 2 ได้จัดให้การให้แสงสว่างเฉพาะที่เพื่อเสริมการให้แสงในบริเวณทั่วไป (Task-Ambient Lighting) ได้จัดให้มีโคมฟลูออเรสเซนต์สำหรับส่องขึ้น (Pendant Fluorescent Uplight) ขนาด 1' x 4' จำนวน 1 ชุด สำหรับให้แสงสว่างในพื้นที่ทั่วไปในบริเวณโต๊ะทำงาน และโคมไฟตั้งโต๊ะที่ใช้หลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์ (Compact Fluorescent) สำหรับเสริมการให้แสงสว่างบนโต๊ะ

2.4.2.2 **แสงสว่างสำหรับพื้นที่ทำงาน (Task Light)** ชุดที่ 2 บนชั้นวางของด้านบน (Top Credenza) นั้น ได้จัดให้มีโคมฟลูออเรสเซนต์ใต้ชั้น (Undercabinet Fluorescent Luminaire) ขนาด 4' จำนวน 2 ชุด เนื่องจากว่าโคมไฟชุดนี้ถูกจัดไว้ในตำแหน่งที่ติดกับพื้นที่ใช้งานเป็นอย่างมาก ดังนั้นจึงอาจให้แสงสว่างที่มากเกินต้องการ โดยโคมฟลูออเรสเซนต์ใต้ชั้นนี้ให้แสงสว่างแบ่งออกเป็น 2 เป้าหมาย เป้าหมายที่ 1 เพื่อช่วยในการให้แสงสว่างแก่ลิ้นชักด้านข้างด้วยหลอด ขนาด 1' x 4' และเป้าหมายที่ 2 เพื่อให้แสงสว่างภายในห้องด้วยโคมไฟเพดาน

2.4.2.3 **แสงสว่างสำหรับการส่องเน้น (Focal Light)** สำหรับวัตถุจัดแสดงหรือผลงานศิลปะบนผนังในทิศใต้หรือทิศตะวันตกนั้น ได้จัดให้มีการให้แสงสว่างโดยไฟส่องผนัง (Wallwasher) ซึ่งแสงสว่างที่สะท้อนจากโคมไฟส่องผนังอาจทำให้รู้สึกว่ามีความสว่างน้อยเกินไป แต่ในทางตรงกันข้ามกลับทำให้รู้สึกว่าพื้นที่ทำงานมีความสว่างมากยิ่งขึ้น

2.4.3 พื้นที่ห้องทำงานส่วนตัวขนาดใหญ่ (Large Executive Office)

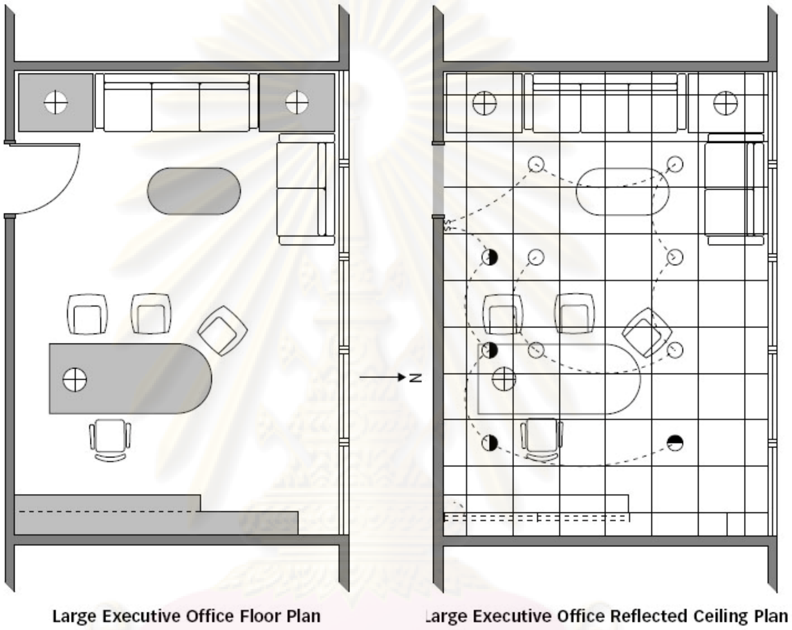
พื้นที่ห้องทำงานส่วนตัวขนาดใหญ่[14] มีจุดประสงค์เพื่อการใช้งาน 2 ประเภทที่เพิ่มเติมจากพื้นที่ห้องทำงานส่วนตัวที่ได้อธิบายไปในหัวข้อก่อนหน้า โดยข้อที่ 1 คือ พื้นที่ของห้องมีขนาดใหญ่กว่าเพื่อรองรับจำนวนผู้มาเยือนที่มากขึ้น และข้อที่ 2 คือ การส่งเสริมสง่าราศีและการให้ความสำคัญกับสถานภาพของผู้ใช้ พื้นที่ห้องทำงานขนาดใหญ่นั้นส่วนมากจะจัดให้มีพื้นที่สำหรับการสนทนาขนาดใหญ่ และมีโต๊ะประชุมย่อยเพิ่มเติมจากโต๊ะทำงานและชั้นวางของ รวมทั้งมีเก้าอี้จำนวนมากขึ้น

การให้แสงสว่างสำหรับพื้นที่ห้องทำงานส่วนตัวขนาดใหญ่นั้น ได้มีการให้แสงสว่างสำหรับพื้นที่ทำงาน (Task Light) เพื่อการทำงานที่เกิดขึ้นเป็นประจำบนโต๊ะทำงาน ชั้นวางของ (Credenza) ที่ผนังทิศตะวันออกนั้นได้ใช้เป็นพื้นที่ทำงานสำรองซึ่งต้องการแสงสว่างสำหรับพื้นที่ทำงาน (Task Light) ที่พอเพียงเช่นเดียวกัน การให้แสงสว่างสำหรับพื้นที่ทั่วไป (Ambient Light) สำหรับการมองเห็นพื้นที่ภายในและการอ่านหนังสือหรือนิตยสารทั่วไปในระยะสั้น ซึ่งจำเป็นพื้นที่สำหรับการสนทนาตลอดจนพื้นที่กลางห้อง การให้แสง

---

[14] Mark Karlen and James R. Benya, **Lighting Design Basics.** (New York: John Wiley & Sons, 2004), pp. 96.

สว่างสำหรับการส่องเน้น (Focal Light) ที่จัดไว้สำหรับผนังทิศใต้ที่ขยายออกไป และสำหรับชั้นหนังสือที่อยู่ใกล้กับปลายสุดทางทิศเหนือของผนังทิศตะวันออก ในขณะที่ผนังทิศตะวันตกอาจจะมีวัตถุจัดแสดง โดยจะได้รับการคำนึงถึงการให้แสงสว่างที่น้อยกว่าผนังทิศใต้ที่มีชุดที่นั่ง ซึ่งสมควรที่จะได้รับการให้แสงสว่างสำหรับพื้นที่ทั่วไป (Ambient Light) อย่างพอเพียง โดยตัวอย่างการให้แสงสว่างภายในพื้นที่ห้องทำงานส่วนตัวขนาดใหญ่ได้แสดงไว้ในภาพที่ 2.18



ภาพที่ 2.18 แสดงตัวอย่างการให้แสงสว่างพื้นที่ห้องทำงานส่วนตัวขนาดใหญ่

ที่มา : Mark Karlen and James R. Benya, **Lighting Design Basics**. (New York: John Wiley & Sons, 2004), p. 96.

2.4.3.1 **แสงสว่างสำหรับพื้นที่ทำงาน (Task Light)** สำหรับโต๊ะทำงานนั้น ได้จัดให้มีโคมไฟตั้งโต๊ะซึ่งปรับได้ (Swing - Arm Portable Lamp) ซึ่งสะดวกที่จะปรับระยะห่างระหว่างการให้แสงสว่างกับพื้นที่ทำงานได้โดยตรงเพื่อให้ได้แสงสว่างที่เหมาะสมพอเพียง การเลือกใช้ประเภทและลักษณะของโคมไฟนี้ขึ้นอยู่กับความชอบและรสนิยมของผู้ใช้

2.4.3.2 **แสงสว่างสำหรับพื้นที่ทำงาน (Task Light)** สำหรับชั้นวางของ (Credenza) ได้จัดให้มีโคมฟลูออเรสเซนต์ใต้ชั้น (Undercabinet Fluorescent Luminaire) ซึ่งให้แสงสว่างทั่วพื้นที่ทำงานในปริมาณที่เหมาะสม และควรมีการป้องกันการมองเห็นแหล่งกำเนิดแสงสว่างจากตัวโคมเอง

2.4.3.3 **แสงสว่างสำหรับพื้นที่ทั่วไป (Ambient Light)** ได้จากแหล่งกำเนิดแสง 2 แหล่ง คือ การจัดให้มีโคมไฟส่องลง (Downlight) จำนวน 6 ชุด ที่ให้แสงสว่างกับพื้นที่กลางห้อง ระดับการส่องสว่างควรที่จะสามารถปรับได้เพื่อให้ตอบรับกับอารมณ์ที่หลากหลาย นอกเหนือจากโคมไฟส่องลง (Downlight) แล้วยังมีโคม

ไฟตั้งโต๊ะที่โต๊ะแต่ละตัวของชุดโซฟา ที่ได้จัดให้มีการให้แสงสว่างสำหรับพื้นที่ทั่วไป (Ambient Light) ตลอดจนการส่องแสงนวลตาสำหรับปลายสุดของห้อง

2.4.3.4 **แสงสว่างสำหรับการส่องเน้น** (Focal Light) สำหรับภาพศิลปะบนผนังทิศใต้นั้น ได้จัดให้มีโคมไฟส่องผนัง (Wallwasher) จำนวน 3 โคม ซึ่งมีระยะห่างจากผนัง 0.9 เมตร นอกจากนี้ยังได้มีโคมไฟส่องผนัง (Wallwasher) จำนวน 1 โคม ที่ส่องเน้นไปยังผนังทิศตะวันออกที่มีชั้นหนังสือซึ่งต้องการแสงสว่างเพื่อการมองเห็นที่เด่นชัดขึ้น อีกทั้งเป็นการเพิ่มบรรยากาศอบอุ่นให้กับภายในห้อง

2.4.4 **พื้นที่ห้องประชุม** (Conference Room)

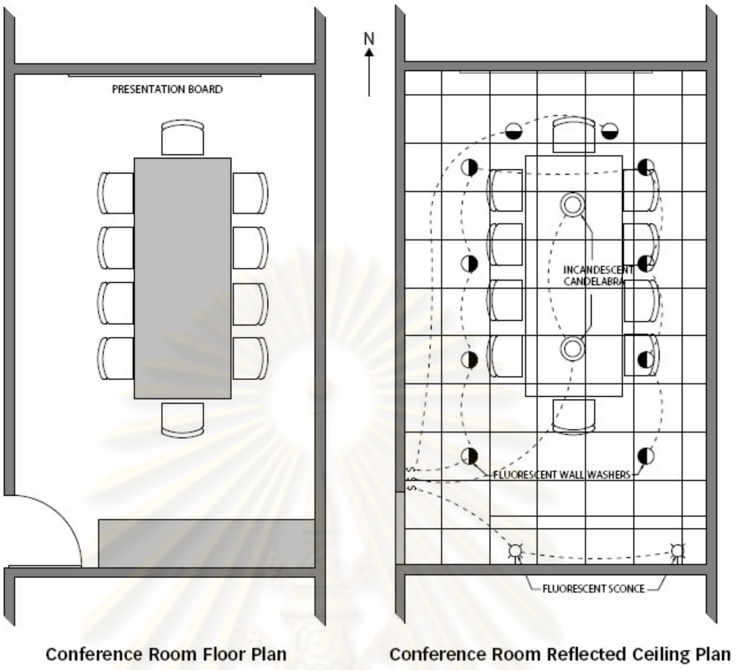
พื้นที่ห้องประชุม[15] โดยทั่วไปแล้วห้องประชุมจะจำกัดประเภทของการใช้งานไว้เพียงแค่การเจรจาพูดคุยเท่านั้น ในขณะที่บางห้องประชุมสามารถรองรับผู้คนจำนวนมากสำหรับการเสนอผลงาน โดยส่วนมากภายในห้องจะมีโต๊ะประชุมตัวใหญ่อยู่ตรงกลางซึ่งเอื้อต่อการมองเห็น การสนทนา การอ่าน และการจด ห้องประชุมมักจะมีการนำเสนอผลงาน จากการพูดคุยกันส่วนตัวไปจนถึงการนำเสนอของหน่วยงานซึ่งสามารถใช้สื่ออิเล็กทรอนิกส์ได้หลากหลาย

ห้องประชุมโดยส่วนมากนั้นจะมีการใช้งานที่เกี่ยวข้องกับสายตาเป็นจำนวนน้อย บนโต๊ะประชุมนั้นจะมีการอ่านและการเขียนซึ่งเป็นการใช้งานที่เกี่ยวข้องกับสายตาเบื้องต้น การให้แสงสว่างที่ดีสำหรับใบหน้าของผู้ร่วมประชุมแต่ละที่นั่งนั้นมีความสำคัญ การนำเสนอผลงานส่วนตัวที่รวมเอาวัสดุแสดงประกอบ เช่น แผนผังและแผนภูมินั้นมีความจำเป็นที่จะต้องใช้แสงสว่างสำหรับการส่องเน้น (Focal Light) ในขณะที่ห้องประชุมมีความต้องการทางด้านการให้แสงสว่างสำหรับพื้นที่ทั่วไป (Ambient Light) ที่เหมาะสมสำหรับการมองเห็นพื้นที่ภายใน และควรมีการปรับหรี่แสงสว่างได้เพื่อเอื้อประโยชน์สำหรับการนำเสนอสื่อจำพวกวิดีโอ พาวเวอร์พอยท์ และสื่ออิเล็กทรอนิกส์อื่น และควรจัดให้มีแสงสว่างสำหรับพื้นที่ทำงาน (Task Light) สำหรับบริเวณที่มีการจัดเตรียมการบริการเครื่องดื่มและอาหาร

การให้แสงสว่างสำหรับพื้นที่ห้องประชุมนั้น ได้มีการให้แสงสว่างสำหรับพื้นที่ทำงาน (Task Light) สำหรับการอ่านและการเขียนบนโต๊ะประชุม ซึ่งแหล่งกำเนิดแสงนั้นควรจะมีการส่องสว่างที่ดีสำหรับใบหน้าของผู้ร่วมประชุมแต่ละที่นั่ง บอร์ดนำเสนอผลงานที่ทางทิศเหนือของห้องนั้นต้องการแสงสว่างสำหรับการส่องเน้น (Focal Light) ในการใช้งาน ชั้นวางของ (Credenza) ที่ใช้สำหรับจัดเตรียมเครื่องดื่มและอาหารนั้นต้องการแสงสว่างสำหรับพื้นที่ทำงาน (Task Light) ที่พอเพียง และริมขอบห้องด้านหลังที่นั่งนั้นก็ต้องได้รับแสงสว่างสำหรับพื้นที่ทั่วไป (Ambient Light) ที่พอเพียง โดยตัวอย่างการให้แสงสว่างภายในพื้นที่ห้องประชุม ได้แสดงไว้ในภาพที่ 2.19

---

[15] Mark Karlen and James R. Benya, **Lighting Design Basics.** (New York: John Wiley & Sons, 2004), pp. 98.



ภาพที่ 2.19 แสดงตัวอย่างการให้แสงสว่างพื้นที่ห้องประชุม

ที่มา : Mark Karlen and James R. Benya, **Lighting Design Basics**. (New York: John Wiley & Sons, 2004), p. 98.

2.4.4.1 **แสงสว่างสำหรับพื้นที่ทำงาน (Task Light)** ที่นิยมใช้กันทั่วไปนั้นจะจัดให้มีหลอดไส้ (Incandescent) จำนวน 2 หลอด โดยแต่ละหลอดให้ค่าการส่องสว่าง 300 ลักซ์ ซึ่งติดตั้งโดยเรียงเป็นแนวแบบสมมาตรตรงตำแหน่งกึ่งกลางของโต๊ะประชุม

2.4.4.2 **แสงสว่างสำหรับการส่องเน้น (Focal Light)** สำหรับผนังที่ใช้ฉายนำเสนอผลงานนั้น ได้จัดให้มีโคมไฟส่องผนัง (Wallwasher) ที่มีระยะห่าง 1.2 เมตรจากผนัง โดยส่วนมากแล้วนิยมใช้หลอด MR-16 เพื่อการเน้นส่องที่ครอบคลุมและแม่นยำ

2.4.4.3 **แสงสว่างสำหรับพื้นที่ทำงาน (Task Light)** ชุดที่ 2 สำหรับชั้นวางของ (Credenza) ได้จัดให้มีโคมไฟรูปร่างเชิงเทียนที่ใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ (Fluorescent Scone) จำนวน 2 ชุด

2.4.4.3 **แสงสว่างสำหรับพื้นที่ทั่วไป (Ambient Light)** สำหรับบริมขอบห้องนั้น ได้จัดให้มีโคมไฟฟลูออเรสเซนต์ส่องขึ้น (Uplight Fluorescent) ซึ่งไม่เพียงแต่ให้แสงสว่างสำหรับพื้นที่ทำงาน (Task Light) สำหรับโต๊ะประชุมแล้ว ยังสร้างแสงละมุนให้กับบริมขอบห้องอีกด้วย เมื่อเปิดโคมไฟส่องผนัง (Wallwasher) สำหรับผนัง และเปิดโคมไฟแสงสว่างสำหรับพื้นที่ทำงาน (Task Light) ชุดที่ 2 สำหรับชั้นวางแล้วก็จะช่วยเติมเต็มแสงสำหรับบริมขอบห้องอีกด้วย

2.4.5 **พื้นที่ห้องทำงานรวม** (Open Office)

พื้นที่ห้องทำงานรวม[16] ในการออกแบบการให้แสงสว่างให้กับพื้นที่ทำงานภายในอาคารสำนักงานนั้นเป็นความท้าทายในการออกแบบอาคารอย่างหนึ่ง ซึ่งมีความจำเป็นที่จะต้องพิจารณาร่วมกับหลากหลายปัจจัย เพื่อนำมาใช้ในการแก้ปัญหาการออกแบบ โดยปัจจัยโดยสรุป คือ

ความต้องการของผู้ใช้งาน (Need) ผู้ใช้งานต้องการความสบายทางสายตา (Visual Comfort) เพื่อการสร้างงานที่มีประสิทธิภาพ และต้องการใช้เทคนิคการให้แสงสว่างเฉพาะที่เพื่อเสริมการให้แสงในบริเวณทั่วไป (Task - Ambient Lighting) รวมทั้งการลดการสะท้อนจากหน้าจอคอมพิวเตอร์ (CRT Reflection)

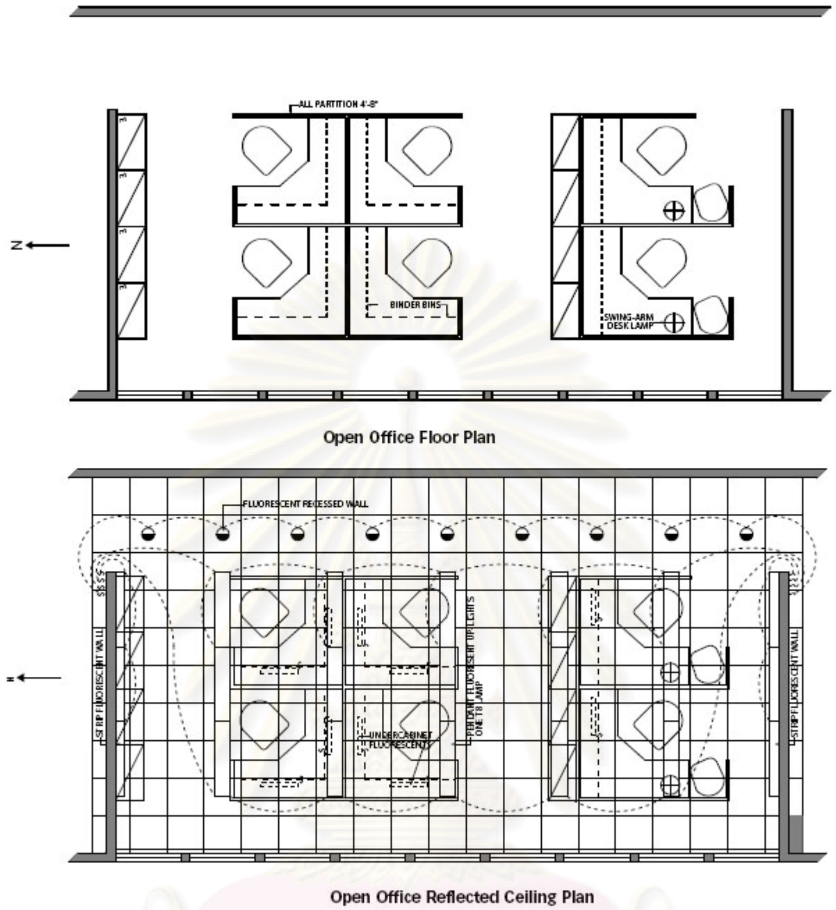
การก่อสร้างที่เกี่ยวเนื่องกับสภาพเศรษฐกิจ (Construction Practicality and Economy) รวมทั้งการจัดเฟอร์นิเจอร์ภายในที่มีความยืดหยุ่น เอื้ออำนวยต่อระบบเครื่องกลและระบบไฟฟ้า รวมทั้งพัฒนาการและการใช้มาตรฐานในการก่อสร้าง

มาตรฐานด้านพลังงาน (Energy Code) ซึ่งควบคุมการใช้พลังงาน โดยเทคนิคการให้แสงสว่างเฉพาะที่เพื่อเสริมการให้แสงในบริเวณทั่วไป (Task - Ambient Lighting) นั้นถูกสนับสนุนให้ใช้เป็นอย่างมาก

ในกรณีส่วนมาก พื้นที่ห้องทำงานรวม ไม่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการสัญจรของผู้มาเยือน ดังนั้นการออกแบบแสงสว่างนั้นขึ้นอยู่กับความต้องการของพนักงานซึ่งเป็นผู้ใช้งานโดยตรง ซึ่งตัวอย่างห้องทำงานรวม ดังแสดงในภาพที่ 2.20 นั้น แสดงให้เห็นถึงการให้แสงสว่างตามสภาพการทำงานแบบที่นิยมทั่วไป ซึ่งในส่วนพื้นที่คอกทำงาน (Station) แต่ละคอกนั้นมีความต้องการแสงสว่างสำหรับพื้นที่ทำงาน (Task Light) ที่มีคุณภาพสูง (High - Quality) ส่วนพื้นที่ทั่วไปนั้นต้องการสภาพแสงสว่างที่มีความสบายและมีปริมาณที่พอเพียงสำหรับการมองเห็นพื้นที่ภายใน และต้องการสภาพการมองเห็นที่พอเพียงสำหรับการวางและการหาวัสดุที่ใช้ในการเขียนซึ่งบรรจุอยู่ภายในชั้นเก็บของ รวมทั้งต้องการการให้แสงสว่างที่ดีบนใบหน้าของผู้มาเยือนที่นั่งบนเก้าอี้รับแขกทั้ง 2 ตัว การให้แสงสว่างสำหรับบอร์ด ภาพศิลปะ ที่ติดอยู่บนผนังทิศตะวันออกนั้นก็เป็นที่ต้องการ และผนังทางทิศตะวันตกนั้นก็สามารถรับแสงสว่างธรรมชาติสำหรับพื้นที่ทั่วไป (Ambient Daylight) โดยตัวอย่างการให้แสงสว่างภายในพื้นที่ห้องทำงานรวม ได้แสดงไว้ในภาพที่ 2.20

[16] Mark Karlen and James R. Benya, **Lighting Design Basics.** (New York: John Wiley & Sons, 2004), pp. 98.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาพที่ 2.20 แสดงตัวอย่างการให้แสงสว่างพื้นที่ห้องทำงานรวม

ที่มา : Mark Karlen and James R. Benya, **Lighting Design Basics**. (New York: John Wiley & Sons, 2004), pp. 100 – 101.

2.4.5.1 **แสงสว่างสำหรับพื้นที่ทำงาน (Task Light)** ได้จัดให้มีโคมใต้ชั้น (Undercabinet Luminaire) จำนวน 2 โคม ต่อคอกทำงาน (Station) 1 ชุด การสนทนาส่วนบุคคลนั้นได้จัดให้มีโคมไฟตั้งโต๊ะที่ปรับได้ (Swing - Arm Desk Lamp) สำหรับการให้แสงสว่างที่ดีบนใบหน้าของผู้มาเยือน

2.4.5.2 **แสงสว่างสำหรับพื้นที่ทั่วไป (Ambient Light)** แสงสว่างสำหรับพื้นที่ทั่วไป (Ambient Light) ได้จัดให้มีโคมฟลูออเรสเซนต์สำหรับส่องขึ้น (Pendant Strips of Uplight Fluorescent) จำนวน 5 โคม ซึ่งได้ให้แสงสว่างระดับต่ำถึงระดับกลางครอบคลุมพื้นที่เกือบทั้งหมด หลอดฟลูออเรสเซนต์ที่มีความยาว 1.2 เมตร จำนวน 5 หลอดนี้ถูกติดตั้งอยู่ที่ตำแหน่งใกล้กับผนังกระจก ซึ่งควรที่จะแยกสวิตช์และการควบคุมด้วยระบบตั้งเวลาปิดอัตโนมัติเพื่อประหยัดพลังงานเมื่อได้รับปริมาณแสงธรรมชาติที่เหมาะสมสำหรับแสงสว่างสำหรับพื้นที่ทั่วไป (Ambient Light) นอกจากนี้ แสงสว่างสำหรับการส่องเน้น (Focal Light) ของผนังทางทิศเหนือ, ตะวันออก และใต้ นั้นก็ได้ให้แสงสว่างสำหรับมุมของห้อง

2.4.5.3 **แสงสว่างสำหรับการส่องเน้น (Focal Light)** ได้จัดให้มีโคมไฟส่องผนัง (Wallwasher) จำนวน 3 โคม มีระยะห่างจากผนังด้านทิศใต้ 0.3 เมตร ซึ่งใช้ติดงานศิลปะ นอกจากนี้ยังมีโคมไฟส่องผนัง (Wallwasher) จำนวน 1 โคม ที่ผนังทิศตะวันออก ใช้สำหรับการส่องเน้นให้กับชั้นหนังสือซึ่งต้องการแสงสว่างเพื่อการค้นหาที่เด่นชัดขึ้น อีกทั้งเป็นการเพิ่มบรรยากาศอบอุ่นให้กับภายในห้อง

2.5 เทคนิคการให้แสงสว่าง

การออกแบบให้แสงสว่างในพื้นที่ใช้งานแต่ละประเภทนั้นย่อมใช้เทคนิคที่แตกต่างกัน ซึ่งอาศัยปัจจัยอื่นเข้ามาช่วยในการพิจารณาการออกแบบ เช่น การให้แสงสว่างที่เกี่ยวเนื่องกับอารมณ์ (Lighting Design Feelings), ประเภทของการกระจายแสงสว่าง (Generic Types and Distributions) เทคนิคการให้แสงสว่างแบบต่างๆ (Lighting Distribution Strategies) เพื่อให้ได้สภาพแสงสว่างที่มีความเหมาะสมและมีประสิทธิภาพสำหรับการใช้งานในพื้นที่ใช้งานประเภทนั้น

2.5.1 การให้แสงสว่างที่เกี่ยวเนื่องกับอารมณ์ (Lighting Design Feelings)

การให้แสงสว่างที่เกี่ยวเนื่องกับอารมณ์[17] จากการวิจัยของศาสตราจารย์ John Flynn แห่ง Pennsylvania State University พบว่ารูปแบบการให้แสงสว่างนั้นมีความเกี่ยวเนื่องกับอารมณ์ของผู้ใช้งานพื้นที่นั้น ในการศึกษาของ Flynn นั้นได้ทำการศึกษาจากห้องประชุม ห้องเรียน และห้องทานอาหาร ตามรูปแบบการให้แสงสว่างที่เกี่ยวเนื่องกับอารมณ์ คือ ความสงบส่วนตัว (Privacy), ความผ่อนคลาย (Relaxation), ความชัดเจนในการมองเห็น (Visual Clarity) และ ความกว้างขวางโอ่โถง (Spaciousness)

ผู้ออกแบบสามารถใช้หลักการเหล่านี้ในการสร้างพื้นที่ว่างให้มีความเหมาะสมในการใช้งาน รูปแบบการให้แสงสว่างแต่ละรูปแบบนั้นสร้างสร้างความรู้สึกที่แตกต่างกันไป เช่น การสร้างพื้นที่ว่างให้มีความสาธารณะ (Public) ผู้ออกแบบสามารถใช้เกณฑ์เรื่องรูปแบบการให้แสงสว่างที่เกี่ยวเนื่องกับความสงบส่วนตัว (Privacy) แต่ออกแบบในลักษณะที่ตรงกันข้าม โดยเกณฑ์ในการการให้แสงสว่างที่เกี่ยวเนื่องกับอารมณ์ มีดังนี้

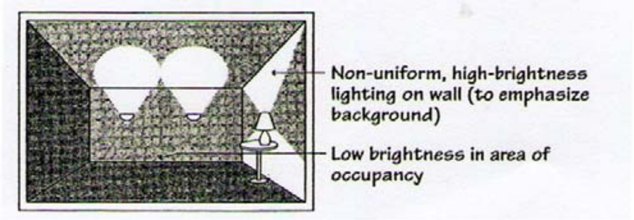
2.5.1.1 ความสงบส่วนตัว (Privacy)

ความสงบส่วนตัว (Privacy)[18] สามารถสร้างได้โดยการทำให้เกิดเงาสลัว (Shadow) โดยรูปแบบการให้แสงสว่างของพื้นที่โดยรวมนั้นจะให้การแสงสว่างที่มีค่าการส่องสว่างที่ต่ำและไม่สม่ำเสมอ (Non Uniform) อีกทั้งการทำให้พื้นที่ที่มีผู้ใช้งานอยู่มืดกว่าพื้นที่โดยรอบนั้นจะเป็นการสร้างความสงบส่วนตัว พื้นผิวในแนวตั้งนั้นควรได้รับการส่องไฟมากกว่าพื้นผิวในแนวนอน ดังแสดงให้เห็นในภาพที่ 2.21

---

[17] M. David Egan and Victor W. Olgyay, **Architectural lighting, 2nd ed.** (Boston: McGraw-Hill, 2002), p. 219.

[18] Ibid., p. 219.



ภาพที่ 2.21 แสดงการให้แสงสว่างเพื่อความสงบส่วนตัว

ที่มา : M. David Egan and Victor W. Olgyay, **Architectural lighting, 2[nd] ed.** (Boston: McGraw-Hill, 2002), p. 219.

2.5.1.2 ความผ่อนคลาย (Relaxation)

ความผ่อนคลาย (Relaxation)[19] สามารถสร้างได้โดยการให้แสงสว่างแบบไม่สม่ำเสมอ (Non Uniform) ซึ่งช่วยสร้างความประทับใจให้กับผู้ใช้พื้นที่ได้ สีโทนร้อนมีส่วนทำให้เกิดความรู้สึกที่ผ่อนคลาย ลักษณะรูปแบบการให้แสงสว่างด้วยการสร้างความผ่อนคลาย (Relaxation) นั้นสามารถนำมาใช้ร่วมกับรูปแบบการให้แสงสว่างด้วยการสร้างความชัดเจนในการมองเห็น (Visual Clarity) เพื่อสร้างสภาพแวดล้อมการทำงานที่สบาย (Comfortable) และมีประสิทธิภาพ (Effective) ดังแสดงให้เห็นในภาพที่ 2.22

ภาพที่ 2.22 แสดงการให้แสงสว่างเพื่อความผ่อนคลาย

ที่มา : M. David Egan and Victor W. Olgyay, **Architectural lighting, 2[nd] ed.** (Boston: McGraw-Hill, 2002), p. 219.

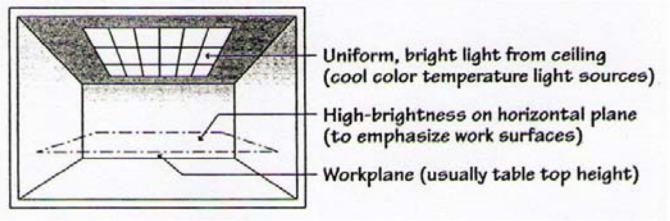
2.5.1.3 ความชัดเจนในการมองเห็น (Visual Clarity)

ความชัดเจนในการมองเห็น (Visual Clarity)[20] หมายถึงสภาพแวดล้อมที่มีความชัดแจ้งทำให้มองเห็นได้ชัดเจน แทนที่จะมองถึงสภาพความคมชัดของชิ้นงานที่ต้องการมอง ความชัดเจนในการมองเห็น (Visual Clarity) ได้รับการส่งเสริมจากเงา (Shadow) และการเน้นบนพื้นผิวในระนาบนอน (Emphasis on Horizontal Surface) ยกตัวอย่างเช่น พื้นที่ทำงาน (Work Plane) และฝ้าเพดาน และการให้แสงสว่างในระดับที่สูงขึ้นตรงกึ่งกลางห้อง ดังแสดงให้เห็นในภาพที่ 2.23

---

[19] M. David Egan and Victor W. Olgyay, **Architectural lighting, 2[nd] ed.** (Boston: McGraw-Hill, 2002), p. 219.

[20] Ibid., p. 220.

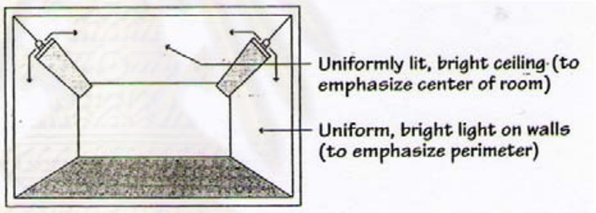


ภาพที่ 2.23 แสดงการให้แสงสว่างเพื่อความชัดเจนในการมองเห็น

ที่มา : M. David Egan and Victor W. Olgyay, **Architectural lighting, 2nd ed.** (Boston: McGraw-Hill, 2002), p. 220.

2.5.1.4 ความกว้างขวางโอ่โถง (Spaciousness)

ความกว้างขวางโอ่โถง (Spaciousness)[21] การให้แสงสว่างอย่างสม่ำเสมอ (Uniform Lighting) ภายในห้องนั้นช่วยให้ฝ้าเพดานและผนังนั้นมีความสดใส ซึ่งสามารถสร้างความรู้สึกความกว้างขวางโอ่โถง (Spaciousness) ให้กับผู้ใช้ ดังแสดงให้เห็นในภาพที่ 2.24



ภาพที่ 2.24 แสดงการให้แสงสว่างเพื่อความกว้างขวางโอ่โถง

ที่มา : M. David Egan and Victor W. Olgyay, **Architectural lighting, 2nd ed.** (Boston: McGraw-Hill, 2002), p. 220.

2.5.2 ประเภทของการกระจายแสงสว่าง (Generic Types and Distributions)

ประเภทของการกระจายแสงสว่าง[22] นั้นแสดงให้เห็นโดยภาพร่างอย่างง่ายของโคมไฟ ลูกศร และทิศทางลำแสงที่เปล่งออกมา ซึ่งปริมาณแสงสว่างนั้นแสดงค่าออกมาเป็น % ระหว่างฝ้าเพดานและพื้น โดยโคมไฟสำหรับการให้แสงสว่างในลักษณะทั่วไป (General Lighting) ซึ่งแบ่งประเภทโดย **Commission Internationale de I' Eclairage (CIE)**

การหลีกเลี่ยงความสว่าง (Brightness) เหนือโคมไฟโดยตรงของเพดานที่มากเกิน ทำได้โดยการแขวนโคมไฟในระยะที่ต่ำลงมาจากฝ้าเพดาน 0.3 - 0.4 เมตร การใช้หลอดไส้แบบที่มีการเคลือบด้านใน (Inside-Frosted) นั้นก็ช่วยในการลดเส้นแสงบนฝ้าเพดานซึ่งมักจะเกิดขึ้นจากหลอดไส้แบบใสธรรมดา โดยประเภทของการกระจายแสงสว่างนั้นแบ่งออกเป็นทิศทางในลักษณะต่างกัน ดังนี้

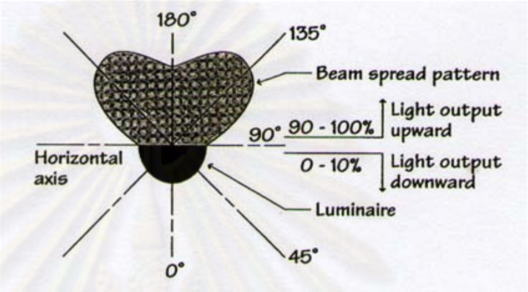
---

[21] M. David Egan and Victor W. Olgyay, **Architectural lighting, 2nd ed.** (Boston: McGraw-Hill, 2002), p. 220.

[22] Ibid., p. 195.

2.5.2.1 การกระจายแสงสว่างในลักษณะทางอ้อม (Indirect)

การกระจายแสงสว่างในลักษณะทางอ้อม (Indirect)[23] นี้สามารถทำให้ผู้ใช้มีความรู้สึกได้ว่าห้องที่มีฝ้าเพดานต่ำมีความสูงที่เพิ่มมากขึ้น แสงสว่างที่สะท้อนจากฝ้าเพดานและผนังส่วนที่อยู่เหนือขึ้นไปนั้นสามารถเติมเต็มลักษณะโครงสร้าง, ป้องกันเงามืดอึมครึมบนฝ้าเพดาน และกำจัดเงา ดังแสดงให้เห็นในภาพที่ 2.25

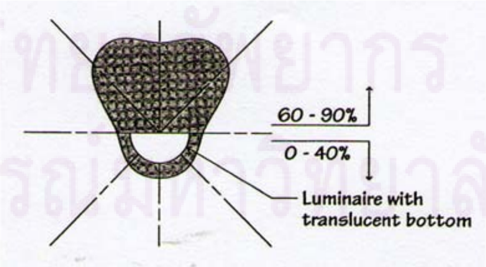


ภาพที่ 2.25 แสดงการกระจายแสงสว่างในลักษณะทางอ้อม

ที่มา : M. David Egan and Victor W. Olgyay, **Architectural lighting, 2nd ed.** (Boston: McGraw-Hill, 2002), p. 195.

2.5.2.2 การกระจายแสงสว่างในลักษณะกึ่งทางอ้อม (Semi – Indirect)

การกระจายแสงสว่างในลักษณะกึ่งทางอ้อม (Semi – Indirect)[24] นี้แสงสะท้อนที่มาจากฝ้าเพดานมีแนวโน้มที่จะทำให้เงามีความนุ่มนวลมากขึ้นและเพิ่มอัตราส่วนความสว่าง (Brightness Ratio) โดยความสว่างของโคมไฟและความสว่างของฝ้าเพดานนั้นอาจมีค่าเท่ากันโดยประมาณ เนื่องจากแสงสว่างนั้นค่อนข้างส่องมาในทิศทางลง (Downward) ดังแสดงให้เห็นในภาพที่ 2.26



ภาพที่ 2.26 แสดงการกระจายแสงสว่างในลักษณะกึ่งทางอ้อม

ที่มา : M. David Egan and Victor W. Olgyay, **Architectural lighting, 2nd ed.** (Boston: McGraw-Hill, 2002), p. 195.

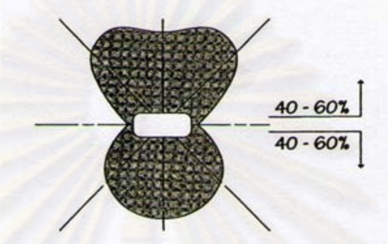
---

[23] Ibid., p. 195.

[24] M. David Egan and Victor W. Olgyay, **Architectural lighting, 2nd ed.** (Boston: McGraw-Hill, 2002), p. 195.

2.5.2.3 การกระจายแสงสว่างในลักษณะทางตรงและทางอ้อม (Direct – Indirect)

การกระจายแสงสว่างในลักษณะทางตรงและทางอ้อม (Direct – Indirect)[25] นี้โคมไฟจะให้แสงสว่างกับพื้นและฝ้าเพดานที่มีค่าเท่ากันโดยประมาณ และให้แสงสว่างเพียงน้อยนิดกับพื้นที่ด้านข้าง ดังนั้นความสว่าง (Brightness) สามารถทำให้มีลดต่ำลงในพื้นที่ที่มีแสงบาดตาโดยตรง (Direct Glare) ดังแสดงให้เห็นในภาพที่ 2.27

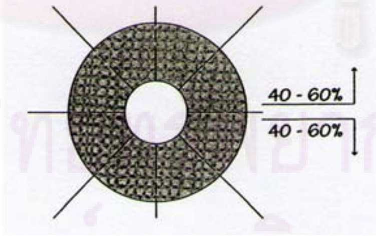


ภาพที่ 2.27 แสดงการกระจายแสงสว่างในลักษณะทางตรงและทางอ้อม

ที่มา : M. David Egan and Victor W. Olgyay, **Architectural lighting, 2nd ed.** (Boston: McGraw-Hill, 2002), p. 196.

2.5.2.4 การกระจายแสงสว่างในลักษณะกระจาย (Diffuse)

การกระจายแสงสว่างในลักษณะกระจาย (Diffuse)[26] นี้โคมไฟจะให้แสงสว่างในทุกทิศทางปริมาณเท่ากันโดยประมาณ การควบคุมแสงบาดตาโดยตรง (Direct Glare) ตัวครอบแสงกระจายควรมีขนาดใหญ่และหลอดไฟมีค่าพลังงานที่ต่ำ ดังแสดงให้เห็นในภาพที่ 2.28



ภาพที่ 2.28 แสดงการกระจายแสงสว่างในลักษณะกระจาย

ที่มา : M. David Egan and Victor W. Olgyay, **Architectural lighting, 2nd ed.** (Boston: McGraw-Hill, 2002), p. 196.

---

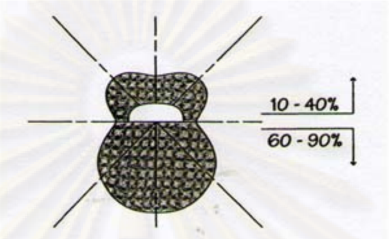
[25] M. David Egan and Victor W. Olgyay, **Architectural lighting, 2nd ed.** (Boston: McGraw-Hill, 2002), p. 196.

[26] Ibid., p. 196.

ศูนย์วิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.5.2.5 **การกระจายแสงสว่างในลักษณะกึ่งทางตรง** (Semi – Direct)

การกระจายแสงสว่างในลักษณะกึ่งทางตรง (Semi – Direct)[27] นี้โคมไฟจะให้แสงสว่างในทิศทางขึ้นโดยตรง (Directed Upward) เพื่อทำให้เงามีความนุ่มนวลมากขึ้นซึ่งเกิดจากโคมไฟที่ให้แสงสว่างโดยตรง (Direct Luminaire) เพียงอย่างเดียว ยกตัวอย่างเช่น โคมไฟส่องลง (Downlight) ดังแสดงให้เห็นในภาพที่ 2.29

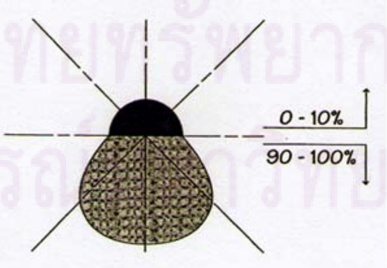


ภาพที่ 2.29 แสดงการกระจายแสงสว่างในลักษณะกึ่งทางตรง

ที่มา : M. David Egan and Victor W. Olgyay, **Architectural lighting, 2nd ed.** (Boston: McGraw-Hill, 2002), p. 196.

2.5.2.6 **การกระจายแสงสว่างในลักษณะทางตรงและให้ลำแสงกว้างในทิศทางลง** (Direct: Wide Beam Spread)

การกระจายแสงสว่างในลักษณะทางตรงและให้ลำแสงกว้างในทิศทางลง (Direct: Wide Beam Spread)[28] นี้โคมไฟสามารถใช้เพื่อการส่องเน้น การป้องกันอัตราส่วนความสว่าง (Brightness Ratio) ที่สูงนั้นต้องมีความแน่ใจว่าการให้แสงสว่างที่ผนังและพื้นผิวในแนวตั้งอื่นพอเพียงหรือยัง ดังแสดงให้เห็นในภาพที่ 2.30



ภาพที่ 2.30 แสดงการกระจายแสงสว่างในลักษณะทางตรงและให้ลำแสงกว้างในทิศทางลง

ที่มา : M. David Egan and Victor W. Olgyay, **Architectural lighting, 2nd ed.** (Boston: McGraw-Hill, 2002), p. 197.

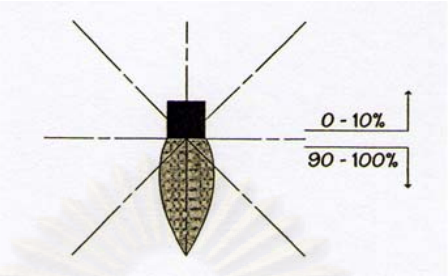
---

[27] M. David Egan and Victor W. Olgyay, **Architectural lighting, 2nd ed.** (Boston: McGraw-Hill, 2002), p. 196.

[28] Ibid., p. 197.

ศูนย์วิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.5.2.7 **การกระจายแสงสว่างในลักษณะทางตรงที่เน้นในแสงทางลง** (Direct: Highly Beam Spread)



ภาพที่ 2.31 แสดงการกระจายแสงสว่างในลักษณะทางตรงที่เน้นในแสงทางลง

ที่มา : M. David Egan and Victor W. Olgyay, **Architectural lighting, 2nd ed.** (Boston: McGraw-Hill, 2002), p. 197.

2.5.3 **เทคนิคการให้แสงสว่างแบบต่าง ๆ** (Lighting Distribution Strategies)

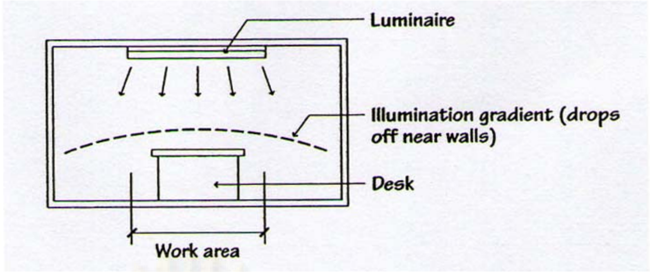
การออกแบบการให้แสงสว่างภายในอาคารทั่วไปนั้น อาศัยเทคนิคการให้แสงสว่างแบบต่างกันไป รวมทั้งการพิจารณาร่วมกับค่าการส่องสว่างจากเกณฑ์, มาตรฐานและข้อกำหนดในการออกแบบระบบแสงสว่างจากหน่วยงานนานาชาติที่เหมาะสมสำหรับการใช้งานในแต่ละประเภท เพื่อให้พื้นที่นั้นมีค่าการส่องสว่างที่มีปริมาณเหมาะสม รวมทั้งมีสภาพแสงสว่างที่มีประสิทธิภาพเพื่อการตอบสนองต่อการใช้งานของผู้ใช้ ซึ่งโดยทั่วไปแล้วเทคนิคการให้แสงสว่างแบ่งออกเป็น

2.5.3.1 **เทคนิคการให้แสงสว่างในลักษณะทั่วไป** (General or Ambient Lighting)

เทคนิคการให้แสงสว่างในลักษณะทั่วไป[29] นั้นจะให้การส่องสว่างที่สม่ำเสมอ (Uniform Illumination) ทั่วทั้งพื้นที่ของห้อง ทำให้เกิดความยืดหยุ่นในการจัดวางพื้นที่ใช้งาน เทคนิคการให้แสงสว่างเฉพาะที่ในลักษณะทั่วไป (Localized General Lighting) นั้นจะให้การส่องสว่างที่สม่ำเสมอโดยประมาณ (Approximately Uniform Illumination) แต่โคมไฟนั้นจะถูกติดตั้งในรูปแบบที่ตอบสนองต่อการจัดวางพื้นที่ใช้งานที่มีความเฉพาะเจาะจง ดังแสดงให้เห็นในภาพที่ 2.32

---

[29] M. David Egan and Victor W. Olgyay, **Architectural lighting, 2nd ed.** (Boston: McGraw-Hill, 2002), p. 221.

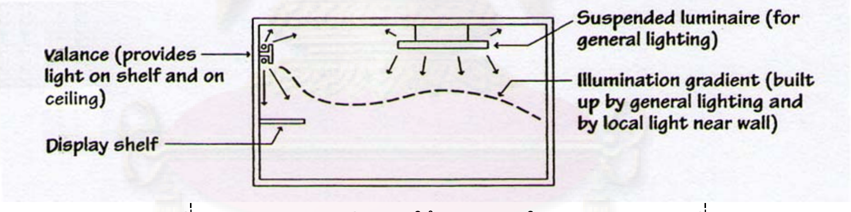


ภาพที่ 2.32 แสดงเทคนิคการให้แสงสว่างในลักษณะทั่วไป

ที่มา : M. David Egan and Victor W. Olgyay, **Architectural lighting, 2^{nd} ed.** (Boston: McGraw-Hill, 2002), p. 221.

2.5.3.2 เทคนิคการให้แสงสว่างในลักษณะเฉพาะที่ (Local Lighting)

เทคนิคการให้แสงสว่างในลักษณะเฉพาะที่[30] นั้นจะให้การส่องสว่างที่มีค่าสูง (High Illumination) บนพื้นที่ที่จำกัด ซึ่งอาจจะสว่างมากเกินไปและก่อให้เกิดความไม่สบาย นอกจากจะให้การส่องสว่างให้กับพื้นที่โดยรอบด้วย เทคนิคการให้แสงสว่างในลักษณะเฉพาะที่เมื่อใช้ร่วมกับเทคนิคการให้แสงสว่างในลักษณะทั่วไป จะเรียกว่า เทคนิคการให้แสงสว่างแบบส่งเสริม (Supplementary Lighting) ดังแสดงให้เห็นในภาพที่ 2.33



ภาพที่ 2.33 แสดงเทคนิคการให้แสงสว่างในลักษณะเฉพาะที่

ที่มา : M. David Egan and Victor W. Olgyay, **Architectural lighting, 2^{nd} ed.** (Boston: McGraw-Hill, 2002), p. 221.

2.5.3.3 เทคนิคการให้แสงสว่างในลักษณะส่องเน้นเป็นพิเศษ (Highlighting)

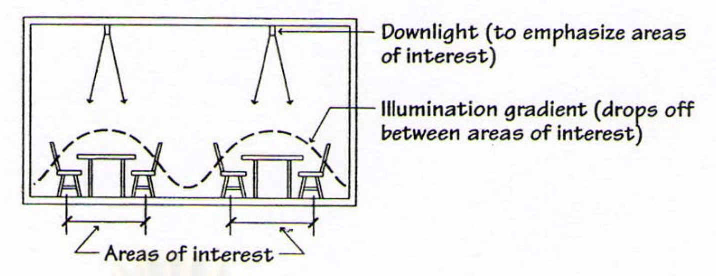
การให้แสงสว่างในลักษณะส่องเน้นเป็นพิเศษ[31] นั้นจะใช้เน้นพื้นที่เฉพาะที่สนใจ เช่น โต๊ะอาหารในภัตตาคารหรืองานศิลปะในห้องแสดงภาพ นอกเหนือจากการให้แสงสว่างในลักษณะส่องเน้นเป็นพิเศษแล้ว ภายในพื้นที่ก็ต้องมีการให้แสงสว่างในลักษณะทั่วไป (Ambient Lighting) ที่พอเพียงด้วย ดังแสดงให้เห็นในภาพที่ 2.34

---

[30] M. David Egan and Victor W. Olgyay, **Architectural lighting, 2^{nd} ed.** (Boston: McGraw-Hill, 2002), p. 221.

[31] Ibid., p.222.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

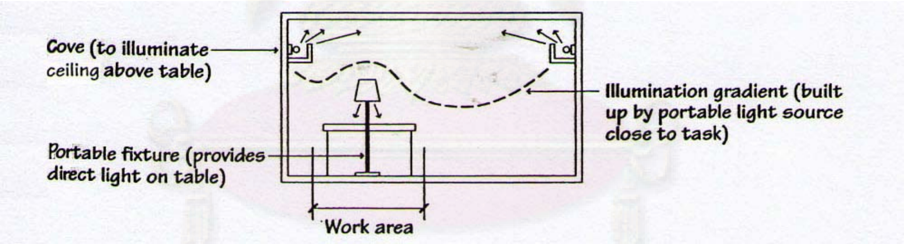


ภาพที่ 2.34 แสดงเทคนิคการให้แสงสว่างในลักษณะส่องเน้นเป็นพิเศษ

ที่มา : M. David Egan and Victor W. Olgyay, **Architectural lighting, 2nd ed.** (Boston: McGraw-Hill, 2002), p. 221.

2.5.3.4 เทคนิคการให้แสงสว่างในลักษณะเฉพาะที่เพื่อเสริมการให้แสงในลักษณะทั่วไป (Task–Ambient Lighting)

เทคนิคการให้แสงสว่างในลักษณะเฉพาะที่เพื่อเสริมการให้แสงในลักษณะทั่วไป[32] นั้นจะให้การส่องสว่างที่มีค่าสูง (High Illumination) จากแหล่งกำเนิดแสงสว่างที่อยู่ติดกับพื้นที่ทำงาน (Work Area) และเสริมการให้แสงสว่างในลักษณะทั่วไป (Ambient Lighting) ซึ่งมักจะได้จากแหล่งกำเนิดแสงที่มีการกระจายแสงสว่างในลักษณะทางอ้อม (Indirect) ดังแสดงให้เห็นในภาพที่ 2.35



ภาพที่ 2.35 แสดงเทคนิคการให้แสงสว่างในลักษณะเฉพาะที่เพื่อเสริมการให้แสงในลักษณะทั่วไป

ที่มา : M. David Egan and Victor W. Olgyay, **Architectural lighting, 2nd ed.** (Boston: McGraw-Hill, 2002), p. 221.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

---

[32] M. David Egan and Victor W. Olgyay, **Architectural lighting, 2nd ed.** (Boston: McGraw-Hill, 2002), p. 221.

2.5.3.5 เทคนิคการให้แสงสว่างในลักษณะเฉพาะที่เพื่อเสริมการให้แสงในลักษณะทั่วไป (Task–Ambient Lighting) **จากบทความ** Committee Report: Task and Ambient Lighting Systems Committee

คณะกรรมการจากบรรษัท OBAYASHI ในประเทศญี่ปุ่น ซึ่งได้แต่งตั้งขึ้นด้วยวัตถุประสงค์ที่จะกำหนดมาตรฐานให้กับการออกแบบ รวมทั้งวิธีการประเมินสำหรับระบบการให้แสงสว่างในลักษณะเฉพาะที่เพื่อเสริมการให้แสงในลักษณะทั่วไป (Task–Ambient Lighting)

2.5.3.5.1 คำจำกัดความของ Task–Ambient Lighting (TAL)

การให้แสงสว่างในลักษณะเฉพาะที่เพื่อเสริมการให้แสงในลักษณะทั่วไป (Task–Ambient Lighting) มีคำจำกัดความของวลีที่เกี่ยวข้องกับระบบการให้แสงสว่าง[33] ดังนี้

Task Ambient Lighting หมายถึง ระบบการให้แสงสว่างที่ให้ค่าการส่องสว่างที่ต้องการแก่พื้นที่ใช้งานและให้ค่าการส่องสว่างที่ต่ำลงให้กับพื้นที่โดยรอบ

Task Lighting หมายถึง ระบบการให้แสงสว่างเฉพาะพื้นที่ใช้งาน หรือ ระบบการให้แสงสว่างโดยตรงไปยังพื้นที่หรือระนาบที่เจาะจงในการที่จะให้ค่าการส่องสว่างสำหรับการใช้งานที่ใช้สายตา

Ambient Lighting หมายถึง ระบบการให้แสงสว่างในพื้นที่ทั่วไป หรือ ระบบการให้แสงสว่างที่ให้ค่าการส่องสว่างทั่วไปสำหรับพื้นที่ทั่วไปภายในสถานที่ที่ได้มีการทำงานที่ใช้สายตา

2.5.3.5.2 ค่าการส่องสว่างจาก 8 กรณีศึกษา

ค่าการส่องสว่างจากระบบการให้แสงสว่างภายในอาคารสำนักงานจาก 8 กรณีศึกษา[34] พบว่าค่าการส่องสว่าง (Illuminance) บนพื้นผิวโต๊ะทำงานในกรณีที่มีการให้แสงสว่างทั้งการให้แสงสว่างที่พื้นที่ใช้งาน (Task Lighting) และการให้แสงสว่างในพื้นที่ทั่วไป (Ambient Lighting) นั้น มีค่าอยู่ในช่วง 500 – 1200 ลักซ์ โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 780 ลักซ์ ส่วนกรณีที่มีการให้แสงสว่างในพื้นที่ทั่วไป (Ambient Lighting) เพียงอย่างเดียวนั้น มีค่าอยู่ในช่วง 150 – 550 โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 390 ลักซ์

2.5.3.5.3 แนวโน้มการใช้เทคนิค Task–Ambient Lighting **ภายในอาคารสำนักงาน**

อาคารสำนักงานที่มีความเหมาะสมในการใช้เทคนิคการให้แสงสว่างในลักษณะเฉพาะที่เพื่อเสริมการให้แสงในลักษณะทั่วไปนั้นมีลักษณะ[35] ดังนี้ อาคารสำนักงานที่มีการใช้งานอย่างอิสระของผู้ใช้งาน, อาคารสำนักงานที่มีขนาดใหญ่และมีอัตราพื้นที่ต่อผู้ใช้งาน (m^2/people) ที่มีค่าสูง, อาคารสำนักงานที่มีการใช้งานที่ต้องการค่าการส่องสว่างมากกว่า 1000 ลักซ์, อาคารสำนักงานที่มีสัดส่วนการนั่งทำงาน (Seating Ratio) ตลอดชั่วโมงการทำงานที่มีค่าต่ำ,อาคารสำนักงานที่มีการใช้งานติดต่อกัน 24 ชั่วโมง

---

[33] Misuru Saitoh, Chairman. Committee Report: Task and Ambient Lighting Systems Committee. **J. Light & Vis.** Env. 22, 1 (1998): 63 – 68.

[34] Ibid., p. 63 – 68.

[35] Ibid., p. 63 – 68.

2.5.3.5.4 **ลักษณะโคมไฟที่ใช้เทคนิค** Task–Ambient Lighting

การให้แสงสว่างในลักษณะเฉพาะที่เพื่อเสริมการให้แสงในลักษณะทั่วไป (Task–Ambient Lighting) มีการกำหนดลักษณะที่เกี่ยวข้องกับโคมไฟที่ใช้เทคนิค Task–Ambient Lighting[36] ดังนี้

Task Luminaire คือ โคมไฟที่ให้แสงสว่างเฉพาะพื้นที่ใช้งาน สามารถจำแนกออกเป็นประเภทด้วย ตำแหน่งของโคม, การติดตั้งโดยการยึดกับผนังกั้น, การติดตั้งด้วยการแขวน, การติดตั้งด้วยการยึดติดกับเพดาน โดยประเภทการติดตั้งโดยการยึดกับผนังกั้นนั้นได้พัฒนามาจากตำแหน่งของโคม ไฟ โดยโคมไฟที่ให้แสงสว่างเฉพาะพื้นที่ใช้งานนั้น ในปัจจุบันถูกนำมาใช้เป็นที่แพร่หลายมากที่สุด โดยโคมไฟสามารถเปลี่ยนทิศทางการให้แสงสว่างได้อย่างอิสระ โดยมีหลอดฟลูออเรสเซนต์เป็นแหล่งกำเนิดแสง โดยหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่ใช้สำหรับการให้แสงสว่างเฉพาะพื้นที่ใช้งานนั้น ควรมีค่าดัชนีความถูกต้องของสีขั้นต่ำ (Color Rendering Index, CRI) ที่สามารถปรับเปลี่ยนได้ (Ra $\geq$ 80) และควรมีการควบคุมแสงบาดตา (Galre) ที่ดี

Ambient Luminaire คือ โคมไฟที่ให้แสงสว่างในพื้นที่ทั่วไป สามารถจำแนกออกเป็นประเภทที่คล้ายคลึงกับที่จำแนกในโคมไฟที่ให้แสงสว่างเฉพาะพื้นที่ใช้งานด้วย การติดตั้งด้วยการแขวน , การติดตั้งด้วยการยึดติดกับเพดาน, การตั้งพื้น และการติดตั้งกับเครื่องเรือน ในปัจจุบันการติดตั้งด้วยการแขวนและการติดตั้งด้วยการยึดติดกับเพดานถูกนำมาใช้เป็นที่แพร่หลายมากที่สุด โดยหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่ใช้เป็นแหล่งกำเนิดแสงสำหรับการให้แสงสว่างในพื้นที่ทั่วไป ควรมีค่าดัชนีความถูกต้องของสีขั้นต่ำ (Color Rendering Index, CRI) ที่คงที่ (Ra $\geq$ 80) ในกรณีของการติดตั้งด้วยการแขวนที่มีการกระจายแสงขึ้น (Up Lighting) นั้นควรสามารถปรับหรี่ได้

การควบคุมการให้แสงสว่างเฉพาะพื้นที่ใช้งานและการให้แสงสว่างในพื้นที่ทั่วไปนั้น ในกรณีของการให้แสงสว่างเฉพาะพื้นที่ใช้งาน (Task Lighting) นั้นจะช่วยประหยัดพลังงานเพิ่มมากขึ้น ถ้ามีการลดการให้แสงสว่างเมื่อผู้ใช้งานไม่ได้อยู่ในพื้นที่ทำงาน ซึ่งอาจใช้ตัวตรวจจับ (Sensor), ตัวตรวจจับการเคลื่อนไหวของคน (Occupancy Sensor) เพื่อควบคุมการให้แสงสว่าง

2.5.3.5.5 **ระบบการให้แสงสว่างของโคมไฟที่ใช้เทคนิค** Task–Ambient Lighting

ระบบการให้แสงสว่างในพื้นที่ทั่วไปและระบบการให้แสงสว่างเฉพาะพื้นที่ใช้งานนั้นควรมีค่าการส่องสว่าง (Illuminance) และค่าความสม่ำเสมอของค่าการส่องสว่าง (Illuminance Uniformity) ที่เหมาะสม[37] ดังนี้

Ambient Illuminance คือ ค่าการส่องสว่างในพื้นที่ทั่วไป ควรมีค่าอยู่ในช่วง 250 – 600 ลักซ์

---

[36] Misuru Saitoh, Chairman. Committee Report: Task and Ambient Lighting Systems Committee. **J. Light & Vis.** Env. 22, 1 (1998): 63 – 68.

[37] Ibid., p. 63 – 68.

Average Task Illuminance คือ ค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ยเฉพาะพื้นที่ใช้งาน ซึ่งเป็นค่าการส่องสว่างของค่าการส่องสว่างในพื้นที่ทั่วไปกับค่าการส่องสว่างเฉพาะพื้นที่ใช้งาน (Ambient Illuminance + Task Illuminance) ที่วัดค่าที่ระนาบงาน (Work Plane) ควรยึดค่าการส่องสว่างของการให้แสงสว่างภายในสำนักงานที่แนะนำไว้ในมาตรฐานจาก Illuminating Engineering Institute of Japan

Illuminance Uniformity คือ ค่าความสม่ำเสมอของค่าการส่องสว่างนั้น นอกเหนือจากกรณีที่งานนั้นต้องอาศัยสายตาอย่างมากแล้ว โดยทั่วไปอัตราส่วนระหว่างค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ยเฉพาะพื้นที่ใช้งานต่อค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ยในพื้นที่ทั่วไป (Average Task Illuminance / Average Ambient Illuminance) มีค่า 2 : 1 และอัตราส่วนระหว่างค่าการส่องสว่างต่ำสุดต่อค่าการส่องสว่างสูงสุด (Minimum Illuminance / Maximum Illuminance) มีค่า 0.6 หรือมากกว่านั้น

2.6 โคมไฟที่ใช้เทคนิคการให้แสงเฉพาะที่เพื่อเสริมการให้แสงในบริเวณทั่วไปที่ได้มีการผลิตจริง

เทคนิคการให้แสงเฉพาะที่เพื่อเสริมการให้แสงในบริเวณทั่วไป (Task–Ambient Lighting)[38] เป็นเทคนิคที่จัดให้แหล่งกำเนิดแสงสว่าง (Light Source) อยู่ที่ตำแหน่งใกล้กับระนาบการทำงาน เพื่อการให้แสงสว่างให้แสงแบบทางตรง (Direct Lighting) ในปริมาณสูงเฉพาะพื้นที่ทำงาน (Task Lighting) ตามค่าการส่องสว่างที่ต้องการสำหรับงานประเภทนั้น และมีการเสริมการให้แสงสว่างทั่วไป (Ambient Lighting) โดยแหล่งกำเนิดแสงสว่างที่ให้แสงแบบทางอ้อม (Indirect Lighting) ซึ่งในปัจจุบันโคมไฟที่ใช้เทคนิคนี้ได้มีการผลิตจากผู้ประกอบการเพื่อการทดลองใช้ และเพื่อการใช้งานจริง เช่น TAMBIENT – GREEN IN ANY COLOR™, BERKELEY LAMP II – The Only Lamp Designed by Science และ LIGHTOLIER - Lighting that Makes a Difference

2.6.1 โคมไฟจาก TAMBIENT – GREEN IN ANY COLOR™

ผู้ประกอบการ TAMBIENT – GREEN IN ANY COLOR™ ได้ผลิตโคมไฟที่ใช้เทคนิคการให้แสงเฉพาะที่เพื่อเสริมการให้แสงในบริเวณทั่วไป (Task–Ambient Luminaire)[39] เพื่อใช้ในการติดตั้งอยู่เหนือระยะความสูงที่นั่งและอยู่ใต้ระยะความสูงของสายตา (Eye Height) โดยโคมไฟนี้ได้จัดให้มีการให้แสงสว่างแบบส่องลง (Downlight) เฉพาะพื้นที่ทำงาน (Task) และมีการให้แสงสว่างแบบส่องขึ้น (Uplight) ในบริเวณทั่วไป (Ambient) จากแหล่งกำเนิดแสงเพียง 1 หน่วย ดังนั้นจึงเป็นการลดความจำเป็นในการใช้ทั้งโคมไฟตั้งโต๊ะ (Task Light) และโคมไฟเพดาน (Ceiling Luminaire) โดยโคมไฟที่ผู้ประกอบการ ผู้ประกอบการ TAMBIENT – GREEN IN ANY COLOR™ แบ่งออกเป็น

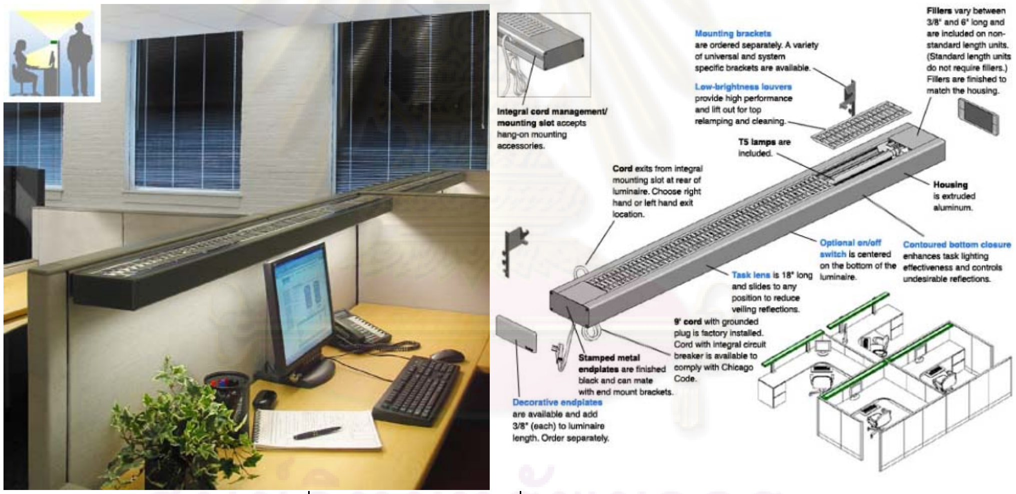
---

[38] M. David Egan and Victor W. Olgyay, **Architectural lighting**, 2nd ed. (Boston: McGraw–Hill, 2002), p. 221.

[39] Copyright© Tambient 2005, **Task Ambient Luminaires. Task Ambient Luminaires**[Online] (Available from: http://tambient.com/main/TaskAmbient)[2008, July 18]

2.6.1.1 **โคมไฟสำหรับพื้นที่ทำงานส่วนบุคคลซึ่งใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ T5 (Single Workstation - Linear T5) รุ่น Style L201**

โคมไฟรุ่น L201 นี้มีลักษณะที่สำคัญ คือ ใช้ติดตั้งแบบแขวน (Hang-On Mounting) สำหรับผนังกั้นบนโต๊ะทำงานของสำนักงานแบบเปิด (Open Office Furniture Panel) ซึ่งโคมไฟนี้ถูกออกแบบมาเพื่อใช้ในการติดตั้งอยู่เหนือระยะความสูงที่นั่งและอยู่ใต้ระยะความสูงของสายตา เพื่อให้แสงสว่างแบบส่องขึ้น (Uplight) ในบริเวณทั่วไป (Ambient) และให้แสงสว่างแบบส่องลง (Downlight) ที่มีความจ้าต่ำ (Low-Glare) เฉพาะพื้นที่ทำงาน (Task) ในระนาบแนวนอน (Horizontal Work Surface) โดยใช้แหล่งกำเนิดแสง คือ หลอดฟลูออเรสเซนต์ T5 ซึ่งมีอุณหภูมิสี (Color Temperature) 3000 เคลวิน ซึ่งสามารถใช้ได้ถึง 3500 - 4000 เคลวิน ในส่วนตำแหน่งในการติดตั้ง โคมไฟรุ่น L201 นี้สามารถครอบคลุมการให้แสงสว่างบนพื้นที่ทำงาน ที่ระยะความกว้าง 0.6 - 0.72 เมตร และสามารถติดตั้งที่ระยะความสูงจากพื้น 1.2 - 1.6 เมตร โดยการติดตั้งที่ระยะความสูงจากพื้น >1.6 เมตร นั้นเหมาะสมสำหรับการใช้เทคนิคการให้แสงเฉพาะที่เพื่อเสริมการให้แสงในบริเวณทั่วไป (Task–Ambient Lighting) ดังแสดงลักษณะที่สำคัญในภาพที่ 2.36



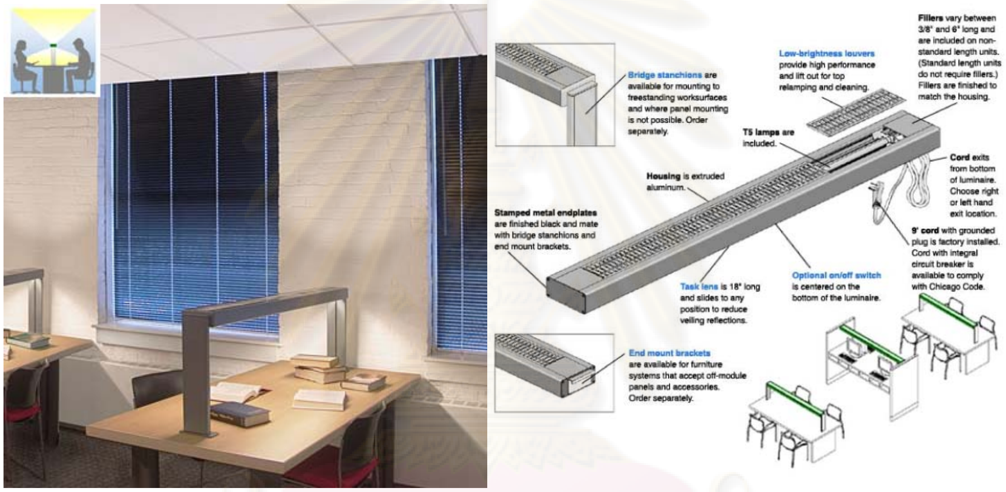
ภาพที่ 2.36 แสดงลักษณะที่สำคัญของโคมไฟรุ่น L201

ที่มา : Copyright© Tambient 2005, **Task Ambient Luminaires. Task Ambient Luminaires**[Online] (Available from: http://tambient.com/main/TaskAmbient)[2008, July 18]

2.6.1.2 **โคมไฟสำหรับพื้นที่ทำงานสองคนซึ่งใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ T5 (Dual Workstation - Linear T5) รุ่น Style L204**

โคมไฟรุ่น L204 นี้มีลักษณะที่สำคัญ คือ ใช้ติดตั้งแบบแขวน (Hang-On Mounting) สำหรับผนังกั้นบนโต๊ะทำงานของสำนักงานแบบเปิด (Open Office Furniture Panel) ซึ่งโคมไฟนี้ถูกออกแบบมาเพื่อใช้ในการติดตั้งอยู่เหนือระยะความสูงที่นั่งและอยู่ใต้ระยะความสูงของสายตา เพื่อให้แสงสว่างแบบส่องขึ้น (Uplight) ในบริเวณทั่วไป (Ambient) และให้แสงสว่างแบบส่องลง (Downlight) ที่มีความจ้าต่ำ (Low-Glare) เฉพาะพื้นที่ทำงาน (Task) ในระนาบแนวนอน (Horizontal Work Surface) ซึ่งจะให้แสงสว่างสำหรับ

พื้นที่ทำงาน 2 ทางเท่ากัน (Symmetrical 2 - Way Task Lighting) และเหมาะสำหรับพื้นที่การทำงานที่มีการใช้ร่วมกัน โดยได้ใช้แหล่งกำเนิดแสง คือ หลอดฟลูออเรสเซนต์ T5 ซึ่งมีอุณหภูมิสี (Color Temperature) 3000 เคลวิน ซึ่งสามารถใช้ได้ถึง 3500 - 4000 เคลวิน การใช้หลอดเพียง 1 หลอด จะช่วยจำกัดแสงสว่างบนพื้นที่ทำงานนั้น และไม่แนะนำการใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ประเภทให้ค่าการส่องสว่างสูง (High Output T5) ในส่วนตำแหน่งในการติดตั้ง โคมไฟรุ่น L204 นี้สามารถครอบคลุมการให้แสงสว่างบนพื้นที่ทำงาน ที่ระยะความกว้าง 0.6 - 0.72 เมตร และสามารถติดตั้งที่ระยะความสูงจากพื้น 1.2 - 1.6 เมตร โดยการติดตั้งที่ระยะความสูงจากพื้น >1.6 เมตร นั้นเหมาะสมสำหรับการใช้เทคนิคการให้แสงเฉพาะที่เพื่อเสริมการให้แสงในบริเวณทั่วไป (Task–Ambient Lighting) ดังแสดงลักษณะที่สำคัญในภาพที่ 2.37



ภาพที่ 2.37 แสดงลักษณะที่สำคัญของโคมไฟรุ่น L204

ที่มา : Copyright© Tambient 2005, **Task Ambient Luminaires. Task Ambient Luminaires**[Online] (Available from: http://tambient.com/main/TaskAmbient)[2008, July 18]

2.6.2 โคมไฟจาก BERKELEY LAMP II – The Only Lamp Designed by Science

โคมไฟจาก BERKELEY LAMP II – The Only Lamp Designed by Science นี้มีลักษณะที่สำคัญ คือ โคมไฟนี้ได้รับรางวัลในการออกแบบยอดเยี่ยมจาก ADEX ในปี ค.ศ. 2009 โดยโคมไฟนี้ใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์แบบกลม (Circular Fluorescent) ยี่ห้อ BlueMaxTM ซึ่งมีอุณหภูมิสี (Color Temperature) 3500 - 5500 เคลวิน ซึ่งให้แสงสว่างได้ทั้งโทนอุ่นและโทนร้อน โดยการใช้งานนั้น ได้ใช้อิเล็กทรอนิกส์บัลลาสต์ (Flicker Free Electronic Ballast) ในการปรับหรี่ (Dimming Control) ทั้งการให้แสงสว่างแบบส่องขึ้น (Uplight) ในบริเวณทั่วไป (Ambient) และการให้แสงสว่างแบบส่องลง (Downlight) เฉพาะพื้นที่ทำงาน (Task) และช่วยประหยัดพลังงานไฟฟ้าจากการใช้พลังงานไฟสำหรับระบบแสงสว่าง 50% ดังแสดงลักษณะที่สำคัญในภาพที่ 2.38

ภาพที่ 2.38 แสดงลักษณะที่สำคัญของโคม BERKELEY LAMP II

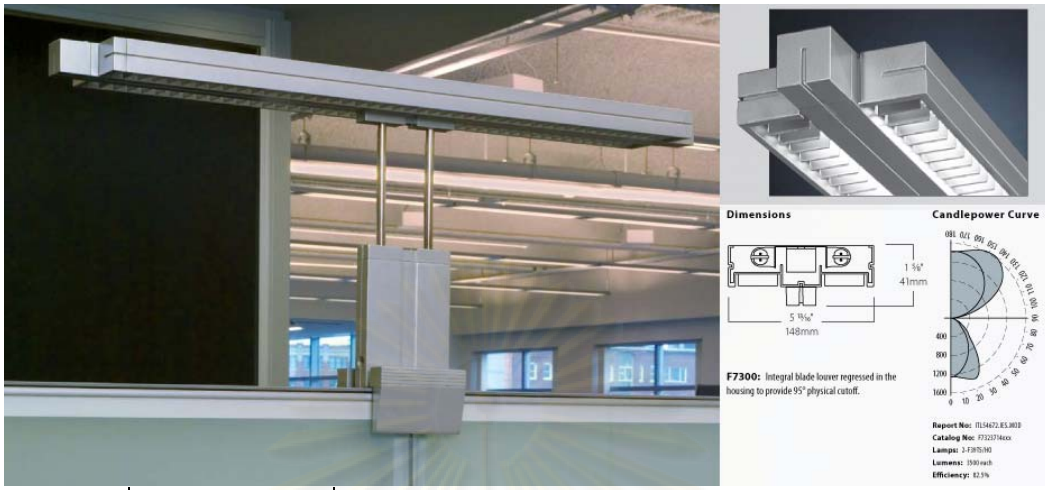
ที่มา : Copyright© BERKELEY LAMP II, **BERKELEY LAMP II - The Only Lamp Designed by Science**[Online] (Available from: http://www.berkeleylamp.com/)[2008, July 20]

2.6.3 **โคมไฟจาก** LIGHTOLIER – Lighting that Makes a Difference

โคมไฟจาก LIGHTOLIER - Lighting that Makes a Difference รุ่น F7300 นี้มีลักษณะที่สำคัญ คือ โคมไฟนี้ให้แสงนุ่มนวลแต่เด่นชัดลักษณะทิศทางอ้อม (Indirect Light) ให้กับพื้นที่ทำงาน การติดตั้งกับผนังกั้นระหว่างโต๊ะทำงานที่เมื่อติดตั้งแล้วดูเสมือนว่าโคมไฟนั้นลอยอยู่เหนือพื้นที่ทำงานและมีรูปทรงที่ตอบสนองกับสถาปัตยกรรมเสมือนว่าเป็นเฟอร์นิเจอร์ชิ้นหนึ่งซึ่งสามารถเคลื่อนย้าย (Portable)ได้

โดยปกติการให้แสงสว่างภายในอาคารสำนักงานนั้นไม่ได้มีการคำนึงถึงลักษณะในการจัดวางเฟอร์นิเจอร์ จึงทำให้แต่ละพื้นที่ทำงานอาจบังเงากันเองหรือได้รับแสงสว่างไม่พอเพียง การออกแบบติดตั้งจึงลดปัญหาเหล่านี้ด้วยการติดตั้งอยู่เหนือผนังกั้นระหว่างโต๊ะทำงาน อีกทั้งสามารถเคลื่อนย้ายไปติดตั้งให้ตอบรับกับการควบคุมเฉพาะบุคคล (Individual Control) ซึ่งจัดให้มีสวิตช์ควบคุมการเปิด - ปิด (On – Off Switch) จึงเกิดความยืดหยุ่นในการใช้งาน ซึ่งโคมไฟตัวนี้ใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ T5 HO เป็นจำนวน 2 หลอด ซึ่งทั้ง 2 หลอดนั้นทำหน้าที่ให้ทั้งแสงสว่างสำหรับพื้นที่ทำงาน (Task Light) และแสงสว่างสำหรับพื้นที่ทั่วไป (Ambient Light) ไปพร้อมกัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาพที่ 2.39 แสดงลักษณะที่สำคัญของโคม LIGHTOLIER - Lighting that Makes a Difference

ที่มา : Copyright© LIGHTOLIER, **LIGHTOLIER - Lighting that Makes a Difference**[Online] (Available from: http://www.lightolier.com/)[2010, January 15]

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยชิ้นนี้ได้ใช้ยุทธวิธีการวิจัยเชิงจำลองสถานการณ์ (Simulation Research) ร่วมกับการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) เพื่อออกแบบและพัฒนาต้นแบบ (Prototype) ของโคมไฟประหยัดพลังงานซึ่งใช้เทคนิคการให้แสงเฉพาะที่เพื่อเสริมการให้แสงในบริเวณทั่วไป (Task–Ambient Luminaire) สำหรับอาคารสำนักงาน โดยได้แบ่งขั้นตอนวิธีการดำเนินการวิจัยออกเป็น 2 ส่วนใหญ่ ได้แก่ ส่วนที่ 1 การทบทวนและพัฒนาเกณฑ์ในการออกแบบระบบแสงสว่าง และ ส่วนที่ 2 การออกแบบพัฒนาโคมไฟประหยัดพลังงานซึ่งใช้เทคนิคการให้แสงเฉพาะที่เพื่อเสริมการให้แสงในบริเวณทั่วไปสำหรับอาคารสำนักงานและทดสอบประสิทธิภาพการให้แสงสว่าง

ส่วนที่ 1 การทบทวนและพัฒนาเกณฑ์ในการออกแบบระบบแสงสว่าง เป็นการทบทวนเกณฑ์, มาตรฐาน และข้อกำหนดในการออกแบบระบบแสงสว่างสำหรับการใช้งานภายในอาคารสำนักงานจากหน่วยงานนานาชาติ โดยจะวิเคราะห์เปรียบเทียบในเรื่องเกณฑ์ของค่าการส่องสว่าง (Illuminance, E) เป็นหลัก แล้วจึงนำเกณฑ์ที่ได้มาใช้ในขั้นตอนต่อไป คือ การพัฒนาโคมไฟประกอบอุปกรณ์การควบคุมระบบแสงสว่าง

ส่วนที่ 2 การออกแบบพัฒนาโคมไฟประหยัดพลังงานซึ่งใช้เทคนิคการให้แสงเฉพาะที่เพื่อเสริมการให้แสงในบริเวณทั่วไปสำหรับอาคารสำนักงานและทดสอบประสิทธิภาพการให้แสงสว่าง เป็นขั้นตอนการออกแบบและพัฒนาโคมไฟซึ่งใช้เทคนิคการให้แสงเฉพาะที่เพื่อเสริมการให้แสงในบริเวณทั่วไป (Task–Ambient Lighting Technique : TAL) โดยใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ (Fluorescent Lamp) ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 หุน (5/8”) หรือเรียกว่า T5 ซึ่งช่วยในการลดการใช้พลังงานไฟฟ้ากว่าหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 หุน หรือเรียกว่า T8 ที่มีการใช้โดยทั่วไปถึง 30%[1] ร่วมกับการใช้อิเลคทรอนิคส์บัลลาสต์ (Electronic Ballast) และสวิชต์ปรับหรี่ (Dimming Switch) เพื่อใช้ในการปรับหรี่ระดับความสว่างให้ตอบรับกับความพึงพอใจของแต่ละบุคคลที่เกี่ยวเนื่องกับสภาวะสบายตา (Visual Comfort) ซึ่งสามารถปรับหรี่ได้ตั้งแต่ 100% – 1%[2] โดยลักษณะทางกายภาพของโคมไฟเน้นการออกแบบที่สามารถนำไปติดตั้งกับผนังกั้นสำเร็จรูปของโต๊ะทำงานภายในอาคารสำนักงาน ซึ่งในส่วนของการพัฒนาโคมไฟนี้สามารถแบ่งย่อยได้เป็น 3 ระยะ ได้แก่

1) การออกแบบโคมไฟขั้นต้นด้วยการจำลองสภาพการให้แสงสว่างเสมือนจริงด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์
2) การสร้างโคมไฟเท่าขนาดจริงเพื่อใช้ทดสอบประสิทธิภาพการให้แสงสว่างในขั้นต้น
3) การออกแบบพัฒนาโคมไฟเพื่อนำไปสร้างจริงเพื่อใช้ทดสอบประสิทธิภาพการให้แสงสว่าง

---

[1] ฝ่ายบริหารและแผนงานด้านการใช้ไฟฟ้า กฟผ., ข้อมูลหลอดผอมใหม่ เบอร์ 5. **เครือข่ายร่วมลดภาวะโลกร้อนใช้หลอด T5**[ออนไลน์] (แหล่งที่มา: http://dsm.egat.co.th/t5/index.php)[2552, กรกฎาคม 18]

[2] เรื่องเดียวกัน

3.1 ขั้นตอนการทบทวนและพัฒนาเกณฑ์ในการออกแบบระบบแสงสว่าง

ขั้นตอนการทบทวนและพัฒนาเกณฑ์ในการออกแบบระบบแสงสว่างจะอยู่ในขั้นตอนการทบทวนวรรณกรรม ซึ่งกล่าวไว้ในบทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ในส่วนที่ 1 การศึกษาเกณฑ์, มาตรฐาน และข้อกำหนดในการออกแบบระบบแสงสว่างจากหน่วยงานนานาชาติ โดยเน้นเฉพาะสำหรับการใช้งานภายในอาคารสำนักงาน

3.2 ขั้นตอนการออกแบบพัฒนาโคมไฟประหยัดพลังงานซึ่งใช้เทคนิคการให้แสงเฉพาะที่เพื่อเสริมการให้แสงในบริเวณทั่วไปสำหรับอาคารสำนักงานและทดสอบประสิทธิภาพการให้แสงสว่าง

ขั้นตอนการพัฒนาโคมไฟประหยัดพลังงานซึ่งใช้เทคนิคการให้แสงเฉพาะที่เพื่อเสริมการให้แสงในบริเวณทั่วไปสำหรับอาคารสำนักงานและทดสอบประสิทธิภาพการให้แสงสว่าง นั้นจะทำการออกแบบโคมไฟขั้นต้นด้วยการจำลองสภาพการให้แสงสว่างเสมือนจริงด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ จากนั้นจะทำการสร้างโคมไฟเท่าขนาดจริงเพื่อใช้ทดสอบประสิทธิภาพการให้แสงสว่างในขั้นต้น และในขั้นสุดท้ายจะทำการออกแบบพัฒนาโคมไฟเพื่อนำไปสร้างจริงเพื่อใช้ทดสอบประสิทธิภาพการให้แสงสว่าง

3.2.1 การออกแบบโคมไฟขั้นต้นด้วยการจำลองสภาพการให้แสงสว่างเสมือนจริงด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ (Computer Simulation)

เมื่อได้ค่าการส่องสว่างสำหรับการใช้งานภายในอาคารสำนักงาน จากขั้นตอนการทบทวนและพัฒนาเกณฑ์ในการออกแบบระบบแสงสว่างภายในอาคารสำนักงานแล้วจึงนำเกณฑ์ที่ได้มาใช้ในการออกแบบโคมไฟขั้นต้นด้วยการจำลองสภาพการให้แสงสว่างเสมือนจริงด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการจำลองสภาพแสงสว่างภายในอาคาร คือ DIALux 4.6 และจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์อย่างง่ายสำหรับการจำลองสภาพแสงสว่างภายในอาคาร คือ DIALux 4.6 Light โดยแบ่งการศึกษาออกเป็น 2 ส่วนหลัก คือ

1) การวัดค่าการส่องสว่างในสถานที่จริงเพื่อเปรียบเทียบกับการจำลองสภาพเสมือนจริงของสถานที่จริงในโปรแกรมคอมพิวเตอร์

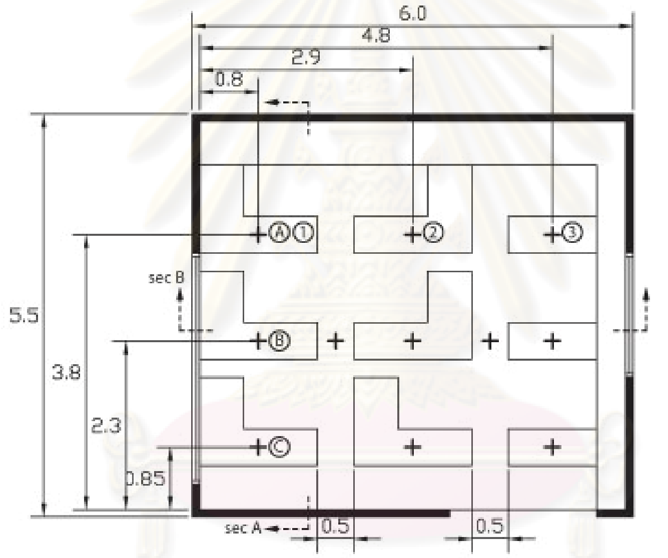
2) การจำลองสภาพเสมือนจริงของโคมไฟที่ใช้เทคนิคการให้แสงเฉพาะที่เพื่อเสริมการให้แสงในบริเวณทั่วไปในโปรแกรมคอมพิวเตอร์

3.2.1.1 การวัดค่าการส่องสว่างในสถานที่จริงเพื่อเปรียบเทียบกับการจำลองสภาพเสมือนจริงของสถานที่จริงในโปรแกรมคอมพิวเตอร์

ในส่วนนี้จะทำการศึกษาโดยการวัดค่าการส่องสว่างเฉพาะแสงส่องลง (Down Light) ตามลักษณะการติดตั้งโคมไฟในสถานที่จริง ซึ่งให้เป็นกรณีศึกษาที่ 1 จากนั้นจึงทำการจำลองค่าการส่องสว่างเฉพาะแสงส่องลง (Down Light) จากโปรแกรมคอมพิวเตอร์อย่างง่ายสำหรับการจำลองสภาพแสงสว่างภายในอาคาร คือ DIALux 4.6 Light ซึ่งแบ่งออกเป็น 4 กรณีศึกษา คือ กรณีศึกษาที่ 2 ที่ใช้ค่าการส่องสว่างตามที่วัดได้จริงตามกรณีศึกษาที่ 1 และมีการทดลองศึกษากำหนดค่าการส่องสว่างด้วยตนเองในกรณีศึกษาที่ 3 ที่ใช้ค่าการส่องสว่าง 300 ลักซ์, กรณีศึกษาที่ 4 ที่ใช้ค่าการส่องสว่าง 500 ลักซ์ และกรณีศึกษาที่ 5 ที่ใช้ค่าการส่องสว่าง 700 ลักซ์

3.2.1.1.1 กรณีศึกษาที่ 1

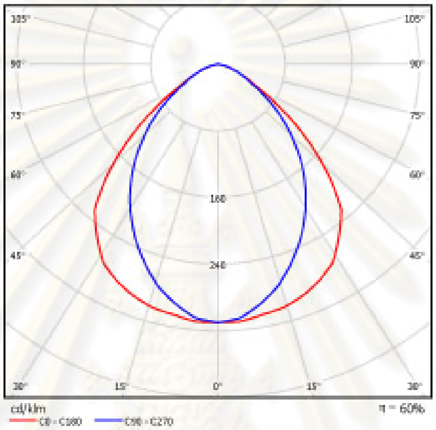
สำหรับในกรณีศึกษาที่ 1 ที่ทำการศึกษาโดยการวัดค่าการส่องสว่างเฉพาะแสงส่องลง (Down Light) ตามลักษณะการติดตั้งโคมไฟในสถานที่จริงนั้นได้เลือกใช้พื้นที่สำนักงานขนาดเล็ก คือ สำนักงานภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ซึ่งตั้งอยู่ที่ชั้น 3 ของอาคาร โดยภายในสำนักงานมีขนาด (W x L x H) = 5.50 x 6.00 x 3.50 เมตร ซึ่งมีพื้นที่ (W X L) = 33 ตารางเมตร และมีความสูงจากพื้น – เพดาน (H) = 3.50 เมตร การจัดพื้นที่ใช้งานนั้นมีโต๊ะทำงาน 9 ตัว จัดเรียงเป็น 3 แถว แถวละ 3 ตัว ชิดขอบหน้าต่างทั้ง 2 ข้าง โดยมีทางเดินระหว่างโต๊ะกว้าง 0.50 เมตร มีช่องหน้าต่างทางทิศเหนือซึ่งติดกับภายนอก ขนาด (W x L) = 2.00 x 3.00 เมตร และช่องหน้าต่างทางทิศใต้ซึ่งติดกับระเบียงทางเดิน ขนาด (W x L) = 1.00 x 1.50 เมตร ดังแสดงในภาพที่ 3.1



ภาพที่ 3.1 แสดงผังพื้นสำนักงานที่ระบุตำแหน่งของโต๊ะและทางเดินที่ใช้ในการวัดค่าการส่องสว่าง

การจัดวางตำแหน่งโคมไฟมีการใช้โคมไฟประเภทฝังหน้าตะแกรง (Standard recessed louver luminaire) ซึ่งใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ (Fluorescent Lamp) ขนาด 36 วัตต์ ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 หุน หรือเรียกว่า T8 หรือ TLD ชุดละ 3 หลอด (แต่ในความเป็นจริง กรณีที่ 1 นี้ชุดโคมไฟ 1 ชุด ใส่หลอดไฟละ 2 หลอด) โดยจัดวางผังโคมไฟเป็นแบบสมมาตร (Symmetry) ขนานไปกับแนวระนาบทำงาน (Work Plane) ของโต๊ะทำงาน โดยมีระยะห่างใต้ฝ้า – ใต้โคมไฟ (Suspension Height) = 0.50 เมตร, ระยะห่างใต้โคมไฟ – ระนาบทำงาน (Height above Work Plane) = 2.30 เมตร และระยะห่างใต้โคมไฟ – พื้น (Mounting Height) = 3.00 เมตร ซึ่งค่าเหล่านี้จะถูกนำไปจำลองการติดตั้งโคมไฟในโปรแกรม DIALux 4.6 Light ในกรณีศึกษาที่ 2, 3, 4 และ 5

การเลือกจำลองโคมไฟในจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์อย่างง่ายสำหรับการจำลองสภาพแสงสว่างภายในอาคาร DIALux 4.6 Light นั้น ได้เลือกโคมไฟที่มีลักษณะใกล้เคียงกับโคมไฟที่ใช้จริง คือ โคมไฟประเภทฝังหน้าตะแกรง (Standard Recessed Louver Luminaire) โดยได้เลือกใช้โคมไฟ Sylvania 0053786 SYL–LOUVER PL 236 B2NC&PC + No accessory ซึ่งมีค่า Luminaire Luminous Flux 6,700 ลูเมน, Luminaire Wattage: 86.0 วัตต์ แต่ละชุดจะประกอบด้วยหลอดฟลูออเรสเซนต์ จำนวน 2 หลอด ดังแสดงในภาพที่ 3.2



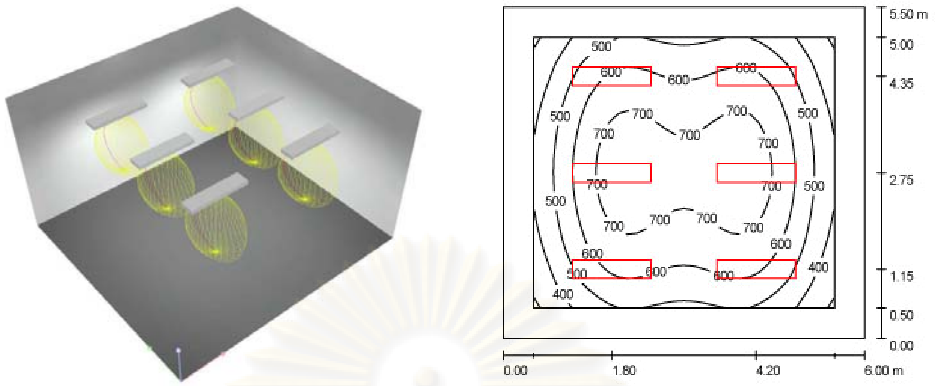
ภาพที่ 3.2 แสดงค่าการกระจายแสงของโคมไฟที่ได้ใช้ในกรณีศึกษา 2 – 5

การวัดค่าการส่องสว่างนั้น จะทำการวัดที่ระนาบทำงาน (Work Plane) คือ 0.75 เมตร โดยอ้างอิงจากแถวในแนวตั้งจากกรณีที่ 1 (ดังแสดงในภาพที่ 3.1) ซึ่งวัดระยะห่างจากทางออกถึงกึ่งกลางระนาบทำงาน คือ 3.80, 2.30, 0.85 เมตร และแทนสัญลักษณ์ในกรณีที่ 2 – 5 คือ A, B, C ส่วนแถวในแนวนอน กรณีที่ 1 ซึ่งวัดระยะห่างจากหน้าต่างทิศเหนือถึงกึ่งกลางระนาบทำงาน คือ 0.80, 2.90, 4.80 เมตร และแทนสัญลักษณ์ในกรณีที่ 2 – 5 คือ 1, 2, 3

3.2.1.1.2 **กรณีศึกษาที่ 2**

สำหรับในกรณีศึกษาที่ 2 ที่ทำการศึกษาโดยการวัดค่าการส่องสว่างเฉพาะแสงส่องลง (Down Light) ตามลักษณะการติดตั้งโคมไฟที่ใช้ค่าการส่องสว่างตามที่วัดได้จริงตามกรณีศึกษาที่ 1 ซึ่งมีค่า 600 ลักซ์ โดยได้มีการป้อนข้อมูลค่าการส่องสว่างที่ต้องการนี้เข้าไปในจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์อย่างง่ายสำหรับการจำลองสภาพแสงสว่างภายในอาคาร คือ DIALux 4.6 Light ซึ่งโปรแกรมก็จะจำลองการติดตั้งโคมไฟขึ้นมา

จากการป้อนค่าการส่องสว่างตามที่วัดได้จริงตามกรณีศึกษาที่ 1 ซึ่งมีค่า 600 ลักซ์ และให้โปรแกรมคำนวณการติดตั้งตำแหน่งโคมไฟ โดยโปรแกรมได้จัดวางผังโคมไฟเป็นแบบสมมาตร (Symmetry) ขนานไปกับแนวระนาบทำงาน (Work Plane) ของโต๊ะทำงาน ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 แถว แถวละ 3 ดวง รวมเป็นจำนวนโคมไฟทั้งสิ้น 6 ดวง ดังแสดงในภาพที่ 3.3

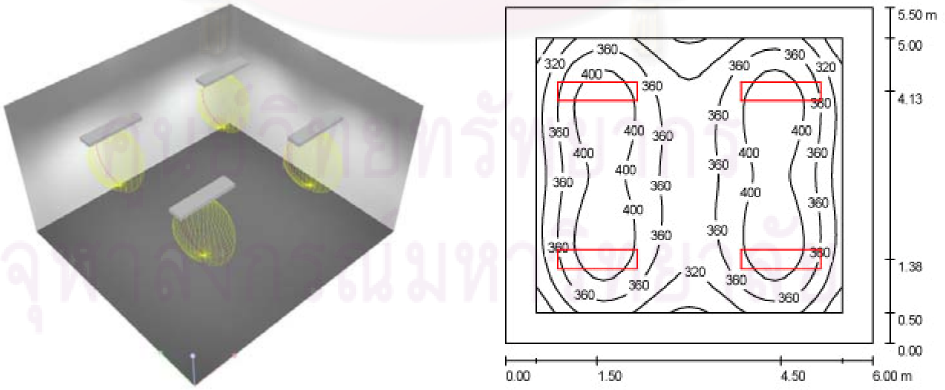


ภาพที่ 3.3 แสดงทัศนียภาพของการจัดโคมไฟในห้องที่มีการส่องสว่าง 600 ลักซ์ กรณีศึกษาที่ 2

3.2.1.1.3 **กรณีศึกษาที่** 3

สำหรับในกรณีศึกษาที่ 3 ที่ทำการศึกษาโดยการวัดค่าการส่องสว่างเฉพาะแสงส่องลง (Down Light) ตามลักษณะการติดตั้งโคมไฟที่ใช้ค่าการส่องสว่างตามที่ได้กำหนดเอง ซึ่งมีค่า 300 ลักซ์ โดยได้มีการป้อนข้อมูลค่าการส่องสว่างที่ต้องการนี้เข้าไปในจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์อย่างง่ายสำหรับการจำลองสภาพแสงสว่างภายในอาคารคือ DIALux 4.6 Light ซึ่งโปรแกรมก็จะจำลองการติดตั้งโคมไฟขึ้นมา

จากการป้อนค่าการส่องสว่างตามที่ได้กำหนดเอง ซึ่งมีค่า 300 ลักซ์ และให้โปรแกรมคำนวณการติดตั้งโคมไฟ โดยโปรแกรมได้จัดวางผังโคมไฟเป็นแบบสมมาตร (Symmetry) ขนานไปกับแนวระนาบทำงาน (Work Plane) ของโต๊ะทำงาน ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 แถว แถวละ 2 ดวง รวมเป็นจำนวนโคมไฟทั้งสิ้น 2 ดวง ดังแสดงในภาพที่ 3.4



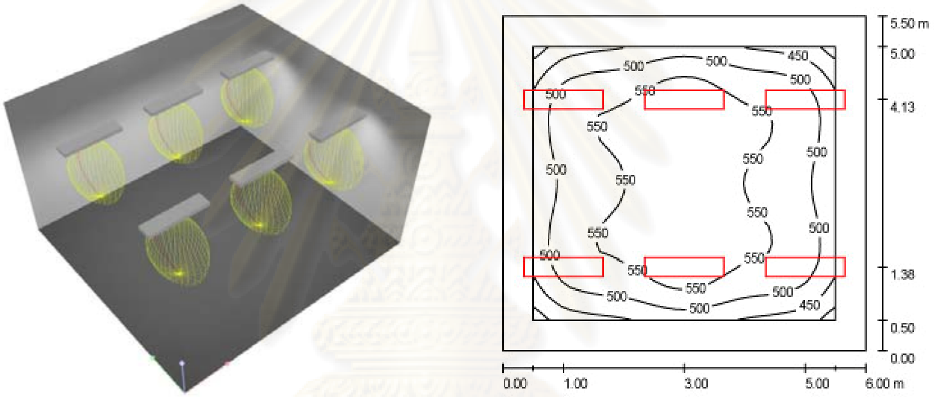
ภาพที่ 3.4 แสดงทัศนียภาพของการจัดโคมไฟในห้องที่มีการส่องสว่าง 300 ลักซ์ กรณีศึกษาที่ 3

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.2.1.1.4 **กรณีศึกษาที่** 4

สำหรับในกรณีศึกษาที่ 4 ที่ทำการศึกษาโดยการวัดค่าการส่องสว่างเฉพาะแสงส่องลง (Down Light) ตามลักษณะการติดตั้งโคมไฟที่ใช้ค่าการส่องสว่างตามที่ได้กำหนดเอง ซึ่งมีค่า 500 ลักซ์ โดยได้มีการป้อนข้อมูลค่าการส่องสว่างที่ต้องการนี้เข้าไปในจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์อย่างง่ายสำหรับการจำลองสภาพแสงสว่างภายในอาคาร คือ DIALux 4.6 Light ซึ่งโปรแกรมก็จะจำลองการติดตั้งโคมไฟขึ้นมา

จากการป้อนค่าการส่องสว่างตามที่ได้กำหนดเอง ซึ่งมีค่า 500 ลักซ์ และให้โปรแกรมคำนวณการติดตั้งโคมไฟ โดยโปรแกรมได้จัดวางผังโคมไฟเป็นแบบสมมาตร (Symmetry) ขนานไปกับแนวระนาบทำงาน (Work Plane) ของโต๊ะทำงาน ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 แถว แถวละ 3 ดวง รวมเป็นจำนวนโคมไฟทั้งสิ้น 6 ดวง ดังแสดงในภาพที่ 3.5



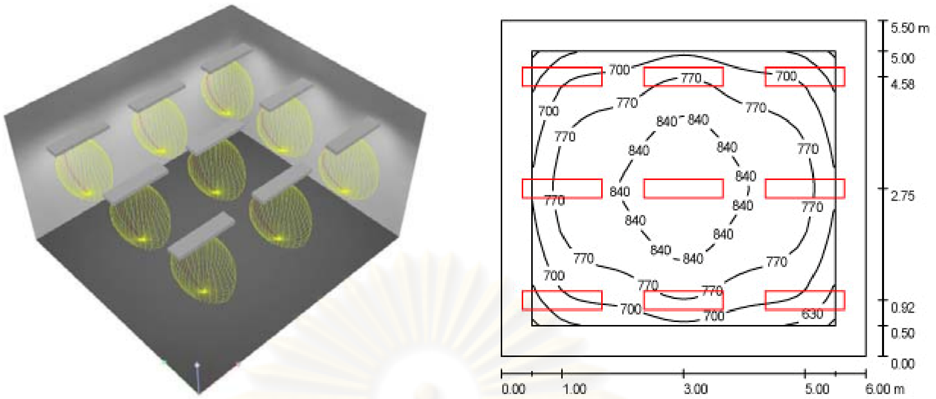
ภาพที่ 3.5 แสดงทัศนียภาพของการจัดโคมไฟในห้องที่มีการส่องสว่าง 500 ลักซ์ กรณีศึกษาที่ 4

3.2.1.1.5 **กรณีศึกษาที่** 5

สำหรับในกรณีศึกษาที่ 5 ที่ทำการศึกษาโดยการวัดค่าการส่องสว่างเฉพาะแสงส่องลง (Down Light) ตามลักษณะการติดตั้งโคมไฟที่ใช้ค่าการส่องสว่างตามที่ได้กำหนดเอง ซึ่งมีค่า 700 ลักซ์ โดยได้มีการป้อนข้อมูลค่าการส่องสว่างที่ต้องการนี้เข้าไปในจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์อย่างง่ายสำหรับการจำลองสภาพแสงสว่างภายในอาคาร คือ DIALux 4.6 Light ซึ่งโปรแกรมก็จะจำลองการติดตั้งโคมไฟขึ้นมา

จากการป้อนค่าการส่องสว่างตามที่ได้กำหนดเอง ซึ่งมีค่า 700 ลักซ์ และให้โปรแกรมคำนวณการติดตั้งโคมไฟ โดยโปรแกรมได้จัดวางผังโคมไฟเป็นแบบสมมาตร (Symmetry) ขนานไปกับแนวระนาบทำงาน (Work Plane) ของโต๊ะทำงาน ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 แถว แถวละ 3 ดวง รวมเป็นจำนวนโคมไฟทั้งสิ้น 9 ดวง ดังแสดงในภาพที่ 3.6

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาพที่ 3.6 แสดงทัศนียภาพของการจัดโคมไฟในห้องที่มีการส่องสว่าง 700 ลักซ์กรณีศึกษาที่ 5

3.2.1.2 การจำลองสภาพเสมือนจริงของโคมไฟที่ใช้เทคนิคการให้แสงเฉพาะที่เพื่อเสริมการให้แสงในบริเวณทั่วไปในโปรแกรมคอมพิวเตอร์

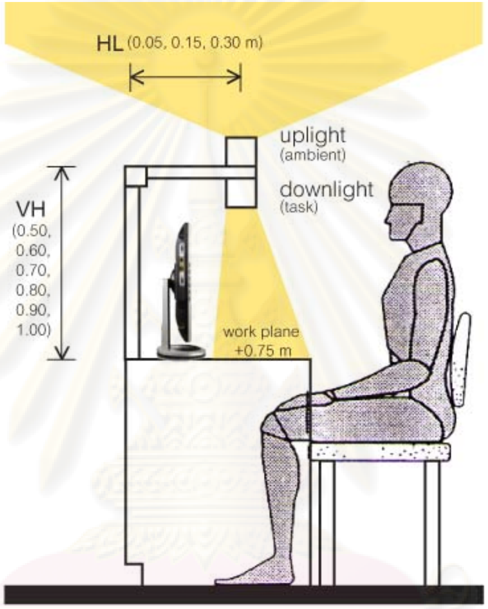
ในส่วนนี้จะทำการศึกษาโดยการจำลองสภาพเสมือนจริงของโคมไฟที่ใช้เทคนิคการให้แสงเฉพาะที่เพื่อเสริมการให้แสงในบริเวณทั่วไป (Task–Ambient Lighting) ซึ่งตัวโคมไฟนี้จะเน้นให้สามารถนำไปติดตั้งกับผนังกั้นสำเร็จรูป (Panel) ซึ่งใช้แบ่งพื้นที่ของโต๊ะทำงาน ที่มีการใช้งานทั่วไปอยู่ในอาคารสำนักงาน เพื่อความสะดวกในการติดตั้งและบำรุงรักษา ดังนั้นในการออกแบบและพัฒนาโคมไฟนี้จึงได้กำหนดตัวแปรต้น คือ ระยะห่างในการติดตั้งโคมไฟกับผนังกั้นระหว่างโต๊ะทำงาน ทั้งระยะห่างทางตั้งและระยะห่างทางนอน เพื่อนำมาใช้ในการจำลองสภาพเสมือนจริงของโคมไฟที่ในโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการจำลองสภาพแสงสว่างภายในอาคาร คือ DIALux 4.6 เพื่อดูผลการจำลองประสิทธิภาพของตัวแปรตามที่ได้ ทั้งตัวแปรทางด้านประสิทธิภาพพลังงาน คือ ค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างภายใน (LPD) และตัวแปรทางด้านประสิทธิภาพแสงสว่าง คือ ค่าการส่องสว่างสูงสุด (E_{max}), ค่าการส่องสว่างต่ำสุด (E_{min}), ค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย (E_{ave}) และค่าความสม่ำเสมอของปริมาณแสงสว่างแบบเฉลี่ย (U_m) โดยตัวแปรต้นที่ใช้ในการจำลองแบ่งออกเป็น 2 ตัวแปร ดังแสดงในภาพที่ 3.7 ดังนี้

1) **ระยะห่างทางตั้งที่ติดตั้ง** (Installed Vertical Height, VH) ซึ่งมีการกำหนดระยะความสูงจากระนาบทำงานขึ้นมาถึงส่วนบนสุดของผนังกั้น คือ 0.50, 0.60, 0.70, 0.80, 0.90, 1.00 เมตร โดยระยะห่างทางตั้งนั้นต้องมีความสัมพันธ์กับระยะความสูงของระดับสายตาผู้ใช้ในการมองขณะที่นั่งทำงานกับโต๊ะทำงาน[3] ซึ่งอยู่ที่ระยะ 0.50 เมตร ในมุมมองตรงปกติ และอยู่ที่ระยะ 0.75 เมตร ในมุมมองเงย รวมทั้งต้องมีความสัมพันธ์กับระยะห่างทางตั้งที่เหมาะสมสำหรับการป้องกันความจ้า (Glare) ของแหล่งกำเนิดแสงสว่างต่อสายตาผู้ใช้[4] ซึ่งอยู่ที่ระยะ 0.45 – 0.60 เมตร นอกจากนั้นระยะในการติดตั้งโคมไฟที่เหมาะสมกับโคมไฟที่ใช้เทคนิคการให้แสงเฉพาะที่เพื่อเสริมการให้แสงในบริเวณทั่วไป จะอยู่ที่ระยะ >0.95 เมตร

---

[3] Julius Panero and Martin Zelnik, **Human dimension & interior space: a source book of design reference standards** (New York: Whitney Library of Design, 1979), pp. 169 – 186.

2) **ระยะห่างทางนอนที่ติดตั้ง** (Installed Horizontal Length, HL) ซึ่งมีการกำหนดระยะห่างจากส่วนปลายสุดด้านบนของผนังกั้นถึงจุดกึ่งกลางของแหล่งกำเนิดแสงสว่างของโคมไฟ คือ 0.05, 0.15, 0.30 เมตร โดยระยะห่างทางนอนนั้นต้องมีความสัมพันธ์กับระยะความกว้างในการวางจอคอมพิวเตอร์จากผนังกั้นโต๊ะทำงาน[5] ซึ่งในปัจจุบันนิยมใช้จอคอมพิวเตอร์ชนิดแอลซีดี (Liquid Crystal Display, LCD) ที่มีความหนา 0.06 เมตร และมีระยะความกว้างในการติดตั้งพร้อมขาตั้งอยู่ที่ 0.20 เมตร ซึ่งใช้พื้นที่ในการวางน้อยกว่าจอคอมพิวเตอร์ชนิดซีอาร์ที (Cathode Ray Tube Monitor, CRT)



ภาพที่ 3.7 แสดงระยะห่างทางนอนและระยะห่างทางตั้งของโคมไฟ

โคมไฟซึ่งใช้เทคนิคการให้แสงเฉพาะที่เพื่อเสริมการให้แสงในบริเวณทั่วไป (Task–Ambient Luminaire) ที่จะออกแบบและพัฒนานี้ได้ใช้เทคนิคการให้แสงเฉพาะที่เพื่อเสริมการให้แสงในบริเวณทั่วไป (Task–Ambient Lighting)[6] ซึ่งเป็นเทคนิคที่จัดให้แหล่งกำเนิดแสงสว่าง (Light Source) อยู่ที่ตำแหน่งใกล้กับระนาบการทำงาน เพื่อการให้แสงสว่างให้แสงแบบทางตรง (Direct Lighting)ในปริมาณสูงเฉพาะพื้นที่ทำงาน (Task Lighting) ตามค่าการส่องสว่างที่ต้องการสำหรับงานประเภทนั้น เช่น งานด้านเอกสาร (Paper Task) และงานด้านคอมพิวเตอร์ (Computer Task) และมีการเสริมการให้แสงสว่างทั่วไป (Ambient Lighting)

---

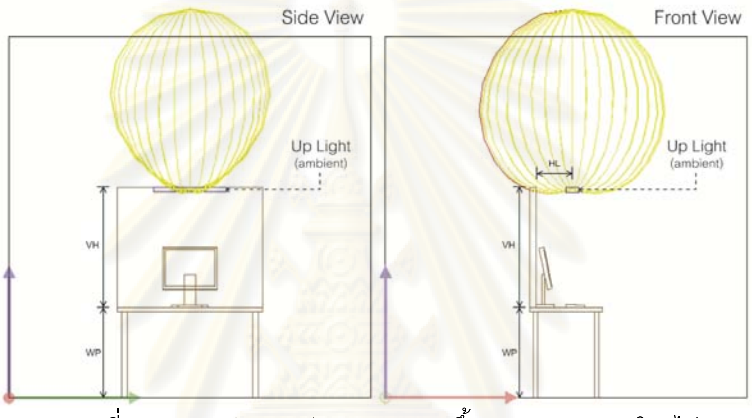
[4] Copyright© Tambient 2005, Single Workstation – Linear T5. **Task Ambient Luminaires**[Online] (Available from: http://tambient.com/main/TaskAmbient)[2008, July 18]

[5] Copyright© 2008 SAMSUNG, LCD monitor. Product[Online] (Available from: http://www.samsung.com)[2008, July 18]

[6] M. David Egan and Victor W. Olgyay, **Architectural lighting**, 2nd ed. (Boston: McGraw–Hill, 2002), p. 221.

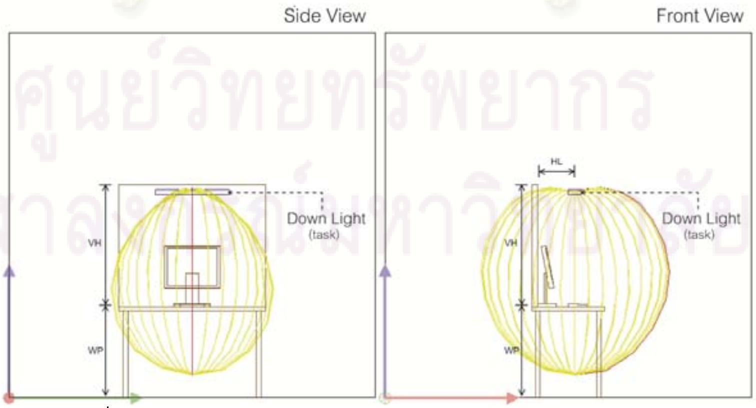
โดยแหล่งกำเนิดแสงสว่างที่ให้แสงแบบทางอ้อม (Indirect Lighting) สำหรับสภาพแวดล้อมในห้องซึ่งคิดเป็นเพียงสัดส่วน 20% ของพื้นที่ในส่วนสำนักงานทั้งหมด ดังนั้นในการจำลองในโปรแกรม DIALux 4.6 นั้นจึงต้องจัดให้โคมไฟมีแหล่งกำเนิดแสงสว่างแยกออกเป็น 2 ส่วน คือ แสงส่องขึ้น (Up Light) และแสงส่องลง (Down Light) โดยในส่วนการวัดค่าการส่องสว่างนั้นจะวัดในระนาบทำงาน (Work Plane) คือ 0.75 เมตร และจะทำการจำลองรูปแบบการให้แสงสว่างของโคมไฟออกเป็น 3 รูปแบบ คือ

1) **แสงส่องขึ้น** (Up Light) ซึ่งจำลองลักษณะโคมไฟด้วยการใช้โคมไฟ 1 ชุดในทิศทางแสงส่องขึ้น (Up Light) ดังแสดงในภาพที่ 3.8



ภาพที่ 3.8 แสดงตัวอย่างลักษณะแสงส่องขึ้น (Up Light) ของโคมไฟ

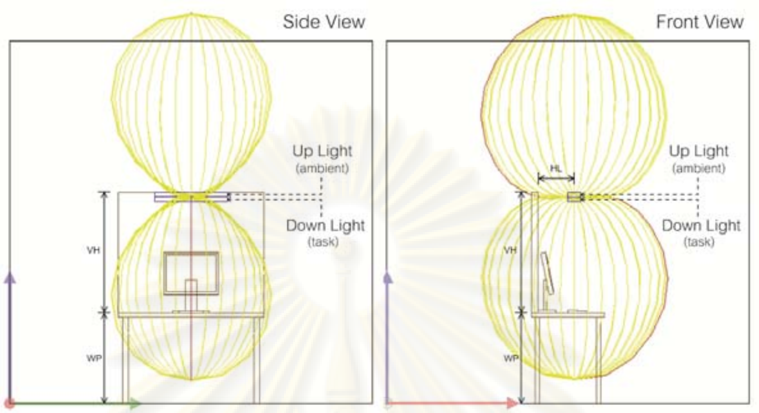
2) **แสงส่องลง** (Down Light) ซึ่งจำลองลักษณะโคมไฟด้วยการใช้โคมไฟ 1 ชุดในทิศทางแสงส่องลง (Down Light) ดังแสดงในภาพที่ 3.9



ภาพที่ 3.9 แสดงตัวอย่างลักษณะแสงส่องลง (Down Light) ของโคมไฟ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

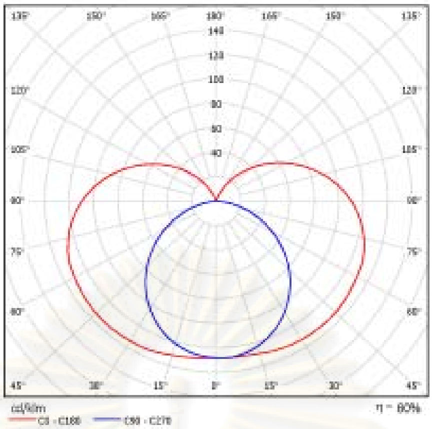
3) **แสงส่องขึ้นและส่องลง** (Up–Down Light) ซึ่งจำลองลักษณะโคมไฟด้วยการใช้โคมไฟประกบ 2 ชุดในทิศทางแสงส่องขึ้น (Up Light) 1 ชุดและแสงส่องลง (Down Light) 1 ชุด ดังแสดงในภาพที่ 3.10



ภาพที่ 3.10 แสดงตัวอย่างลักษณะแสงส่องขึ้นและส่องลง (Up–Down Light) ของโคมไฟ

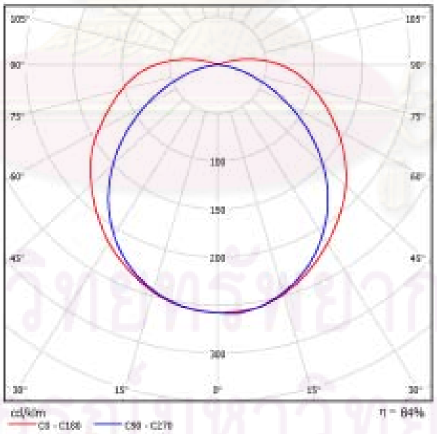
ในส่วนการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการส่องสว่างระหว่างหลอดฟลูออเรสเซนต์ของโคมไฟได้ทำการจำลองทั้งหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 หุน (5/8”) หรือเรียกว่า T5 ที่มีค่าพลังงาน 14 W HE ซึ่งมีประสิทธิภาพทางด้านพลังงานสูง (High Efficiency) และหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 หุน (5/8”) หรือเรียกว่า T5 ที่มีค่าพลังงาน 24 W HO ซึ่งมีประสิทธิภาพทางด้านแสงสว่างสูง (High Output) โดยในการจำลองสภาพเสมือนจริงของโคมไฟที่ใช้เทคนิคการให้แสงเฉพาะที่เพื่อเสริมการให้แสงในบริเวณทั่วไป (Task–Ambient Lighting) ในโปรแกรม DIALux 4.6 นั้นได้เลือกใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับหลอดฟลูออเรสเซนต์จริงที่มีอยู่จริงตามท้องตลาด คือ

1) **หลอดฟลูออเรสเซนต์** T5 14 W HE ซึ่งเป็นหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 หุน (5/8”) หรือเรียกว่า T5 ที่มีค่าพลังงาน 14 W HE ซึ่งมีประสิทธิภาพทางด้านพลังงานสูง (High Efficiency) โดยในโปรแกรม DIALux 4.6 นั้นได้เลือกใช้โคมไฟยี่ห้อ OSRAM GmbH 72701 LUMILUX SPLIT ซึ่งใช้หลอดไฟ Fluorescent T5 14 วัตต์ จำนวน 1 หลอด ต่อโคมไฟ 1 ชุด มีค่า Luminaire Luminous Flux 1,200 ลูเมน, Luminaire Wattage: 17.0 วัตต์, Correction Factor: 1.000 ดังแสดงในภาพที่ 3.11



ภาพที่ 3.11 แสดงค่าการกระจายแสงของโคมไฟ LUMILUX SPLIT T5 14 W HE

2) **หลอดฟลูออเรสเซนต์** T5 24 W HO ซึ่งเป็นหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 หุน (5/8”) หรือเรียกว่า T5 ที่มีค่าพลังงาน 24 W HO ซึ่งมีประสิทธิภาพทางด้านแสงสว่างสูง (High Output) โดยในโปรแกรม DIALux 4.6 นั้นได้เลือกใช้โคมไฟยี่ห้อ OSRAM GmbH 72491 LUMILUX FLATLITE ซึ่งใช้หลอดไฟ Fluorescent T5 24 วัตต์ จำนวน 1 หลอด ต่อโคมไฟ 1 ชุด มีค่า Luminaire Luminous Flux 1,750 ลูเมน, Luminaire Wattage: 27.0 วัตต์, Correction Factor: 1.000 ดังแสดงในภาพที่ 3.12



ภาพที่ 3.12 แสดงค่าการกระจายแสงของโคมไฟ LUMILUX FLATLITE T5 24 W HO

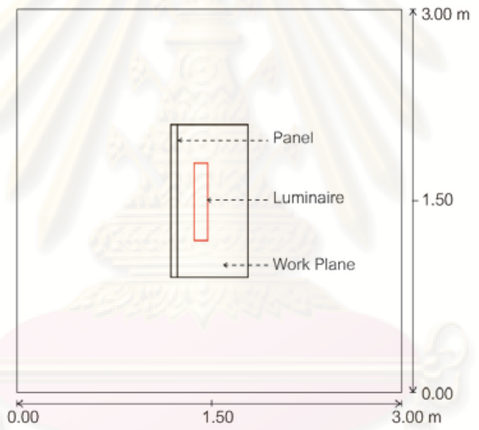
หลังจากที่ได้กำหนดตัวแปรต้น คือ ระยะห่างทางและระยะห่างทางนอนที่ติดตั้ง รวมทั้งหลอดฟลูออเรสเซนต์เพื่อจำลองสภาพเสมือนจริงของลักษณะโคมไฟในโปรแกรม DIALux 4.6 แล้วจึงทำการศึกษาโดยแบ่งออกเป็น 2 กรณีหลัก ดังนี้

1) การจำลองห้องทำงานเดี่ยวเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพแสงสว่าง

2) การจำลองห้องทำงานรวมเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพพลังงาน

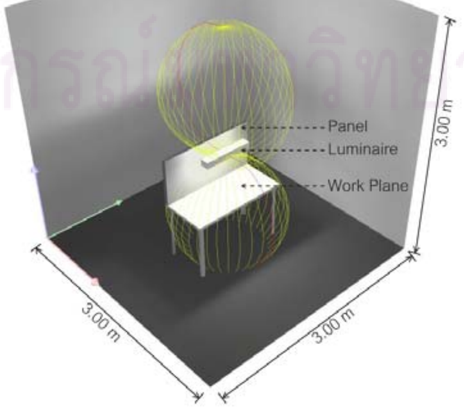
3.2.1.2.1 การจำลองห้องทำงานเดี่ยวเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพแสงสว่าง (Lighting Performance) ของโคมไฟ

จำลองห้องทำงานเดี่ยวขนาด (W x L x H) = 3.00 x 3.00 x 3.00 เมตร ซึ่งมีพื้นที่ (W X L) = 3.00 x 3.00 = 9.00 ตารางเมตร และมีความสูงจากพื้น – เพดาน (H) = 3.00 เมตร วัสดุภายในห้องทำงานมีค่าการสะท้อนแสง (Reflectance) ของเพดาน (Ceiling) เท่ากับ 70%, ผนัง (Walls) เท่ากับ 50% และพื้น (Floor) เท่ากับ 20% ภายในมีโต๊ะทำงานขนาด (W x L x H) = 0.60 x 1.20 x 0.75 เมตร และมีความสูงจากพื้น – ระนาบทำงาน (Work Plane, WP) = 0.75 เมตร พร้อมผนังกั้น จำนวน 1 ชุด เพื่อทดสอบประสิทธิภาพแสงสว่าง (Lighting Performance) ในทิศทางของการติดตั้งหลอดฟลูออเรสเซนต์ทั้ง 3 รูปแบบ คือ แสงส่องขึ้น (Up Light), แสงส่องลง (Down Light) และแสงส่องขึ้น – ส่องลง (Up–Down Light) โดยจะทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพแสงสว่างของค่าการส่องสว่าง (Illuminance, lx) ระหว่างการใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ที่มีค่าพลังงาน (Power, watt) ที่แตกต่างกัน ดังแสดงในภาพที่ 3.13 และภาพที่ 3.14



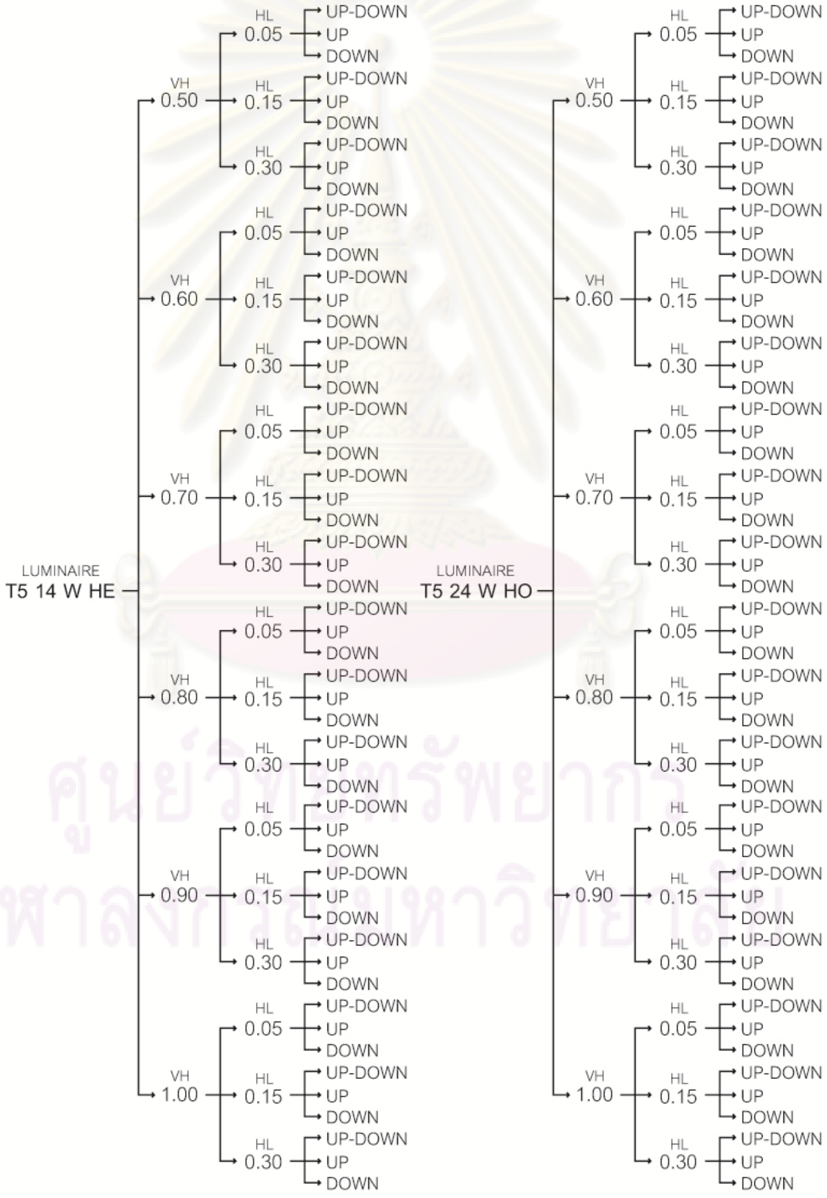
ภาพที่ 3.13 แสดงมุมมองด้านบนของห้องทำงานเดี่ยว

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาพที่ 3.14 แสดงมุมมองทัศนียภาพห้องทำงานเดี่ยว

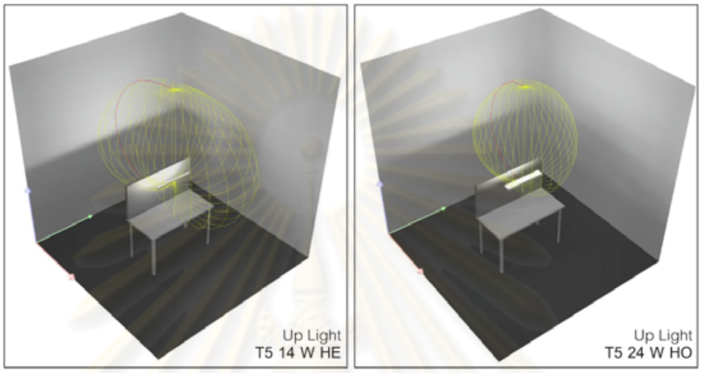
การจำลองสภาพเสมือนจริงของโคมไฟที่ในโปรแกรม DIALux 4.6 มีระยะห่างทางตั้งที่ติดตั้ง (Installed Vertical Height, VH) คือ 0.50, 0.60, 0.70, 0.80, 0.90, 1.00 เมตร และระยะห่างทางนอนที่ติดตั้ง (Installed Horizontal Length, HL) คือ 0.05, 0.15, 0.30 เมตร ซึ่งการวัดค่าการส่องสว่างจะทำการวัดที่ระนาบทำงาน (Work Plane, WP) คือ 0.75 เมตร ซึ่งการจำลองสภาพเสมือนจริงของโคมไฟนี้จะแบ่งออกเป็น 2 กรณีศึกษาใหญ่ โดยแต่ละกรณีศึกษาใหญ่จะแบ่งออกเป็นกรณีศึกษาย่อย รวมทั้งสิ้น 108 กรณีศึกษา ดังแสดงในภาพที่ 3.15



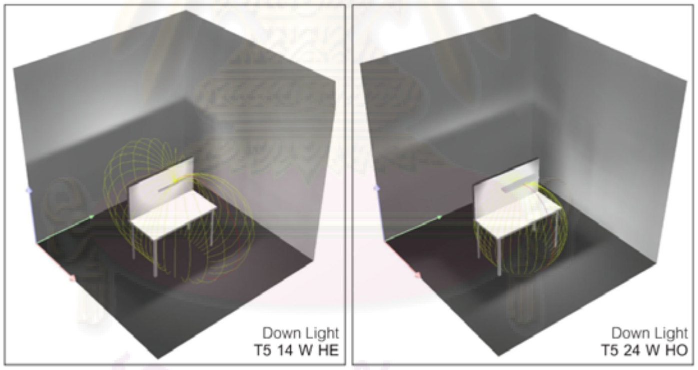
ภาพที่ 3.15 แสดงกรณีศึกษาทั้งหมด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

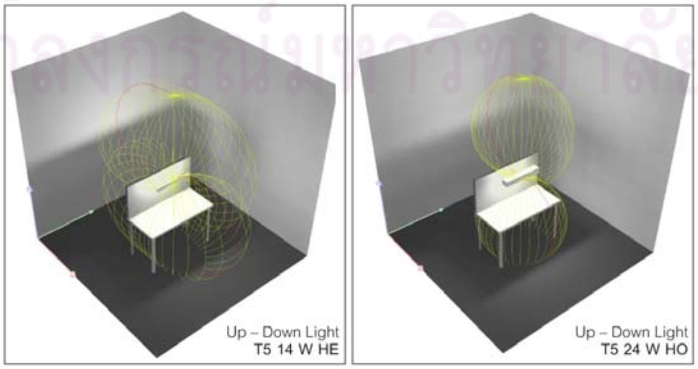
กรณีศึกษาย่อยทั้ง 108 กรณีศึกษานั้นจะถูกจำลองสภาพเสมือนจริงเพื่อทดสอบประสิทธิภาพแสงสว่าง (Lighting Performance) ของหลอดฟลูออเรสเซนต์ T5 14 W HE และหลอดฟลูออเรสเซนต์ T5 24 W HO ในทิศทางของการติดตั้งหลอดฟลูออเรสเซนต์ทั้ง 3 รูปแบบ ดังแสดงในภาพที่ 3.16 – ภาพที่ 3.18



ภาพที่ 3.16 มุมมองทัศนียภาพของโคมไฟเฉพาะแสงส่องขึ้น ระหว่าง T5 14 W HE และ T5 24 W HO



ภาพที่ 3.17มุมมองทัศนียภาพของโคมไฟเฉพาะแสงส่องลง ระหว่าง T5 14 W HE และ T5 24 W HO



ภาพที่ 3.18 มุมมองทัศนียภาพของโคมไฟเฉพาะแสงส่องขึ้น–ส่องลง ระหว่าง T5 14 W HE และ T5 24 W HO

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.2.1.2.2 การจำลองห้องทำงานรวมเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพพลังงาน (Energy Performance) ของเทคนิคการให้แสงสว่าง

จำลองห้องทำงานรวมขนาด (W x L x H) = 4.50 x 6.00 x 3.00 เมตร ซึ่งมีพื้นที่ (W X L) = 4.50 x 6.00 = 27.0 ตารางเมตร และมีความสูงจากพื้น – เพดาน (H) = 3.00 เมตร วัสดุภายในห้องทำงานมีค่าการสะท้อนแสง (Reflectance) ของเพดาน (Ceiling) เท่ากับ 70%, ผนัง (Walls) เท่ากับ 50% และพื้น (Floor) เท่ากับ 20% ภายในมีโต๊ะทำงานขนาด (W x L x H) = 0.60 x 1.20 x 0.75 เมตร และมีความสูงจากพื้น – ระนาบทำงาน (Work Plane, WP) = 0.75 เมตร พร้อมผนังกั้น จำนวน 8 ชุด (Desk 1 – Desk 8) การจัดเรียงโต๊ะทำงานทั้ง 8 ชุดนี้ทำให้เกิดพื้นที่ทางเดินด้านข้างโต๊ะติดกับผนังห้องทำงาน (Area 1), พื้นที่ทางเดินด้านหลังโต๊ะติดกับผนังห้องทำงาน (Area 2) และพื้นที่ทางเดินตรงกลางระหว่างโต๊ะ (Area 3) ซึ่งจะทำการวัดค่าการส่องสว่างจากการจำลองสภาพเสมือนจริงจากโปรแกรม DIALux 4.6 เช่นเดียวกัน

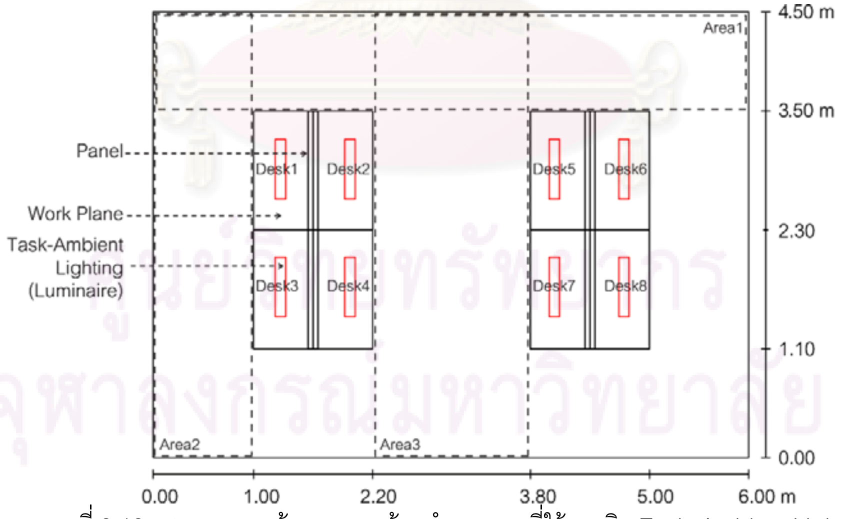
การจำลองห้องทำงานรวมนี้ จัดทำเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพพลังงาน (Energy Performance) ระหว่างเทคนิคการให้แสงเฉพาะที่เพื่อเสริมการให้แสงในบริเวณทั่วไป (Task–Ambient Lighting) และเทคนิคการให้แสงสว่างในพื้นที่ใช้งานในลักษณะทั่วไป (Uniform Lighting) โดยทำการสร้างห้องทำงานรวมที่ใช้เทคนิคการให้แสงเฉพาะที่เพื่อเสริมการให้แสงในบริเวณทั่วไป (Task–Ambient Lighting) ขึ้นมาก่อนเพื่อหาค่าเฉลี่ยของค่าการส่องสว่างที่ระนาบแนวนอนที่ระดับโต๊ะทำงานตรงบริเวณพื้นที่ทางเดินที่ 1 – พื้นที่ทางเดินที่ 3 (Area 1 – Area 3) แล้วจึงนำค่าเฉลี่ยที่ได้จากพื้นที่ทางเดินทั้ง 3 ทางนี้ มาใช้เป็นเกณฑ์ในการออกแบบติดตั้งจำนวนโคมไฟภายในห้องทำงานรวมที่ใช้เทคนิคการให้แสงสว่างในพื้นที่ใช้งานในลักษณะทั่วไป (Uniform Lighting) เพื่อให้ได้ค่าเฉลี่ยของค่าการส่องสว่างที่ระนาบแนวนอนที่ระดับโต๊ะทำงานตรงบริเวณพื้นที่ทางเดินที่ 1 – พื้นที่ทางเดินที่ 3 (Area 1 – Area 3) ที่มีค่าเท่ากัน โดยโคมไฟของทั้งสองเทคนิคนี้จะใช้แหล่งกำเนิดแสงสว่างเป็นหลอดฟลูออเรสเซนต์ T5 เช่นเดียวกัน

หลังจากทำการจำลองห้องทำงานรวมจึงนำผลการทดสอบประสิทธิภาพพลังงาน (Energy Performance) คือ ค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างภายใน (Lighting Power Density, LPD) ที่ได้จากทั้งสองเทคนิคนี้มาเปรียบเทียบกัน และนำผลการทดสอบประสิทธิภาพแสงสว่าง คือ ค่าการส่องสว่าง (Illuminance, lx) ที่ได้จากการวัดค่าการส่องสว่างที่ระนาบแนวนอนที่ระดับโต๊ะทำงานตรงบริเวณเฉพาะพื้นที่โต๊ะทำงานของโต๊ะตัวที่ 1 – ตัวที่ 8 (Desk 1 – Desk 8) และพื้นที่ทางเดินที่ 1 – พื้นที่ทางเดินที่ 3 (Area 1 – Area 3) ที่ได้จากทั้งสองเทคนิคนี้มาเปรียบเทียบเช่นเดียวกัน โดยในการจำลองห้องทำงานรวมนั้น แบ่งออกเป็น 2 ห้อง ดังนี้

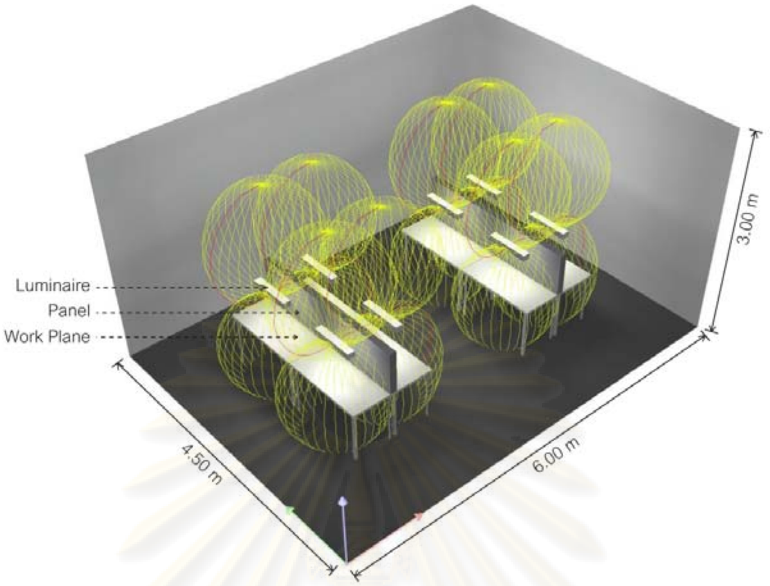
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.2.1.2.2.1 **ห้องทำงานรวมที่ใช้เทคนิคการให้แสงเฉพาะที่เพื่อเสริมการให้แสงในบริเวณทั่วไป** (Task–Ambient Lighting)

ห้องทำงานรวมที่ใช้เทคนิคการให้แสงเฉพาะที่เพื่อเสริมการให้แสงในบริเวณทั่วไป (Task–Ambient Lighting) ซึ่งมีขนาดพื้นที่ใช้งานทั้งหมด 27 ตารางเมตร มีการใช้โคมไฟที่ใช้เทคนิคการให้แสงเฉพาะที่เพื่อเสริมการให้แสงในบริเวณทั่วไป (Task–Ambient Luminaire) ที่ได้รับการจำลองสภาพเสมือนจริงของโคมไฟจากโปรแกรม DIALux 4.6 จากการจำลองสภาพเสมือนจริงในกรณีห้องทำงานเดี่ยว เพื่อให้ได้ค่าการส่องสว่างที่เหมาะสมกับลักษณะการใช้งานที่ต้องการติดตั้งกับผนังกั้นสำเร็จรูปซึ่งใช้แบ่งพื้นที่ของโต๊ะทำงานที่มีการใช้งานทั่วไปอยู่ในอาคารสำนักงานจากขั้นตอนที่ผ่านมาเบื้องต้น เป็นจำนวน 8 ชุด โดยโคมไฟแต่ละชุดนั้นจะประกอบด้วยแหล่งกำเนิดแสงสว่าง คือ หลอดฟลูออเรสเซนต์ T5 24 W HO เป็นจำนวน 2 หลอด สำหรับการให้แสงสว่างชนิดแสงส่องขึ้น (Up Light) และแสงส่องลง (Down Light) ดังนั้นห้องทำงานรวมที่ใช้เทคนิคการให้แสงเฉพาะที่เพื่อเสริมการให้แสงในบริเวณทั่วไป (Task–Ambient Lighting) จะมีจำนวนหลอดฟลูออเรสเซนต์ T5 24 W HO เป็นจำนวนทั้งสิ้น 16 หลอด ซึ่งแบ่งออกเป็นหลอดฟลูออเรสเซนต์เพื่อการให้แสงในบริเวณทั่วไป (Ambient Lighting) 8 หลอด และหลอดฟลูออเรสเซนต์เพื่อการให้แสงเฉพาะที่ (Task Lighting) 8 หลอด ซึ่งแต่ละหลอดมีค่าพลังงานไฟฟ้า 24 วัตต์ โดยในการทดสอบประสิทธิภาพพลังงาน (Energy Performance) คือ ค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างภายใน (Lighting Power Density, LPD) นั้นจะคิดเพียงแค่หลอดฟลูออเรสเซนต์เพื่อการให้แสงในบริเวณทั่วไป (Ambient Lighting) 8 หลอด เท่านั้น ทำให้ค่ามีพลังงานไฟฟ้ารวมทั้งสิ้น 8 x 24 = 192 วัตต์ ดังแสดงในภาพที่ 3.19 – ภาพที่ 3.20



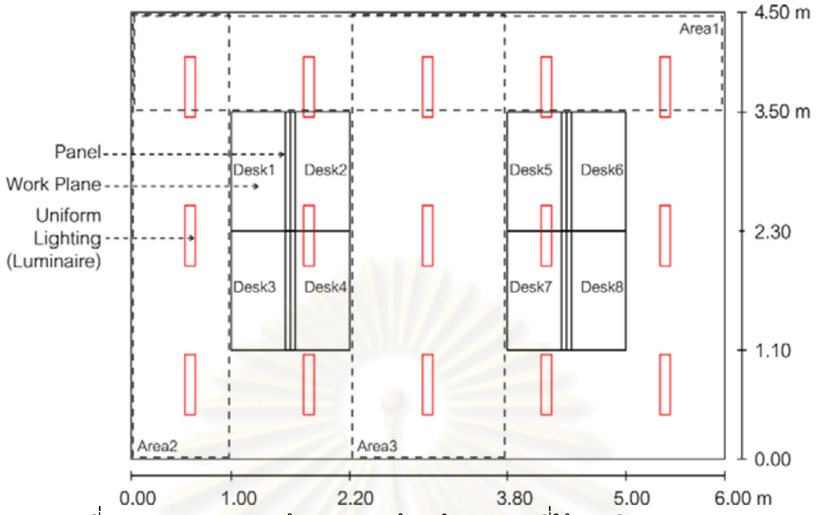
ภาพที่ 3.19 แสดงมุมมองด้านบนของห้องทำงานรวมที่ใช้เทคนิค Task–Ambient Lighting



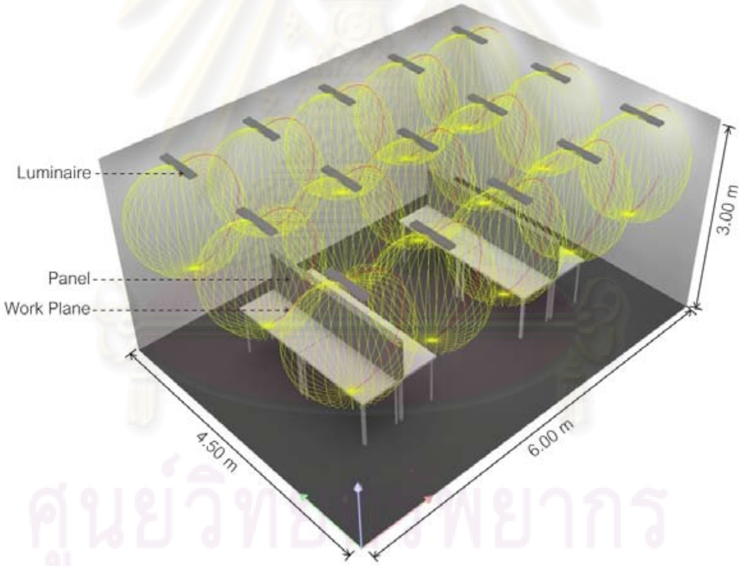
ภาพที่ 3.20 แสดงมุมมองทัศนียภาพของห้องทำงานรวมที่ใช้เทคนิค Task–Ambient Lighting

3.2.1.2.2.2 **ห้องทำงานรวมที่ใช้เทคนิคการให้แสงสว่างในพื้นที่ใช้งานในลักษณะทั่วไป** (Uniform Lighting)

ห้องทำงานรวมที่ใช้เทคนิคการให้แสงสว่างในพื้นที่ใช้งานในลักษณะทั่วไป (Uniform Lighting) มีขนาดพื้นที่ใช้งานทั้งหมด 27 ตารางเมตร มีการออกแบบติดตั้งจำนวนโคมไฟภายในห้องทำงานรวมโดยการใช้โปรแกรม DIALux 4.6 ในการคำนวณจำนวนโคมไฟที่ให้ค่าการส่องสว่างตามเกณฑ์ค่าเฉลี่ยของค่าการส่องสว่างที่ระนาบแนวนอนที่ระดับโต๊ะทำงานตรงบริเวณพื้นที่ทางเดินที่ 1 – พื้นที่ทางเดินที่ 3 (Area 1 – Area 3) จากการจำลองห้องทำงานรวมที่ใช้เทคนิคการให้แสงเฉพาะที่เพื่อเสริมการให้แสงในบริเวณทั่วไป (Task–Ambient Lighting) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 373 ลักซ์ โดยโปรแกรม DIALux 4.6 นั้นได้คำนวณจำนวนโคมไฟออกมาเป็นจำนวน 15 หลอด ดังนั้นห้องทำงานรวมที่ใช้เทคนิคการให้แสงสว่างในพื้นที่ใช้งานในลักษณะทั่วไป (Uniform Lighting) จะมีจำนวนหลอดฟลูออเรสเซนต์ T5 24 W HO เป็นจำนวนทั้งสิ้น 15 หลอด ซึ่งโคมไฟแต่ละชุดนั้นจะประกอบด้วยแหล่งกำเนิดแสงสว่าง คือ หลอดฟลูออเรสเซนต์ T5 24W HO เป็นจำนวน 1 หลอด สำหรับการให้แสงสว่างเฉพาะแสงส่องลง (Down Light) เพื่อการให้แสงในบริเวณทั่วไป (Ambient Lighting) ซึ่งแต่ละหลอดมีค่าพลังงานไฟฟ้า 24 วัตต์ ทำให้ค่ามีพลังงานไฟฟ้ารวมทั้งสิ้น 15 x 24 = 360 วัตต์ ดังแสดงในภาพที่ 3.21 – ภาพที่ 3.22



ภาพที่ 3.21 แสดงมุมมองด้านบนของห้องทำงานรวมที่ใช้เทคนิค Uniform Lighting



ภาพที่ 3.22 แสดงมุมมองทัศนียภาพของห้องทำงานรวมที่ใช้เทคนิค Uniform Lighting

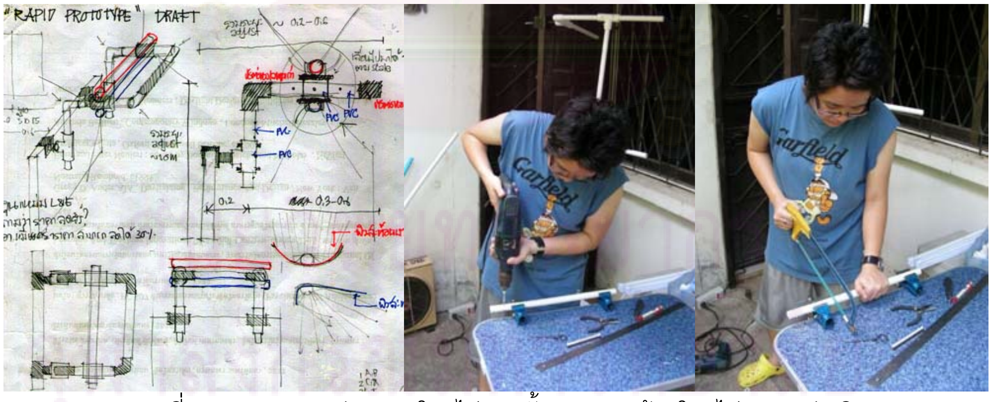
3.2.2 **การสร้างโคมไฟเท่าขนาดจริงเพื่อใช้ทดสอบประสิทธิภาพการให้แสงสว่างในขั้นต้น** (Full–Scale Mock–Up)

เมื่อได้ทำการออกแบบโคมไฟขั้นต้นจากการจำลองสภาพการให้แสงสว่างเสมือนจริงด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ (Computer Simulation) พร้อมทั้งทดสอบประสิทธิภาพแสงสว่างและประสิทธิภาพพลังงานจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการจำลองสภาพแสงสว่างภายในอาคาร คือ DIALux 4.6 แล้ว ในขั้นตอนนี้จะทำการทดลองสร้างโคมไฟเท่าขนาดจริง (Full–Scale Mock–Up) เพื่อนำค่าการส่องสว่างที่ได้จากการทดสอบประสิทธิภาพมาเปรียบเทียบกับค่าการส่องสว่างที่ได้จากการจำลองสภาพการให้แสงสว่างเสมือนจริงด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ (Computer Simulation) โดยแบ่งการศึกษาออกเป็น 2 ส่วนหลัก คือ

1) การทดลองสร้างโคมไฟเท่าขนาดจริง (Full–Scale Mock–Up)
2) การทดสอบประสิทธิภาพการให้แสงสว่างจากโคมไฟขนาดเท่าจริง

3.2.2.1 **การทดลองสร้างโคมไฟเท่าขนาดจริง** (Full–Scale Mock–Up)

ในส่วนนี้จะทำการศึกษาโดยการทดลองสร้างโคมไฟเท่าขนาดจริง โดยผู้วิจัยได้มีการสำรวจวัสดุทั่วไปตามท้องตลาดก่อนในเบื้องต้น เพื่อที่จะดูว่าวัสดุจำพวกใดน่าจะสามารถนำมาประยุกต์สร้างโคมไฟเท่าขนาดจริงอย่างง่ายขึ้นมาเองได้ โดยพบว่าวัสดุจำพวกท่อพลาสติกพีวีซีนั้นน่าจะนำมาใช้งานได้เนื่องจากมีความแข็งแรง ทั้งยังสามารถตัดหรือเจาะได้ด้วยตนเองได้ ดังนั้นจึงได้ทำการร่างแบบโครงสร้างของโคมไฟจากเกณฑ์ระยะห่างทางตั้งและระยะห่างทางนอนที่ติดตั้งซึ่งได้จากขั้นตอนการออกแบบโคมไฟขั้นต้นด้วยการจำลองสภาพการให้แสงสว่างเสมือนจริงด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ (Computer Simulation) ขึ้นมาก่อนทำการสร้างจริง ดังแสดงในภาพที่ 3.23

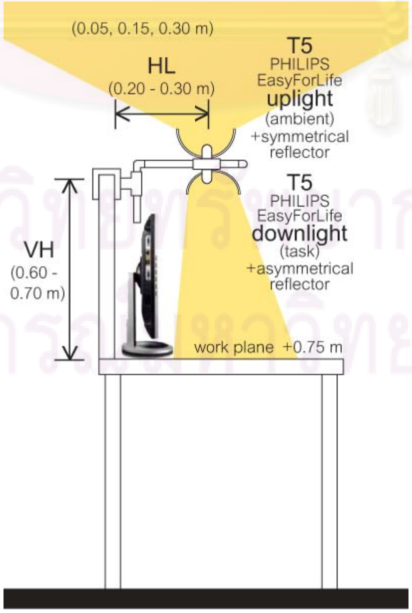


ภาพที่ 3.23 แสดงภาพร่างแบบโคมไฟและขั้นตอนการสร้างโคมไฟขนาดเท่าจริง

โคมไฟเท่าขนาดจริง (Full – Scale Mock – Up) นี้ได้ยึดเกณฑ์ระยะห่างทางตั้งและระยะห่างทางนอนที่ติดตั้งที่ได้จากขั้นตอนการออกแบบโคมไฟขั้นต้นด้วยการจำลองสภาพการให้แสงสว่างเสมือนจริงด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ (Computer Simulation) โดยระยะห่างทางตั้งที่ติดตั้ง (Installed Vertical Height, VH) ของโคมไฟเท่าขนาดจริงนั้นสามารถปรับได้ ±0.10 เมตร ในขณะที่ระยะห่างทางนอนที่ติดตั้ง (Installed Horizontal Length, HL) สามารถปรับได้ ±0.10 เมตร เช่นกัน

การเลือกใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ของโคมไฟเท่าขนาดจริง (Full – Scale Mock – Up) นี้ได้เลือกใช้ผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปที่มีขายอยู่ทั่วไปตามท้องตลาด คือ ชุดหลอดฟลูออเรสเซนต์พร้อมติดตั้ง PHILIPS EasyForLife T5 Electronic Commercial Lighting System ซึ่งใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 หุน (5/8”) หรือเรียกว่า T5 ที่มีค่าพลังงาน 14 วัตต์ ชนิด Cool Daylight ซึ่งมีอุณหภูมิสี (Color Temperature) 6,500 K แต่ไม่สามารถปรับหรี่ได้ โดยนำชุดหลอดฟลูออเรสเซนต์พร้อมติดตั้ง PHILIPS EasyForLife T5 Electronic Commercial Lighting System นี้มาใช้เป็นแหล่งกำเนิดแสงซึ่งแยกออกเป็น 2 ส่วน คือ แสงส่องขึ้น (Up Light) และแสงส่องลง (Down Light) ดังแสดงในภาพที่ 3.24

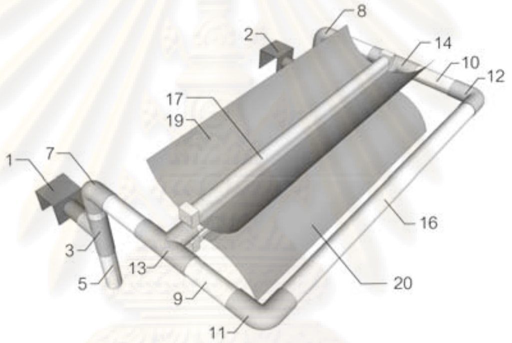
การสร้างโคมไฟเท่าขนาดจริง (Full – Scale Mock – Up) นอกเหนือจากการสร้างโครงของโคมไฟด้วยวัสดุจำพวกท่อพลาสติกพิวีซีแล้ว ยังได้ทดลองสร้างตัวกระจายแสง (Reflector) อย่างง่ายจากวัสดุจำพวกแผ่นอลูมิเนียมที่มีค่าการสะท้อนแสง 87% ขึ้นมาติดตั้งเสริมในส่วนของการให้แสงสว่างของโคมไฟทั้ง 2 ชุด คือ ชุดที่ 1 สำหรับแสงส่องขึ้นเพื่อการให้แสงสว่างในบริเวณทั่วไป (Ambient Lighting) ซึ่งเป็นตัวกระจายแสงในลักษณะสมมาตร (Symmetry Reflector) ช่วยกระจายแสงในลักษณะวงกว้างมากที่สุด และชุดที่ 2 สำหรับแสงส่องลงเพื่อการให้แสงสว่างเฉพาะบริเวณพื้นที่ทำงานบนโต๊ะ (Task Lighting) ซึ่งเป็นตัวกระจายแสงในลักษณะอสมมาตร (Asymmetry Reflector) ช่วยกระจายแสงในลักษณะตัดแสงที่จะสะท้อนไปสู่หน้าจอคอมพิวเตอร์ โดยการสร้างโคมไฟเท่าขนาดจริงนี้มีจุดประสงค์เพื่อเปรียบเทียบค่าการส่องสว่างที่ได้จากการจำลองสภาพในคอมพิวเตอร์และค่าการส่องสว่างที่ได้จากการวัดค่าด้วยเครื่องมือวัดค่าการส่องสว่าง Digital Illumination Meter (DX – 200) จากโคมไฟเท่าขนาดจริงและเปรียบเทียบค่าการส่องสว่างที่ได้จากโคมไฟเท่าขนาดจริงทั้งแบบที่มีตัวกระจายแสงและไม่มีตัวกระจายแสง



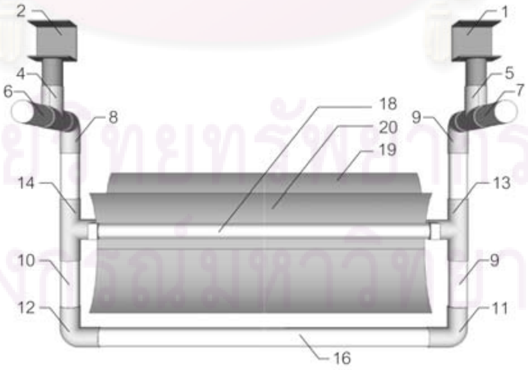
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาพที่ 3.24 มุมมองด้านข้างของโคมไฟเท่าขนาดจริง

โคมไฟเท่าขนาดจริงนี้มีชิ้นส่วนพร้อมประกอบทั้งสิ้น 20 ชิ้น ได้แก่ ตัวยึดโคมไฟกับผนังกั้นโต๊ะทั้งซ้าย – ขวา จำนวน 2 ชิ้น (1,2), ตัวยึดก้านปรับขึ้น – ลง (แนวตั้ง) จำนวน 2 ชิ้น (3,4), ก้านปรับขึ้น – ลง (แนวตั้ง) จำนวน 2 ชิ้น (5,6), หักศอกเปลี่ยนแนว (แนวตั้ง > แนวนอน) จำนวน 2 ชิ้น (7,8), ก้านปรับเข้า – ออก (แนวนอน) จำนวน 2 ชิ้น (9,10), หักศอกเปลี่ยนมุม (มุมฉาก) จำนวน 2 ชิ้น (11,12), ตัวยึดก้านเลื่อนเข้า – ออก (แนวนอน) และยึดหลอดฟลูออเรสเซนต์ T5 จำนวน ชิ้น (13,14), ก้านยึดโครงซ้าย – ขวา จำนวน 1 ชิ้น (16), หลอดฟลูออเรสเซนต์ T5 สำหรับแสงส่องขึ้น (Up Light) จำนวน 1 ชุด (17), หลอดฟลูออเรสเซนต์ T5 สำหรับแสงส่องลง (Down Light) จำนวน 1 ชุด (18), ตัวสะท้อนแสงแบบสมมาตร (Symmetrical Reflector) สำหรับชุดหลอดฟลูออเรสเซนต์ T5 สำหรับแสงส่องขึ้น จำนวน 1 ชิ้น (19), ตัวสะท้อนแสงแบบอสมมาตร (Asymmetrical Reflector) สำหรับชุดหลอดฟลูออเรสเซนต์ T5 สำหรับแสงส่องลง จำนวน 1 ชิ้น (20) ดังแสดงในภาพที่ 3.25 – ภาพที่ 3.31

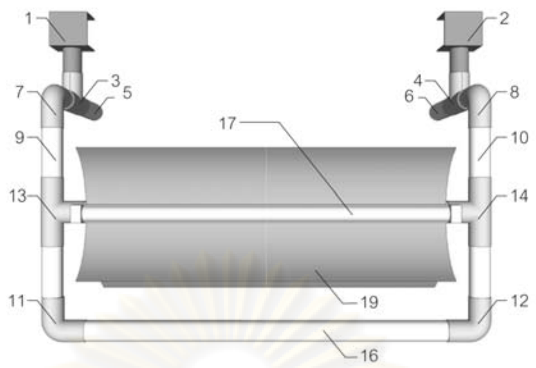


ภาพที่ 3.25 แสดงมุมมองภาพรวมแบบทัศนียภาพของโคมไฟเท่าขนาดจริงทั้งหมด

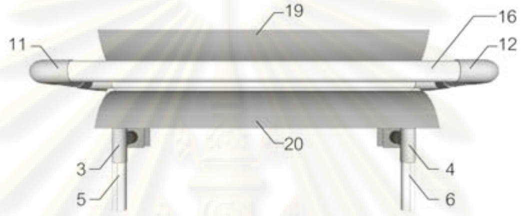


ภาพที่ 3.26 แสดงมุมมองภาพรวมแบบด้านบนของโคมไฟเท่าขนาดจริงทั้งหมด

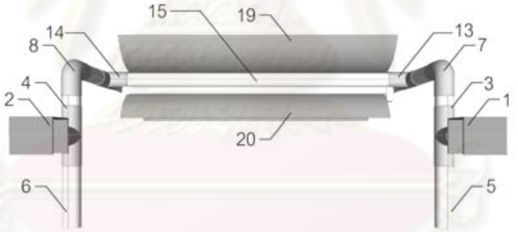
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



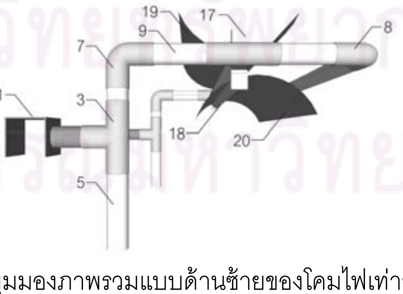
ภาพที่ 3.27 แสดงมุมมองภาพรวมแบบด้านล่างของโคมไฟเท่าขนาดจริงทั้งหมด



ภาพที่ 3.28 แสดงมุมมองภาพรวมแบบด้านหน้าของโคมไฟเท่าขนาดจริงทั้งหมด

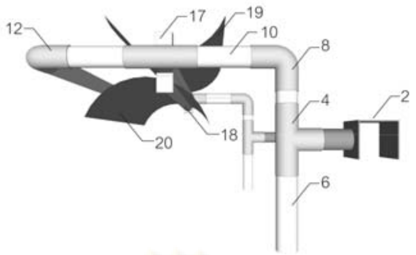


ภาพที่ 3.29 แสดงมุมมองภาพรวมแบบด้านหลังของโคมไฟเท่าขนาดจริงทั้งหมด



ภาพที่ 3.30 แสดงมุมมองภาพรวมแบบด้านซ้ายของโคมไฟเท่าขนาดจริงทั้งหมด

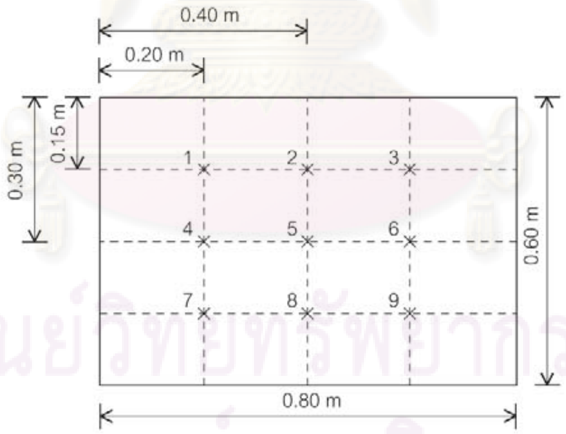
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาพที่ 3.31 แสดงมุมมองภาพรวมแบบด้านขวาของโคมไฟเท่าขนาดจริงทั้งหมด

3.2.2.2 การทดสอบประสิทธิภาพการให้แสงสว่างจากโคมไฟขนาดเท่าจริง

หลังจากได้ทำการทดลองสร้างโคมไฟเท่าขนาดจริงที่ได้อ้างอิงเกณฑ์ระยะห่างทางตั้งและระยะห่างทางนอนที่ติดตั้ง ซึ่งได้จากขั้นตอนการออกแบบโคมไฟขั้นต้นด้วยการจำลองสภาพการให้แสงสว่างเสมือนจริงด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ (Computer Simulation) จึงนำโคมไฟเท่าขนาดจริงที่ได้มาติดตั้งบนโต๊ะเขียนแบบที่ตั้งขึ้นเพื่อทำหน้าที่เสมือนผนังกั้นโต๊ะทำงานภายในอาคารสำนักงาน แล้วทำการวัดค่าการส่องสว่างที่ระนาบทำงาน (Work Plane) ที่ระดับความสูงจากพื้น 0.75 เมตร ด้วยเครื่องมือวัดค่าการส่องสว่าง Digital Illumination Meter (DX – 200) จากโคมไฟเท่าขนาดจริง โดยแบ่งการวัดค่าการส่องสว่างออกเป็น 9 จุด ดังแสดงในภาพที่ 3.32 และภาพที่ 3.33



ภาพที่ 3.32 แสดงการวัดค่าการส่องสว่างที่ระนาบทำงานที่แบ่งออกเป็น 9 จุด

ภาพที่ 3.33 แสดงการวัดค่าการส่องสว่างที่ระนาบทำงานโดยเครื่องมือ DX – 200

การวัดค่าการส่องสว่างจากโคมไฟเท่าขนาดจริงนั้นแบ่งออกเป็น 2 กรณี คือ

1) โคมไฟเท่าขนาดจริงแบบที่ไม่มีตัวกระจายแสง
2) โคมไฟเท่าขนาดจริงแบบที่มีตัวกระจายแสง

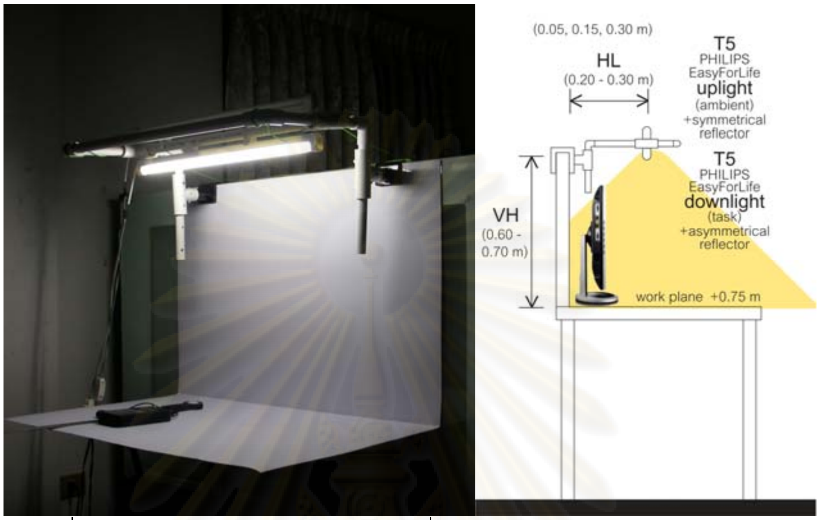
3.2.2.2.1 **โคมไฟเท่าขนาดจริงแบบที่ไม่มีตัวกระจายแสง** (Full–scale Mock–up without Reflector)

โคมไฟเท่าขนาดจริงแบบที่ไม่มีตัวกระจายแสงนั้น ได้แบ่งการวัดค่าการส่องสว่างตามรูปแบบการให้แสงสว่างของโคมไฟออกเป็น 3 รูปแบบ ดังนี้

3.2.2.2.1.1 **เฉพาะแสงส่องขึ้น** (Up Light) ซึ่งวัดค่าการส่องสว่างของโคมไฟเท่าขนาดจริงที่มีใช้โคมไฟ 1 ชุด ในทิศทางแสงส่องขึ้น ดังแสดงในภาพที่ 3.34

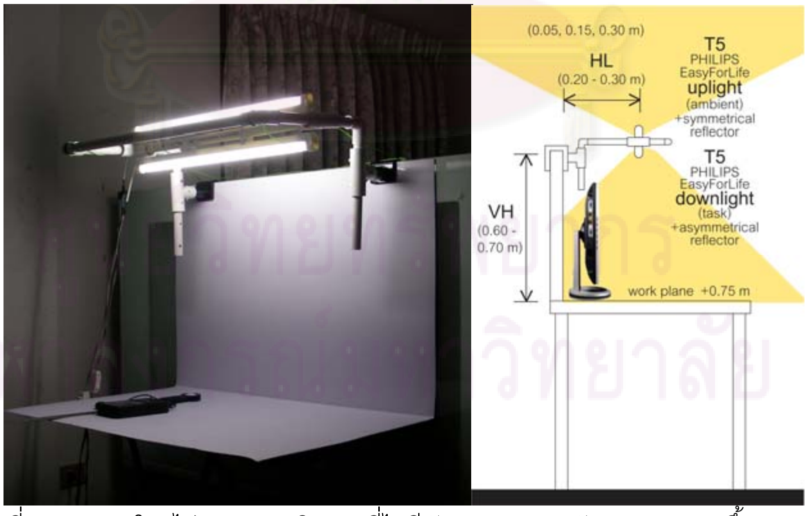
ภาพที่ 3.34 แสดงโคมไฟเท่าขนาดจริงแบบที่ไม่มีตัวกระจายแสง ลักษณะแสงส่องขึ้น

3.2.2.2.1.2 **เฉพาะแสงส่องลง** (Down Light) ซึ่งวัดค่าการส่องสว่างของโคมไฟเท่าขนาดจริงที่มีใช้โคมไฟ 1 ชุด ในทิศทางแสงส่องลง ดังแสดงในภาพที่ 3.35



ภาพที่ 3.35 แสดงโคมไฟเท่าขนาดจริงแบบที่ไม่มีตัวกระจายแสง ลักษณะแสงส่องลง

3.2.2.2.1.3 **ทั้งแสงส่องขึ้น – ส่องลง** (Up–Down Light) ซึ่งวัดค่าการส่องสว่างของโคมไฟเท่าขนาดจริงที่มีใช้โคมไฟ 2 ชุด ในทิศทางแสงส่องขึ้นและส่องลง ดังแสดงในภาพที่ 3.36

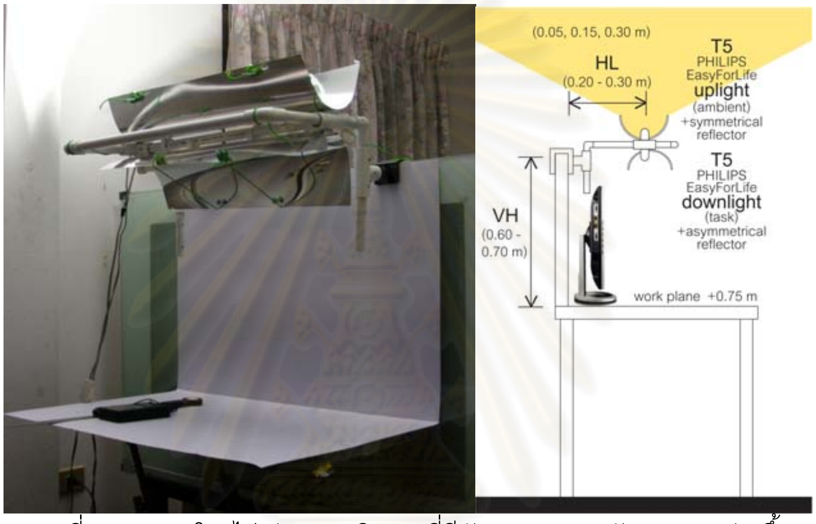


ภาพที่ 3.36 แสดงโคมไฟเท่าขนาดจริงแบบที่ไม่มีตัวกระจายแสง ลักษณะแสงส่องขึ้น – ส่องลง

3.2.2.2.2 **โคมไฟเท่าขนาดจริงแบบที่มีตัวกระจายแสง** (Full–scale Mock–up with Reflector)

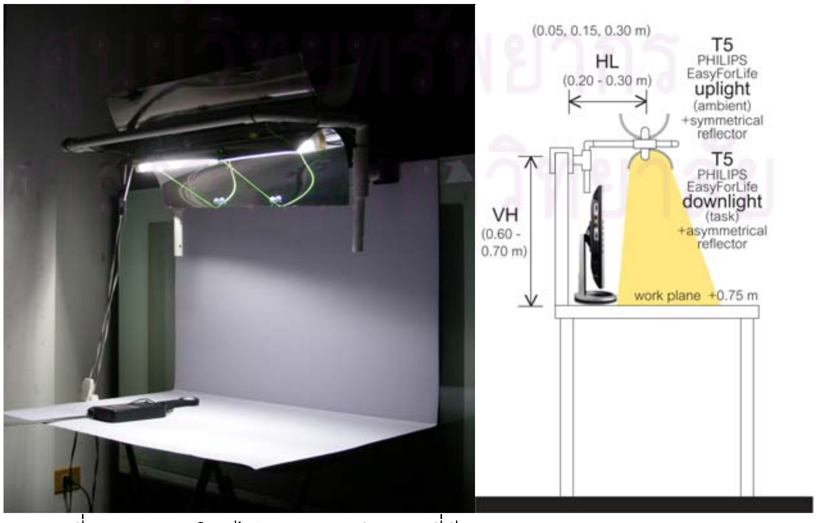
โคมไฟเท่าขนาดจริงแบบที่มีตัวกระจายแสงนั้น ได้แบ่งการวัดค่าการส่องสว่างตามรูปแบบการให้แสงสว่างของโคมไฟออกเป็น 3 รูปแบบ ดังนี้

3.2.2.2.2.1 **เฉพาะแสงส่องขึ้น** (Up Light) ซึ่งวัดค่าการส่องสว่างของโคมไฟเท่าขนาดจริงที่มีใช้โคมไฟ 1 ชุดพร้อมตัวกระจายแสง ในทิศทางแสงส่องขึ้น ดังแสดงในภาพที่ 3.37



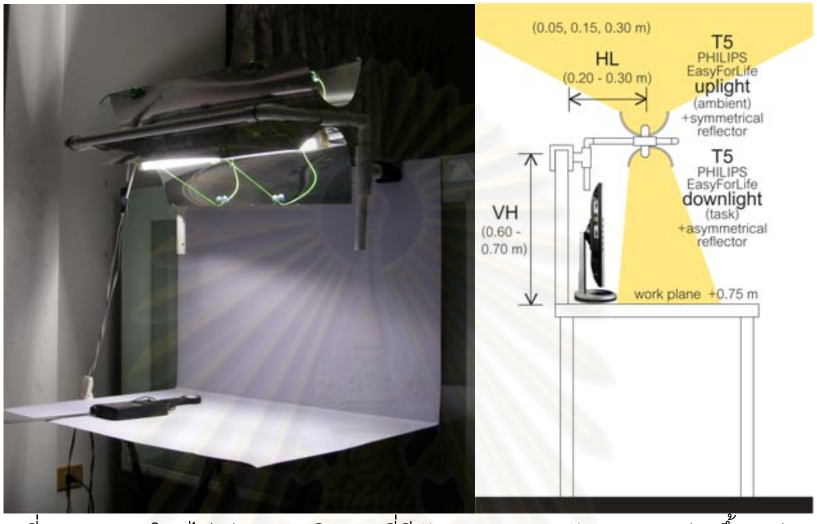
ภาพที่ 3.37 แสดงโคมไฟเท่าขนาดจริงแบบที่มีตัวกระจายแสง ลักษณะแสงส่องขึ้น

3.2.2.2.2.2 **เฉพาะแสงส่องลง** (Down Light) ซึ่งวัดค่าการส่องสว่างของโคมไฟเท่าขนาดจริงที่มีใช้โคมไฟ 1 ชุดพร้อมตัวกระจายแสง ในทิศทางแสงส่องลง ดังแสดงในภาพที่ 3.38



ภาพที่ 3.38 แสดงโคมไฟเท่าขนาดจริงแบบที่มีตัวกระจายแสง ลักษณะแสงส่องลง

3.2.2.2.2.3 **ทั้งแสงส่องขึ้น – ส่องลง** (Up–Down Light) ซึ่งวัดค่าการส่องสว่างของโคมไฟเท่าขนาดจริงที่มีใช้โคมไฟ 2 ชุดพร้อมตัวกระจายแสง ในทิศทางแสงส่องขึ้นและส่อง ดังแสดงในภาพที่ 3.39



ภาพที่ 3.39 แสดงโคมไฟเท่าขนาดจริงแบบที่มีตัวกระจายแสง ลักษณะแสงส่องขึ้น – ส่องลง

3.2.3 การออกแบบพัฒนาโคมไฟเพื่อนำไปสร้างจริงเพื่อใช้ทดสอบประสิทธิภาพการให้แสงสว่าง (Design Development of Final Prototype)

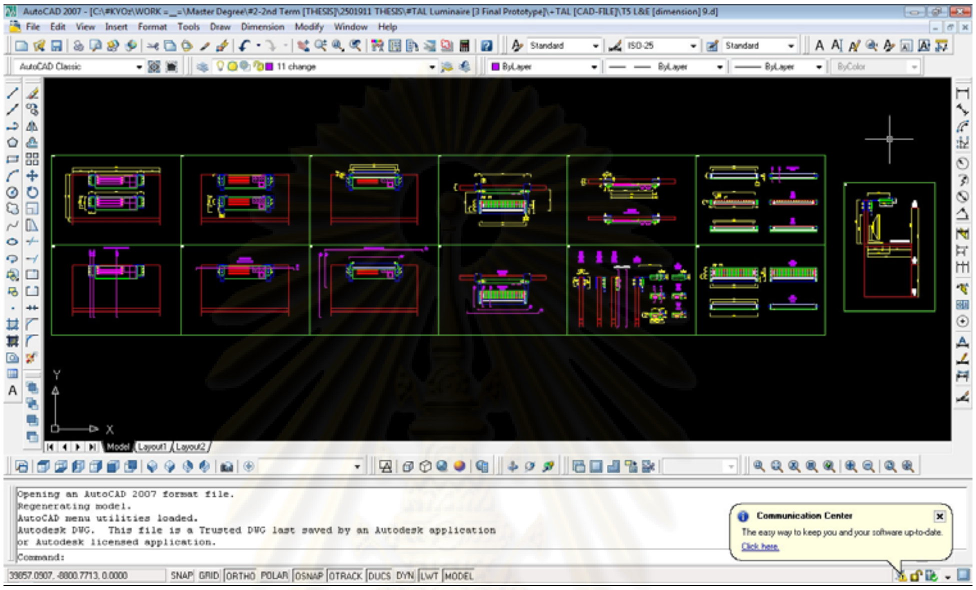
เมื่อได้ทำการการสร้างโคมไฟเท่าขนาดจริงเพื่อใช้ทดสอบประสิทธิภาพการให้แสงสว่างในขั้นต้น (Full – Scale Mock – Up) แล้ว ในขั้นตอนนี้จะทำการการออกแบบพัฒนาโคมไฟเพื่อนำไปสร้างจริงเพื่อใช้ทดสอบประสิทธิภาพการให้แสงสว่าง (Design Development of Final Prototype) โดยแบ่งการศึกษาออกเป็น 2 ส่วนหลัก คือ

1) การออกแบบพัฒนาโคมไฟต้นแบบเพื่อนำไปสร้างจริง
2) การสร้างโคมไฟต้นแบบ (Final Prototype)
3) การทดสอบประสิทธิภาพการให้แสงสว่างจากโคมไฟต้นแบบ

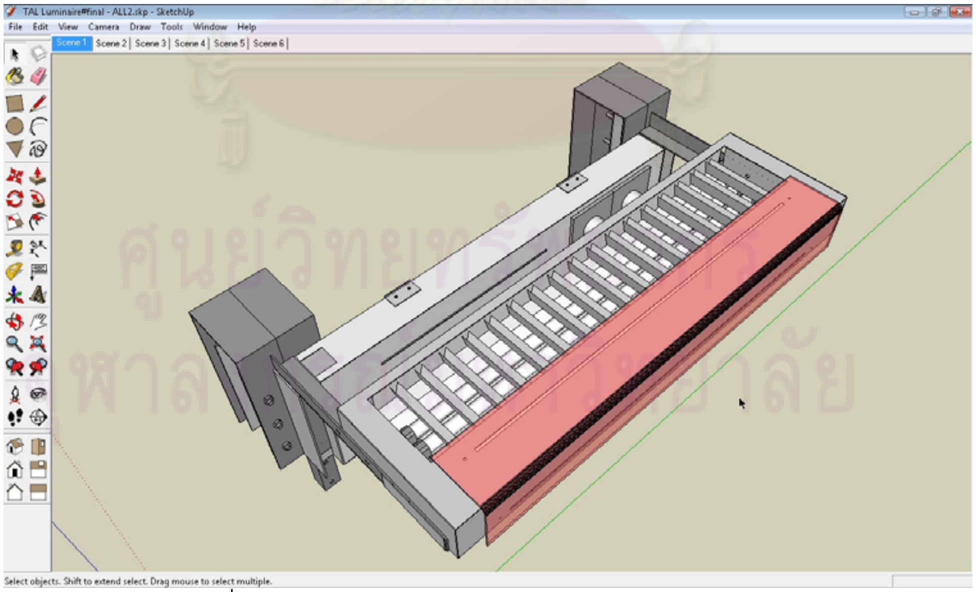
3.2.3.1 การออกแบบพัฒนาโคมไฟต้นแบบเพื่อนำไปสร้างจริง

ในส่วนนี้จะทำการออกแบบพัฒนาโคมไฟต้นแบบเพื่อนำไปสร้างจริง ภายหลังจากที่ได้มีการทดสอบประสิทธิภาพแสงสว่างในขั้นต้นจากโคมไฟเท่าขนาดจริง จึงนำเกณฑ์เบื้องต้นที่ได้ประกอบกับการศึกษารูปแบบ, วัสดุที่ใช้ของโคมไฟในท้องตลาดที่มีลักษณะใกล้เคียงมาศึกษาเพื่อทำการพัฒนารูปแบบของโคมไฟในการให้แสงสว่างของโคมไฟทั้ง 2 ชุด คือ ชุดที่ 1 สำหรับแสงส่องขึ้นเพื่อการให้แสงสว่างในบริเวณทั่วไป และชุดที่ 2 สำหรับแสงส่องลงเพื่อการให้แสงสว่างเฉพาะบริเวณพื้นที่ทำงานบนโต๊ะ นอกจากนี้ยังได้มีการพัฒนาในส่วนการกระจายแสงสว่างจากแผ่นอลูมิเนียมสะท้อนแสง

การพัฒนารูปแบบของโคมไฟนั้น ได้ใช้โปรแกรมเขียนแบบ AutoCAD 2007 เพื่อพัฒนาลักษณะทางกายภาพในมุมมอง 2 มิติ ประกอบกับใช้โปรแกรม Google SketchUp 6.0 เพื่อพัฒนาลักษณะทางกายภาพในมุมมอง 3 มิติ ดังแสดงในภาพที่ 3.40 และภาพที่ 3.41 และแบบจริงแสดงไว้ในภาคผนวก ค

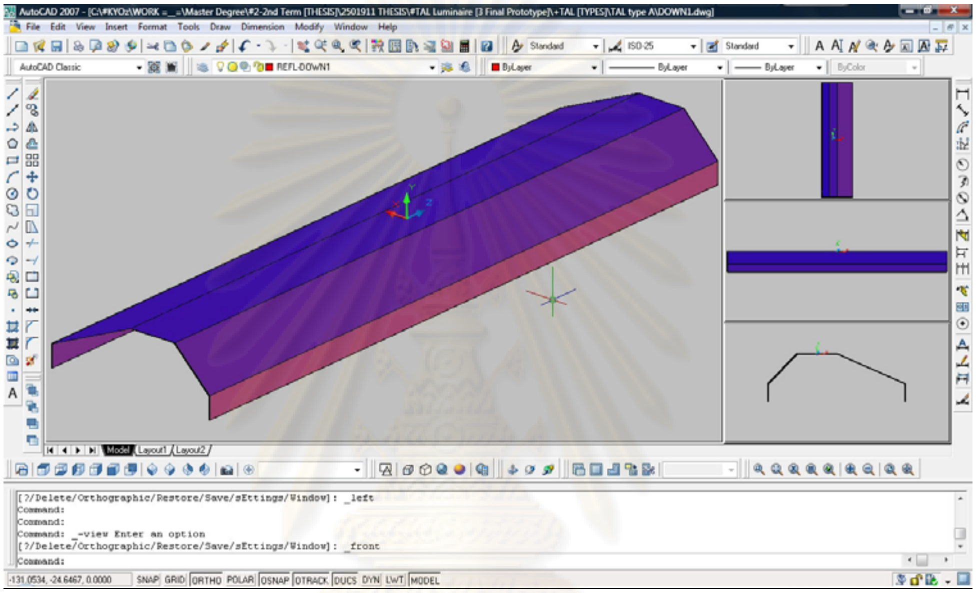


ภาพที่ 3.40 แสดงการพัฒนาลักษณะทางกายภาพในมุมมอง 2 มิติ

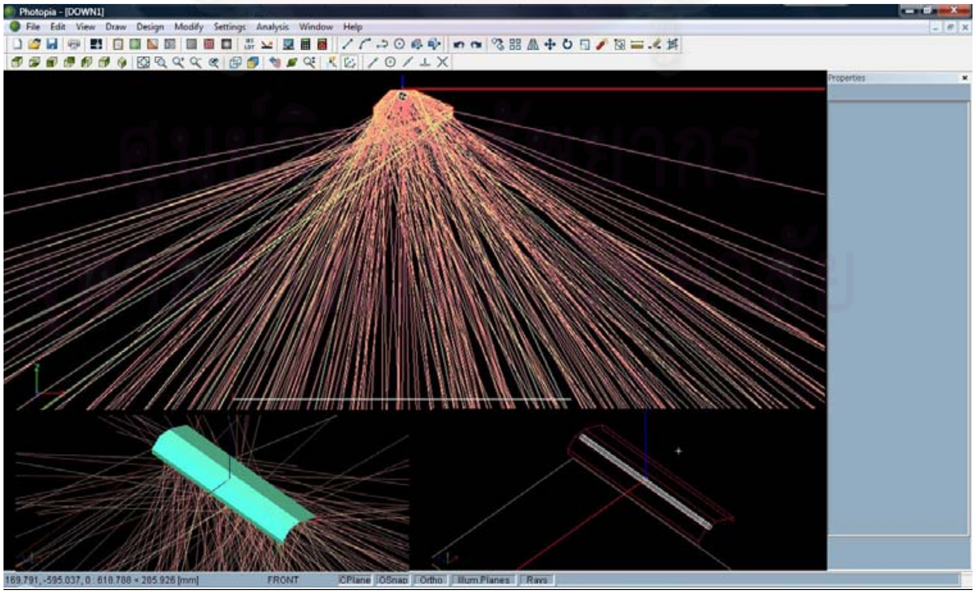


ภาพที่ 3.41 แสดงการพัฒนาลักษณะทางกายภาพในมุมมอง 3 มิติ

การพัฒนารูปแบบของตัวกระจายแสงทั้ง 2 ชุด คือ ชุดที่ 1 สำหรับแสงส่องขึ้นเพื่อการให้แสงสว่างในบริเวณทั่วไป และชุดที่ 2 สำหรับแสงส่องลงเพื่อการให้แสงสว่างเฉพาะบริเวณพื้นที่ทำงานบนโต๊ะนั้น ได้ใช้โปรแกรมเขียนแบบ AutoCAD 2007 เพื่อพัฒนารูปแบบของตัวกระจายแสงในมุมมอง 2 มิติ ประกอบกับใช้โปรแกรม Photopia 3.0 เพื่อพัฒนารัศมีความโค้งของตัวกระจายแสงสว่างที่มีองศาที่เหมาะสม ในมุมมอง 3 มิติ ดังแสดงในภาพที่ 3.42 และภาพที่ 3.43



ภาพที่ 3.42 แสดงการรูปแบบของตัวกระจายแสง ในมุมมอง 2 มิติ



ภาพที่ 3.43 แสดงการพัฒนารัศมีความโค้งของตัวกระจายแสงสว่างในมุมมอง 3 มิติ

โคมไฟต้นแบบ (Final Prototype) นี้ได้ยึดเกณฑ์ระยะห่างทางตั้งและระยะห่างทางนอนที่ติดตั้งที่ได้จากขั้นตอนการออกแบบโคมไฟขั้นต้นด้วยการจำลองสภาพการให้แสงสว่างเสมือนจริงด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ (Computer Simulation) โดยระยะห่างทางตั้งที่ติดตั้ง (Installed Vertical Height, VH) ของโคมไฟเท่าขนาดจริงนั้นสามารถปรับได้ ±0.10 เมตร ในขณะที่ระยะห่างทางนอนที่ติดตั้ง (Installed Horizontal Length, HL) สามารถปรับได้ ±0.10 เมตร เช่นกัน

การเลือกใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ของโคมไฟต้นแบบนี้ได้มีการติดต่อกับผู้ประกอบการด้านอุปกรณ์ไฟฟ้าเพื่อการให้แสงสว่างจาก บริษัท แอล แอนด์ อี แมนูแฟคเจอริ่ง ไปในขณะเดียวกันกับขั้นตอนการออกแบบพัฒนาโคมไฟต้นแบบเพื่อนำไปสร้างจริง เพื่อทำการจัดซื้อหลอดฟลูออเรสเซนต์พร้อมชุดอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับการปรับหรี่ คือ

1) **หลอดฟลูออเรสเซนต์ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 หุน (5/8”) หรือเรียกว่า T5 ยี่ห้อ OSRAM LUMILUX 14W HE** ที่มีค่าพลังงาน 14 วัตต์ ชนิด Cool Daylight ซึ่งมีอุณหภูมิสี (Color Temperature) 6,500 K โดยมีประสิทธิภาพทางด้านการใช้งานสูง (High Efficiency) ให้แสงสว่างที่มีการกระจายตัวได้ดี ซึ่งเหมาะกับการใช้งานปกติ โดยตัวหลอดมีความยาว 0.54 เมตร

2) **หลอดฟลูออเรสเซนต์ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 หุน (5/8”) หรือเรียกว่า T5 ยี่ห้อ OSRAM LUMILUX 24W HO** ที่มีค่าพลังงาน 24 วัตต์ ชนิด Cool Daylight ซึ่งมีอุณหภูมิสี (Color Temperature) 6,500 K โดยมีประสิทธิภาพทางด้านแสงสว่างสูง (High Output) ให้แสงสว่างที่มีปริมาณสูงกว่าแบบแรก ซึ่งเหมาะกับการใช้งานในลักษณะที่ต้องการแสงสว่างเพิ่มมากขึ้น โดยตัวหลอดมีความยาว 0.54 เมตร

3) **บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Ballast) พร้อมสวิตซ์ปรับหรี่ชนิดอนาล็อก (Analog Dimming Switch) ยี่ห้อ PHILIPS HF–R 114–35 TL5 EII** เพื่อใช้ในการปรับหรี่หลอดฟลูออเรสเซนต์ T5 OSRAM LUMILUX 14 W HE

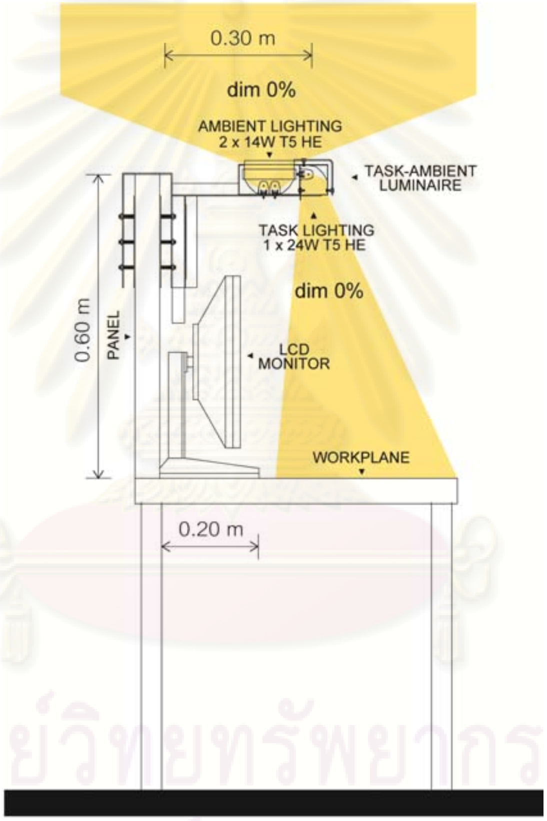
4) **บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Ballast) พร้อมสวิตซ์ปรับหรี่ชนิดดิจิตอล (Digital Dimming Switch) ยี่ห้อ TRIDONIC ATCO PCA 1/24 T5 ECO lp** เพื่อใช้ในการปรับหรี่หลอดฟลูออเรสเซนต์ T5 OSRAM LUMILUX 24 W HO

นอกเหนือจากการจัดซื้อหลอดฟลูออเรสเซนต์พร้อมชุดอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับการปรับหรี่แล้วยังได้มีการซื้ออลูมิเนียมสะท้อนแสง (Anodized Aluminium) สำหรับโคมรางนีออน ขนาด 1X18 วัตต์ ยี่ห้อ SYLVANIA ที่มีค่าการสะท้อนแสง (Reflectance) 86% เพื่อนำมาประยุกต์ลักษณะทางกายภาพเพื่อให้เข้ากับแบบของตัวกระจายแสง (Reflector) ของหลอดฟลูออเรสเซนต์ 14 วัตต์ และ 24 วัตต์ ที่ได้มีการออกแบบไว้

หลอดฟลูออเรสเซนต์พร้อมชุดอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับการปรับหรี่ รวมทั้งอลูมิเนียมสะท้อนแสงที่ได้มีการจัดซื้อเบื้องต้นนี้ ได้นำมาใช้เป็นแหล่งกำเนิดแสงพร้อมตัวกระจายแสงซึ่งแยกออกเป็น 2 ส่วน ดังแสดงในภาพที่ 3.44 คือ

1) **โคมไฟสำหรับการให้แสงสว่างชนิดแสงส่องขึ้น** (Up Light) ได้ใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ T5 ยี่ห้อ OSRAM LUMILUX 14 W HE จำนวน 2 หลอด และตัวกระจายแสงในลักษณะสมมาตร (Symmetry Reflector) ช่วยกระจายแสงในลักษณะวงกว้างมากที่สุด เพื่อการให้แสงสว่างในบริเวณทั่วไป

2) **โคมไฟสำหรับการการให้แสงสว่างชนิดแสงส่องลง** (Down Light) ได้ใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ T5 ยี่ห้อ OSRAM LUMILUX 24W HO จำนวน 1 และตัวกระจายแสงในลักษณะอสมมาตร (Asymmetry Reflector) ช่วยกระจายแสงในลักษณะตัดแสงที่จะสะท้อนไปสู่หน้าจอคอมพิวเตอร์ เพื่อการให้แสงสว่างเฉพาะบริเวณพื้นที่ทำงานบนโต๊ะ

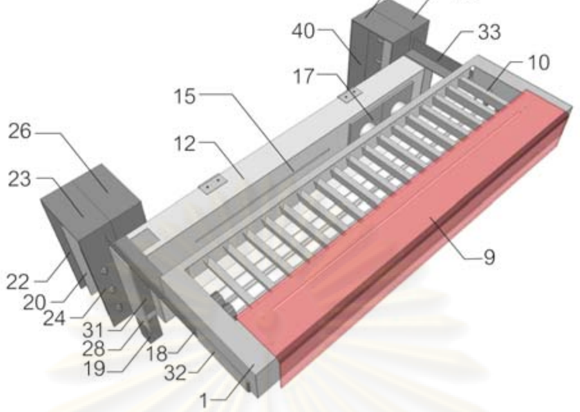


ภาพที่ 3.44 แสดงมุมมองด้านข้างของโคมไฟต้นแบบ

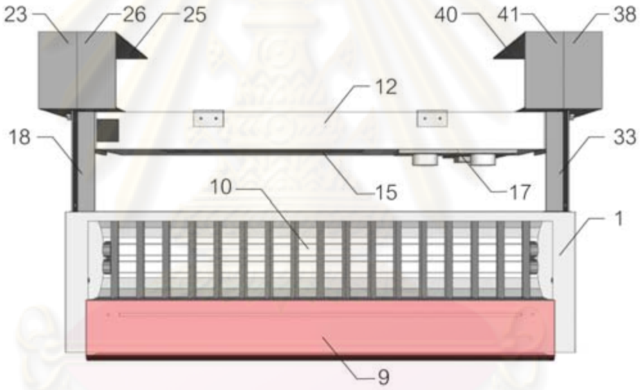
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.2.3.2 **การสร้างโคมไฟต้นแบบ** (Final Prototype)

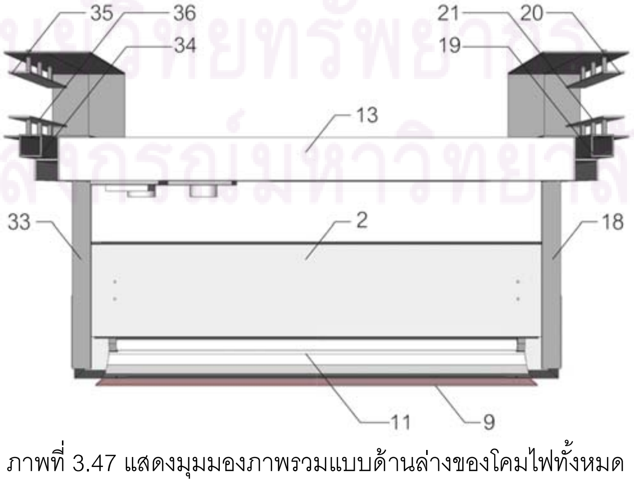
โคมไฟต้นแบบนี้เป็นโคมไฟที่ใช้เทคนิคการให้แสงเฉพาะที่เพื่อเสริมการให้แสงในบริเวณทั่วไป ซึ่งใช้ในการติดตั้งกับผนังกั้นสำเร็จรูปของโต๊ะทำงานภายในอาคารสำนักงาน ดังแสดงในภาพที่ 3.45 – ภาพที่ 3.51 โดยหลังจากที่ได้มีการออกแบบพัฒนาโคมไฟต้นแบบเพื่อนำไปสร้างจริงแล้ว จึงได้ทำการเขียนแบบก่อสร้างเพื่อนำไปสร้างจริง ดังแสดงไว้ในภาคผนวก ข



ภาพที่ 3.45 แสดงมุมมองภาพรวมแบบทัศนียภาพของโคมไฟทั้งหมด

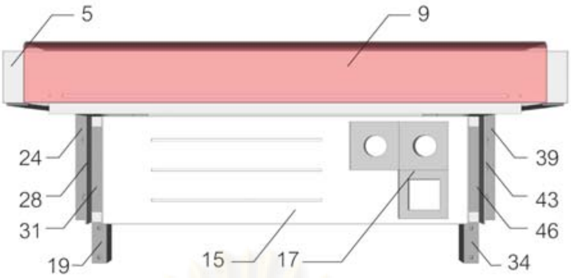


ภาพที่ 3.46 แสดงมุมมองภาพรวมแบบด้านบนของโคมไฟทั้งหมด

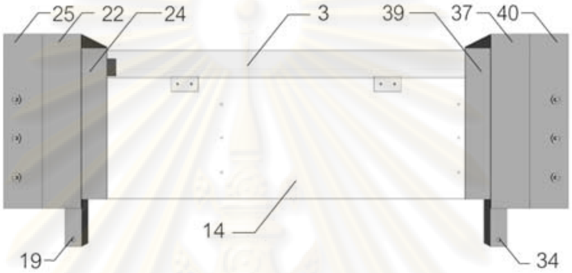


ภาพที่ 3.47 แสดงมุมมองภาพรวมแบบด้านล่างของโคมไฟทั้งหมด

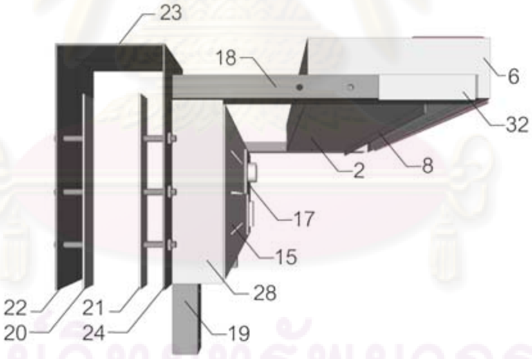
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



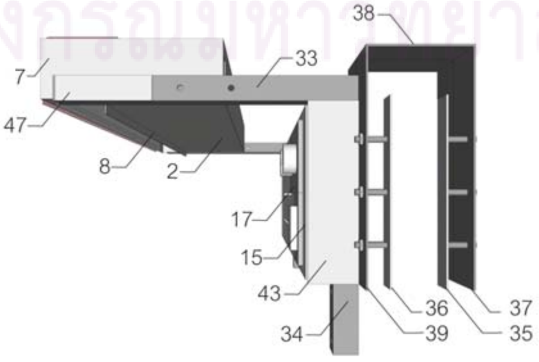
ภาพที่ 3.48 แสดงมุมมองภาพรวมแบบด้านหน้าของโคมไฟทั้งหมด



ภาพที่ 3.49 แสดงมุมมองภาพรวมแบบด้านหลังของโคมไฟทั้งหมด



ภาพที่ 3.50 แสดงมุมมองภาพรวมแบบด้านซ้ายของโคมไฟทั้งหมด

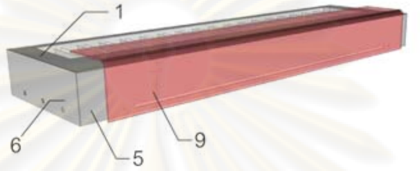


ภาพที่ 3.51 แสดงมุมมองภาพรวมแบบด้านขวาของโคมไฟทั้งหมด

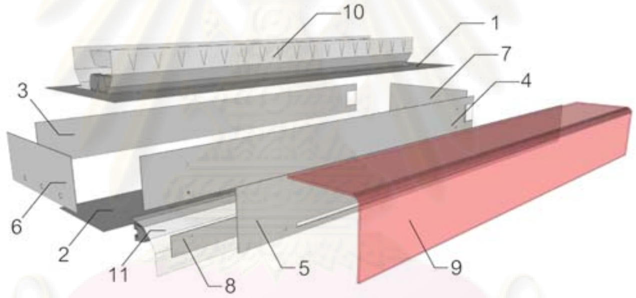
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โคมไฟต้นแบบนี้ แบ่งชิ้นส่วนหลักออกเป็นจำนวน 3 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 กล่องโคมไฟ, ส่วนที่ 2 กล่องอิเล็กทรอนิกส์บัลลาสต์และสวิตช์ และส่วนที่ 3 รางเลื่อน, ตัวเสียบ และตัวยึด โดยแต่ละส่วนหลักประกอบด้วยชิ้นส่วนย่อยพร้อมประกอบ เป็นจำนวนทั้งสิ้น 47 ชิ้น โดยแต่ละชิ้นได้กำหนดหมายเลขเอาไว้เพื่อช่วยในการทำความเข้าใจ ดังคำอธิบายโดยละเอียด ดังนี้

1) **กล่องโคมไฟ** ซึ่งใช้แผ่นสแตนเลสเป็นวัสดุหลัก ประกอบด้วยชิ้นส่วนเป็นจำนวนทั้งสิ้น 10 ชิ้น ดังแสดงในภาพที่ 3.52 – ภาพที่ 3.53



ภาพที่ 3.52 แสดงมุมมองของกล่องโคมไฟทั้งหมด

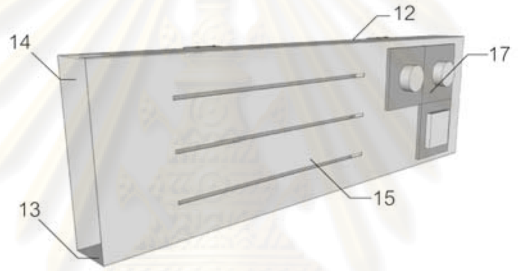


ภาพที่ 3.53 แสดงมุมมองของกล่องโคมไฟขณะถอดชิ้นส่วนแยกออกทั้งหมด

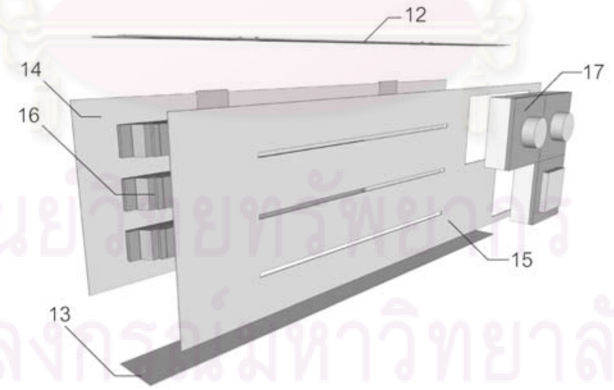
โครงสร้างประกอบด้วยชิ้นส่วนที่เชื่อมติดกันเป็นจำนวน 7 ชิ้น ประกอบด้วย แผ่นบน (1), แผ่นล่าง (2), แผ่นหน้า (5), แผ่นหลัง (3), แผ่นกลาง (4), แผ่นซ้าย (6) และแผ่นขวา (7) โดยในบางชิ้นส่วนจะมีการเจาะช่อง คือ แผ่นซ้าย (6) และแผ่นขวา (7) มีการเจาะรูกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร เป็นจำนวน 3 รู เพื่อเป็นช่องเสียบสำหรับตัวเสียบเพื่อยึดกล่องโคมไฟกับรางเลื่อน, แผ่นหลัง (3) มีการเจาะช่องสี่เหลี่ยมขนาดเล็กเพื่อเป็นเส้นทางของระบบสายไฟ, แผ่นกลาง (4) มีการเจาะช่องสี่เหลี่ยมขนาดเล็กเพื่อเป็นเส้นทางของระบบสายไฟ และมีการเจาะรูกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.00 มิลลิเมตร เป็นจำนวน 2 รู เพื่อติดตั้งหลอดไฟชุดที่ 2 (11) และจำนวน 2 รู เพื่อติดตั้งแผ่นเสริม (8), แผ่นหน้า (5) มีการเจาะช่องสี่เหลี่ยมเป็นแนวยาวขนาดเล็กเพื่อเป็นช่องสำหรับให้แสงสว่างกระจายออกมาผ่านแผ่นอะครีลิก (9) เพื่อความสวยงาม และมีการเจาะรูกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.00 มิลลิเมตร เป็นจำนวน 2 รู เพื่อติดตั้งแผ่นอะครีลิก (9), แผ่นล่าง (2) มีการเจาะรูกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.00 มิลลิเมตร เป็นจำนวน 4 รู เพื่อติดตั้งหลอดไฟชุดที่ 1 (10) และที่แผ่นบน (1) มีการเจาะช่องสี่เหลี่ยมเป็นแนวยาวขนาดเล็กเพื่อเป็นช่องสำหรับให้แสงสว่างกระจายออกมาผ่านแผ่นอะครีลิก (9) เพื่อความสวยงาม รวมทั้งมีการเจาะช่องสี่เหลี่ยมเป็นแนวยาวขนาดใหญ่สำหรับติดตั้ง

หลอดไฟชุดที่ 1 (10) เมื่อประกอบเป็นกล่องโคมไฟสำเร็จจะสามารถนำแผ่นเสริม (8) มายึดติดกับแผ่นกลาง (4) ด้วยน๊อตเกลียว และแผ่นอะครีลิก (9) มายึดติดกับแผ่นบน (1) และแผ่นหน้า (5) ด้วยน๊อตเกลียว โดยชิ้นส่วนเสริมทั้ง 2 ชิ้นนี้สามารถถอดประกอบเองได้ในภายหลัง ในส่วนชุดหลอดไฟและตัวสะท้อนแสง คือ หลอดไฟชุดที่ 1 (10) ซึ่งประกอบด้วย หลอดฟลูออเรสเซนต์ T5 14 W HE จำนวน 2 หลอดพร้อมขั้ว และตัวสะท้อนแสงแบบสมมาตร สำหรับแสงส่องขึ้นเพื่อการให้แสงสว่างในบริเวณทั่วไป ซึ่งจะนำมาติดตั้งด้วยน๊อตเกลียวที่แผ่นล่าง (2) และหลอดไฟชุดที่ 2 (11) ซึ่งประกอบด้วย หลอดฟลูออเรสเซนต์ T5 24 W HO จำนวน 1 หลอดพร้อมขั้ว และตัวสะท้อนแสงแบบอสมมาตร สำหรับแสงส่องลง เพื่อการให้แสงสว่างในบริเวณเฉพาะพื้นที่ทำงานบนโต๊ะ ซึ่งจะนำมาติดตั้งด้วยน๊อตเกลียวที่แผ่นกลาง (4)

2) **กล่องอิเล็กทรอนิกส์บัลลาสต์และสวิตซ์** ซึ่งใช้แผ่นสแตนเลสเป็นวัสดุหลักประกอบด้วยชิ้นส่วนเป็นจำนวนทั้งสิ้น 6 ชิ้น ดังแสดงในภาพที่ 3.54 – ภาพที่ 3.55



ภาพที่ 3.54 แสดงมุมมองของกล่องอิเล็กทรอนิกส์บัลลาสต์และสวิตซ์ทั้งหมด

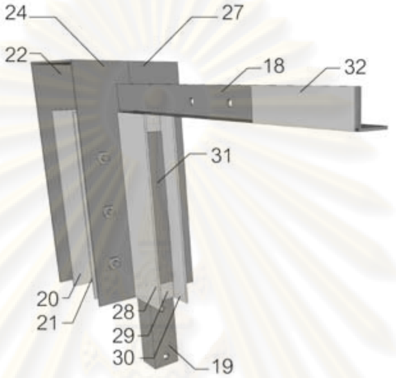


ภาพที่ 3.55 แสดงมุมมองของกล่องอิเล็กทรอนิกส์บัลลาสต์และสวิตซ์ขณะถอดชิ้นส่วนแยกออกทั้งหมด

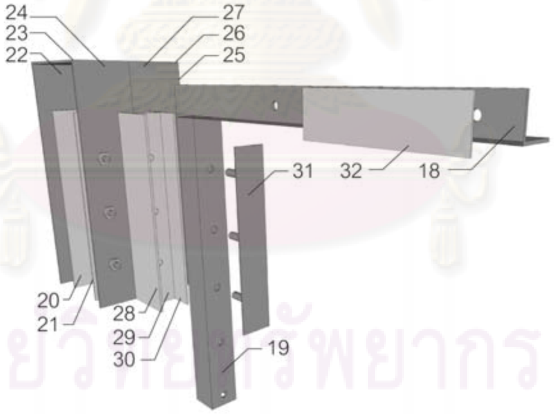
โครงสร้างประกอบด้วยชิ้นส่วนที่เชื่อมติดกันเป็นจำนวน 3 ชิ้น คือ แผ่นล่าง (13) แผ่นหลัง (14) และแผ่นหน้า (15) โดยในบางชิ้นส่วนจะมีการเจาะช่อง คือ แผ่นหน้า (15) มีการเจาะช่องระบายอากาศและช่องสำหรับสวิตซ์ และแผ่นหลัง (14) มีการเจาะรูกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.00 มิลลิเมตร เป็นจำนวน 6 รู เพื่อติดตั้งอิเล็กทรอนิกส์บัลลาสต์เป็นจำนวน 3 ชุด เมื่อประกอบเป็นกล่องอิเล็กทรอนิกส์บัลลาสต์และสวิตซ์

จะมีแผ่นบน (12) มายึดติดด้วยน๊อตเกลียวซึ่งสามารถถอดประกอบเองได้ในภายหลังเพื่อติดตั้งระบบวงจรไฟฟ้าภายใน โดยจะมีการติดตั้งอิเล็กทรอนิกส์บัลลาสต์ (16) และสวิตช์ (17) พร้อมสายไฟ เป็นจำนวน 3 ชุด

3) **รางเลื่อน, ตัวเสียบ และตัวยึด** ซึ่งใช้สแตนเลสฉาก, สแตนเลสเหลี่ยม, เพลาสแตนเลส และแผ่นสแตนเลสเป็นวัสดุหลัก ประกอบด้วยชิ้นส่วนหลัก 4 ส่วน ดังนี้ ดังแสดงในภาพที่ 3.56 – ภาพที่ 3.59



ภาพที่ 3.56 แสดงมุมมองของรางเลื่อน, ตัวเสียบ และตัวยึด (ฝั่งซ้าย) ทั้งหมด



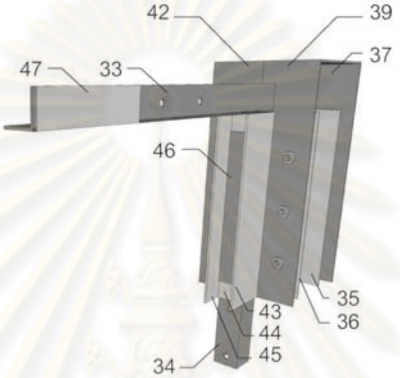
ภาพที่ 3.57 แสดงมุมมองของรางเลื่อน, ตัวเสียบ และตัวยึด (ฝั่งซ้าย) ขณะถอดชิ้นส่วนแยกออกทั้งหมด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

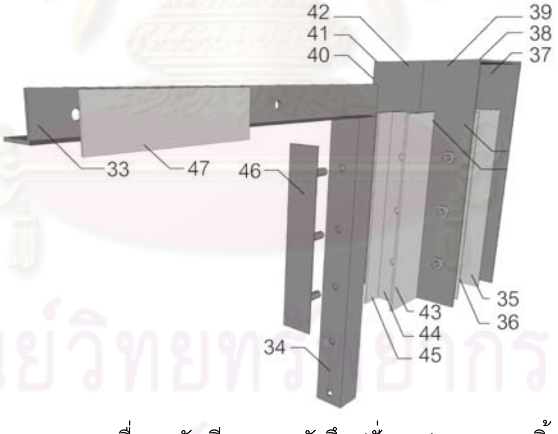
รางเลื่อนด้านซ้าย ดังแสดงในภาพที่ 3.56 – ภาพที่ 3.57 ในส่วนโครงสร้างประกอบด้วยชิ้นส่วนที่เชื่อมติดกัน คือ ส่วนบน (18) ที่เป็นสแตนเลสฉากเจาะรูกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6.00 มิลลิเมตร เป็นจำนวน 4 รู ซึ่งจะมีตัวเสียบ (32) เพื่อยึดกล่องโคมไฟกับรางเลื่อนในแนวนอน โดยส่วนบน (18) จะวางอยู่บนส่วนล่าง (19) ที่เป็นสแตนเลสเหลี่ยมเจาะรูกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6.00 มิลลิเมตร เป็นจำนวน 5 รู ซึ่งจะมีตัวเสียบ (31) เพื่อยึดรางเลื่อนกับตัวยึดด้านขวา

ตัวยึดด้านซ้าย ดังแสดงในภาพที่ 3.56 – ภาพที่ 3.57 ในส่วนโครงสร้างหลักประกอบด้วยชิ้นส่วนที่เชื่อมติดกัน คือ แผ่นหลังด้านนอก (22) แผ่นหลังด้านใน (25) แผ่นบนด้านนอก (23) แผ่นบนด้านใน

(26) แผ่นหน้าด้านนอก (24 และ แผ่นหน้าด้านใน (27) โดยในแผ่นหลังด้านนอก (22) และแผ่นหน้าด้านนอก (24) จะมีการเจาะรูกลม 3 รู ซึ่งจะมีตัวยึดหลัง (20) และตัวยึดหน้า (21) เพื่อใช้ยึดกับผนังกั้นระหว่างโต๊ะทำงานในภายหลัง ในส่วนโครงสร้างย่อยประกอบด้วยชิ้นส่วนที่เชื่อมติดกัน คือ แผ่นนอก (28) แผ่นกลาง (29) และแผ่นใน (30) โดยในแผ่นกลาง (29) จะมีการเจาะรูกลม 3 รู เพื่อนำรางเลื่อนส่วนล่าง (19) มาเสียบที่ช่องว่างที่มีขนาดพอดีกัน แล้วยึดด้วยตัวเสียบ (31) เพื่อใช้ยึดรางเลื่อนและตัวยึดกับผนังกั้นระหว่างโต๊ะทำงานในภายหลัง



ภาพที่ 3.58 แสดงมุมมองของรางเลื่อน, ตัวเสียบ และตัวยึด (ฝั่งขวา) ทั้งหมด



ภาพที่ 3.59 แสดงมุมมองของรางเลื่อน, ตัวเสียบ และตัวยึด (ฝั่งขวา) ขณะถอดชิ้นส่วนแยกออกทั้งหมด

รางเลื่อนด้านขวา ดังแสดงในภาพที่ 3.58 – ภาพที่ 3.59 ในส่วนโครงสร้างประกอบด้วยชิ้นส่วนที่เชื่อมติดกัน คือ ส่วนบน (33) ที่เป็นสแตนเลสฉากเจาะรูกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6.00 มิลลิเมตร เป็นจำนวน 4 รู ซึ่งจะมีตัวเสียบ (47) เพื่อยึดกล่องโคมไฟกับรางเลื่อนในแนวนอน โดยส่วนบน (33) จะวางอยู่บนส่วนล่าง (34) ที่เป็นสแตนเลสเหลี่ยมเจาะรูกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร เป็นจำนวน 5 รู ซึ่งจะมีตัวเสียบ (46) เพื่อยึดรางเลื่อนกับตัวยึดด้านขวา

ตัวยึดด้านขวา ดังแสดงในภาพที่ 3.58 – ภาพที่ 3.59 ในส่วนโครงสร้างหลักประกอบด้วยชิ้นส่วนที่เชื่อมติดกัน คือ แผ่นหลังด้านนอก (37) แผ่นหลังด้านใน (40) แผ่นบนด้านนอก (38) แผ่นบนด้านใน

(41) แผ่นหน้าด้านนอก (39) และ แผ่นหน้าด้านใน (42) โดยในแผ่นหลังด้านนอก (37) และแผ่นหน้าด้านนอก (39) จะมีการเจาะรูกลม 3 รู ซึ่งจะมีตัวยึดหลัง (35) และตัวยึดหน้า (36) เพื่อใช้ยึดกับผนังกั้นระหว่างโต๊ะทำงานในภายหลัง ในส่วนโครงสร้างย่อยประกอบด้วยชิ้นส่วนที่เชื่อมติดกัน คือ แผ่นนอก (43) แผ่นกลาง (44) และแผ่นใน (45) โดยในแผ่นกลาง (44) จะมีการเจาะรูกลม 3 รู เพื่อนำรางเลื่อนส่วนล่าง (34) มาเสียบที่ช่องว่างที่มีขนาดพอดีกัน แล้วยึดด้วยตัวเสียบ (46) เพื่อใช้ยึดรางเลื่อนและตัวยึดกับผนังกั้นระหว่างโต๊ะทำงานในภายหลัง

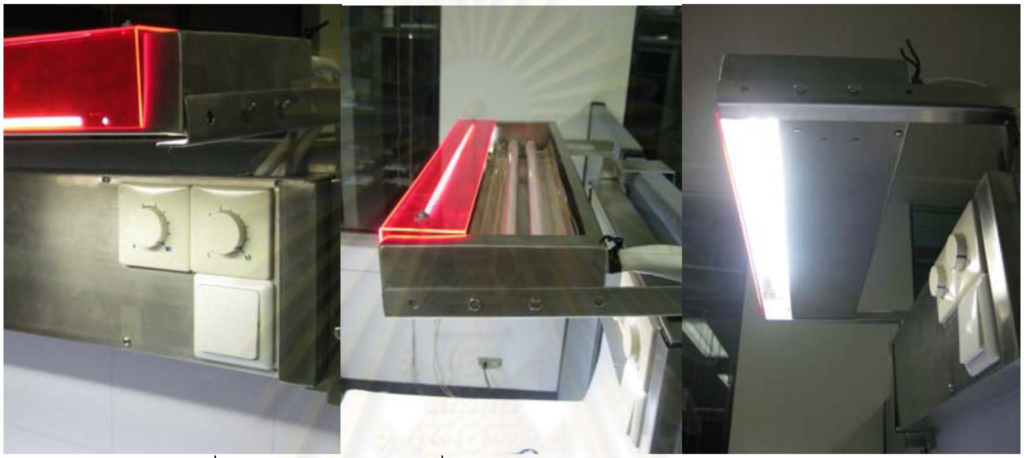
หลังจากได้มีการพัฒนาแบบโคมไฟเพื่อนำไปสร้างจริง โดยวัสดุที่ได้เลือกใช้ทำเป็นโครงนั้นได้กำหนดให้เป็นสแตนเลส เนื่องจากพื้นผิวสแตนเลสดูมีความเรียบง่ายแต่ทันสมัย จากนั้นจึงได้มีการว่าจ้างร้านที่รับทำโครงสแตนเลสตามแบบที่ได้มีการพัฒนาไว้ โดยในขั้นตอนสร้างโคมไฟจริงนี้มีความจำเป็นที่จะต้องพูดคุยกับผู้คุมงานเพื่อปรับความเข้าใจให้ตรงกันถึงแบบโครงสร้างของโคมไฟในเรื่องวัสดุสำเร็จรูปที่ทางร้านมี, องค์ประกอบ, การเชื่อมต่อระหว่างชิ้นส่วน, การเจาะช่องเผื่อไว้สำหรับการติดตั้งในภายหลัง เนื่องจากร้านที่รับทำนี้ไม่ใช่ร้านที่รับทำโคมไฟโดยเฉพาะ ทั้งยังไม่เคยรับทำงานในลักษณะนี้มาก่อน

เมื่อได้โครงสร้างที่ทำจากสแตนเลสของโคมไฟที่สำเร็จแล้ว จึงทำการติดตั้งขั้วหลอดไฟพร้อมหลอดไฟ, ตัวสะท้อนแสงสำเร็จรูป, อิเล็กทรอนิกส์บัลลาสต์, สวิตช์ที่สามารถปรับหรี่ และแผ่นอะครีลิกสำหรับตกแต่ง หลังจากนั้นจึงนำมาติดตั้งบนผนังกั้นสำเร็จรูปของโต๊ะทำงานภายในอาคารสำนักงานเพื่อเตรียมทดสอบประสิทธิภาพ ดังแสดงในภาพที่ 3.60

ภาพที่ 3.60 แสดงโคมไฟต้นแบบที่ได้นำมาติดตั้งใช้งานเพื่อทดสอบประสิทธิภาพ

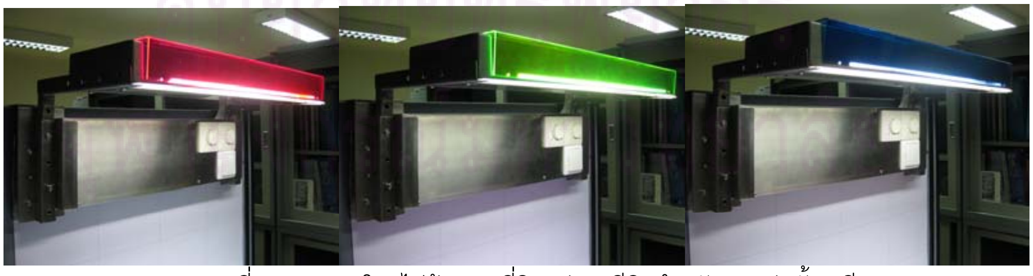
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การใช้งานเปิด – ปิด (ON – OFF) และปรับหรี่ 3 ระดับ (DIM 0% – 50% – 100%) ของหลอดฟลูออเรสเซนต์ ทั้ง 3 หลอด โดยจัดให้มีสวิตช์ปรับหรี่ชนิดอนาล็อก (Analog Dimming Switch) จำนวน 2 ชุด ด้านบนของแผงสวิตช์ สำหรับควบคุมการให้แสงสว่างส่องขึ้น (Up Light) และสวิตช์ปรับหรี่ชนิดดิจิตอล (Digital Dimming Switch) จำนวน 1 ชุด ด้านล่างของแผงสวิตช์ สำหรับควบคุมการให้แสงสว่างส่องลง (Down Light) ดังแสดงในภาพที่ 3.61



ภาพที่ 3.61 แสดงแผงสวิตช์เพื่อการควบคุมการใช้งานหลอดฟลูออเรสเซนต์

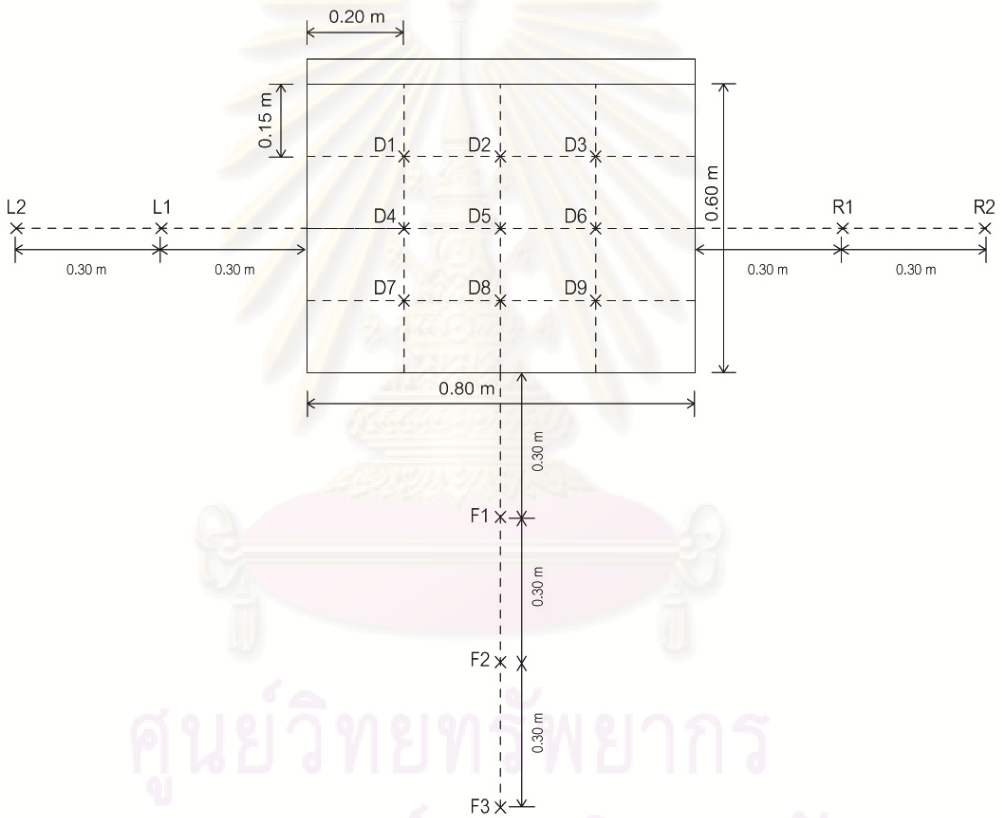
นอกเหนือจากการใช้งานด้านแสงสว่างที่สามารถเลือกปรับระดับค่าการส่องสว่างจากระบบควบคุมการหรี่ไฟ (Dimming System) ของโคมไฟได้ตามความพึงพอใจที่เกี่ยวเนื่องกับสภาวะสบายตา (Visual Comfort) ซึ่งเป็นลักษณะจำเพาะของแต่ละบุคคลแล้ว โคมไฟต้นแบบนี้ยังตอบสนองด้านรสนิยมการใช้งานซึ่งเป็นลักษณะจำเพาะของแต่ละบุคคลเช่นกันด้วยการจัดให้มีการเลือกเปลี่ยนแผ่นอะครีลิกสำหรับตกแต่ง (Clip – on Color Acrylic) ทั้ง 3 สี คือ สีชมพู, สีเขียว และสีฟ้า ดังแสดงในภาพที่ 3.62



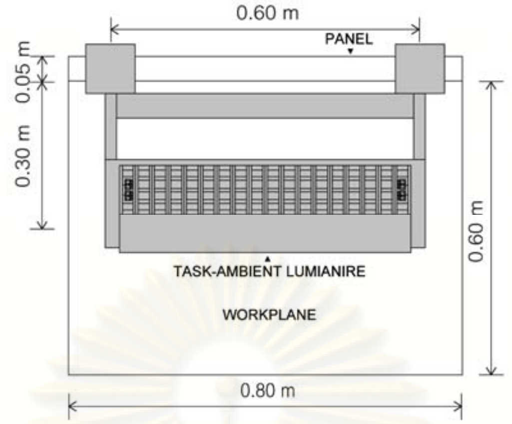
ภาพที่ 3.62 แสดงโคมไฟต้นแบบที่ติดแผ่นอครีลิกสำหรับตกแต่งทั้ง 3 สี

3.2.3.3 การทดสอบประสิทธิภาพการให้แสงสว่างจากโคมไฟต้นแบบ

หลังจากได้มีการสร้างโคมไฟต้นแบบขึ้นมาแล้ว จึงนำโคมไฟต้นแบบมาติดตั้งบนผนังกั้นสำเร็จรูปของโต๊ะทำงานภายในอาคารสำนักงานที่มีความสูง 0.60 เมตร แล้วทำการวัดค่าการส่องสว่างที่ระนาบงานในแนวนอนบนโต๊ะ (Horizontal Work Plane) และระนาบงานในแนวนอนของห้อง (Horizontal Overall) ที่ระดับความสูงจากพื้น 0.75 เมตร ด้วยเครื่องมือวัดค่าการส่องสว่าง Digital Illumination Meter (DX – 200) จากโคมไฟต้นแบบ (Final Prototype) โดยแบ่งการวัดค่าการส่องสว่างออกเป็น 9 จุด บนโต๊ะทำงาน (D1 – D9) และ 7 จุด (F1 – F3, R1 – R2 และ L1 – L2) โดยรอบโต๊ะทำงาน ดังแสดงในภาพที่ 3.63 และภาพที่ 3.64



ภาพที่ 3.63 แสดงการวัดค่าการส่องสว่างที่ระนาบทำงานที่แบ่งออกเป็น 9 จุด และรอบโต๊ะ 7 จุด



ภาพที่ 3.64 แสดงมุมมองภาพรวมการติดตั้งโคมไฟต้นแบบกับผนังกั้นสำเร็จรูปของโต๊ะทำงาน

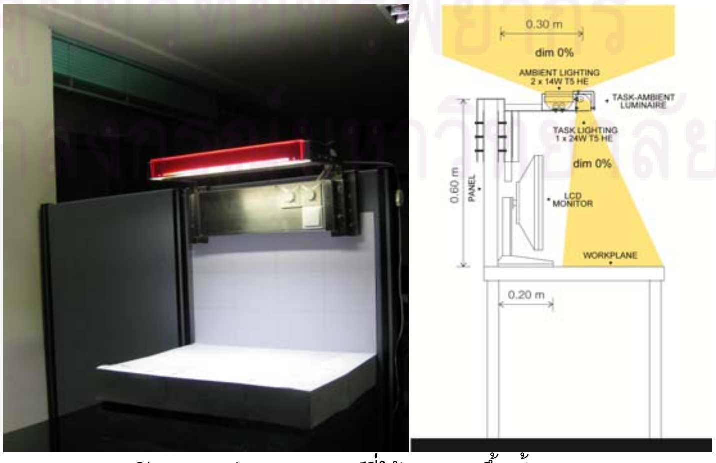
การวัดค่าการส่องสว่างจากโคมไฟต้นแบบเพื่อทดสอบประสิทธิภาพแสงสว่างนั้น แบ่งเงื่อนไขของกรณีศึกษาตามตัวแปรหลัก 2 ตัวแปร คือ

1) การเปิด – ปิด (ON – OFF) ของหลอดฟลูออเรสเซนต์ ทั้ง 3 หลอด
2) การปรับหรี่ 3 ระดับ (DIM 0% – 50% – 100%) ของหลอดฟลูออเรสเซนต์ ทั้ง 3 หลอด

3.2.2.3.1 **การเปิด – ปิด (ON – OFF) ของหลอดฟลูออเรสเซนต์ ทั้ง 3 หลอด**

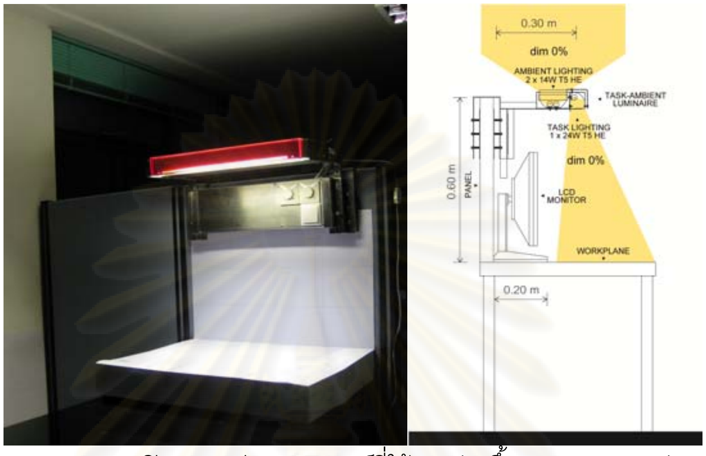
โคมไฟต้นแบบ นั้นได้แบ่งการวัดค่าการส่องสว่างตามรูปแบบการเปิด – ปิด ของโคมไฟออกเป็น 5 รูปแบบ ดังนี้

1) **เปิดหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่ให้แสงส่องขึ้นทั้ง 2 ชุด และแสงส่องลง 1 ชุด** ซึ่งวัดค่าการส่องสว่างของโคมไฟต้นแบบที่มีใช้โคมไฟ 3 ชุด ในทิศทางแสงส่องขึ้น (Up Light) 2 ชุด และแสงส่องลง (Down Light) 1 ชุด ดังแสดงในภาพที่ 3.65



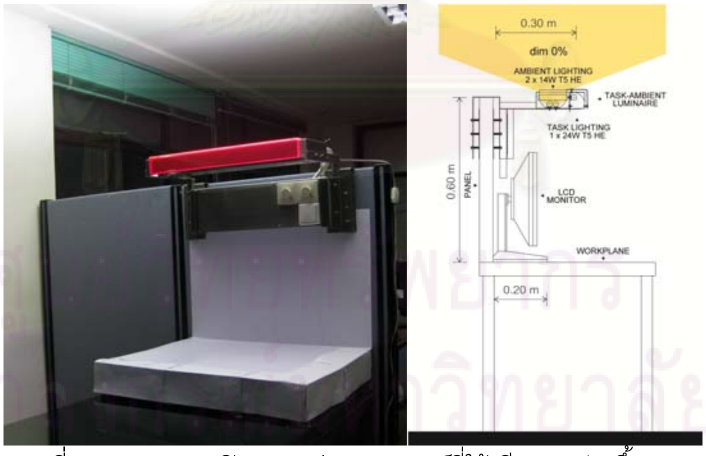
ภาพที่ 3.65 แสดงการเปิดหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่ให้แสงส่องขึ้นทั้ง 2 ชุด และแสงส่องลง 1 ชุด

2) เปิดหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่ให้แสงส่องขึ้น 1 ชุด และแสงส่องลง 1 ชุด ซึ่งวัดค่าการส่องสว่างของโคมไฟต้นแบบที่มีใช้โคมไฟ 3 ชุด ในทิศทางแสงส่องขึ้น (Up Light) 1 ชุด และแสงส่องลง (Down Light) 1 ชุด ดังแสดงในภาพที่ 3.66



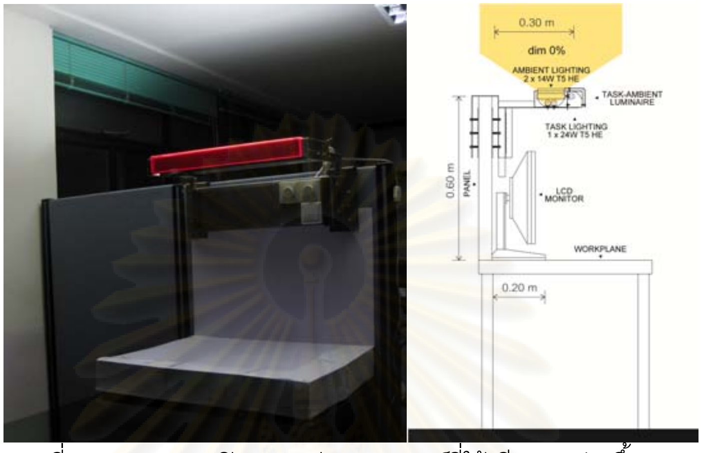
ภาพที่ 3.66 แสดงการเปิดหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่ให้แสงส่องขึ้น 1 ชุด และแสงส่องลง 1 ชุด

3) เปิดหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่ให้เพียงแสงส่องขึ้น 2 ชุด ซึ่งวัดค่าการส่องสว่างของโคมไฟต้นแบบที่มีใช้โคมไฟ 2 ชุด ในทิศทางแสงส่องขึ้น (Up Light) 2 ชุด ดังแสดงในภาพที่ 3.67



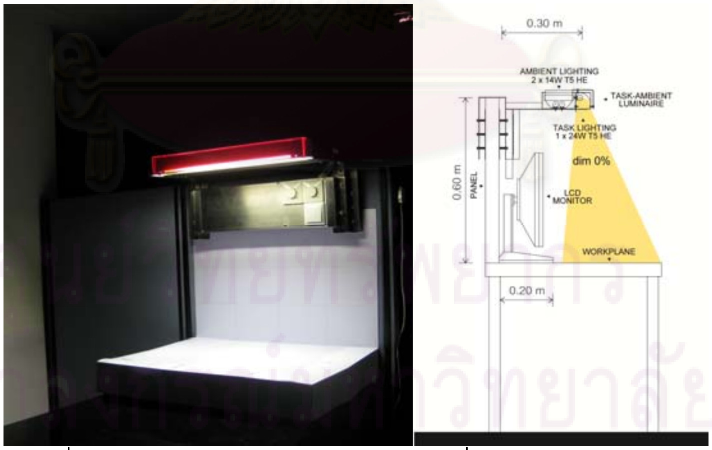
ภาพที่ 3.67 แสดงการเปิดหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่ให้เพียงแสงส่องขึ้น 2 ชุด

4) เปิดหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่ให้เพียงแสงส่องขึ้น 1 ชุด ซึ่งวัดค่าการส่องสว่างของโคมไฟต้นแบบที่มีใช้โคมไฟ 2 ชุด ในทิศทางแสงส่องขึ้น (Up Light) 1 ชุด ดังแสดงในภาพที่ 3.68



ภาพที่ 3.68 แสดงการเปิดหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่ให้เพียงแสงส่องขึ้น 1 ชุด

5) เปิดหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่ให้เพียงแสงส่องลง 1 ชุด ซึ่งวัดค่าการส่องสว่างของโคมไฟต้นแบบที่มีใช้โคมไฟ 2 ชุด ในทิศทางแสงส่องลง (Down Light) 1 ชุด ดังแสดงในภาพที่ 3.69



ภาพที่ 3.69 แสดงการเปิดหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่ให้เพียงแสงส่องลง 1 ชุด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

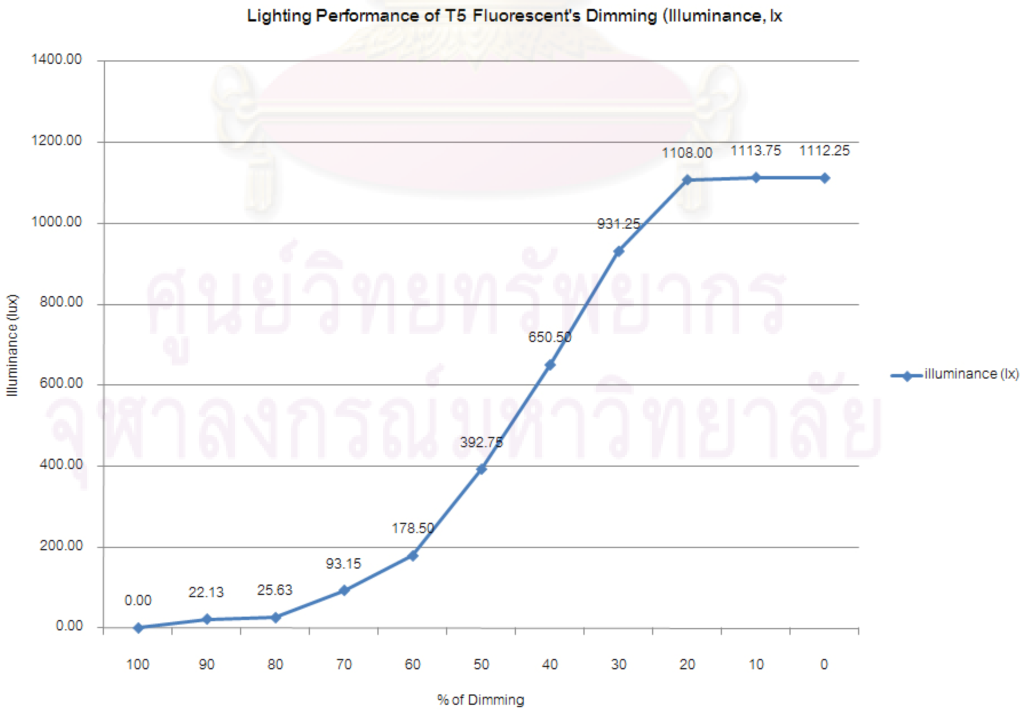
3.2.2.3.2 **การปรับหรี่ 3 ระดับ** (DIM 0% – 50% – 100%) **ของหลอดฟลูออเรสเซนต์ ทั้ง 3 หลอด**

หลอดฟลูออเรสเซนต์ T5 14 W HE และ หลอดฟลูออเรสเซนต์ T5 24 W HO นั้น สามารถปรับหรี่ความสว่าง (Luminance) ได้เมื่อใช้บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์พร้อมสวิตช์ปรับหรี่ ซึ่งจากการทดสอบประสิทธิภาพการปรับหรี่ตั้งแต่ 0 – 100% ของหลอดฟลูออเรสเซนต์ T5 โดยได้ทำการวัดค่าการส่อง

สว่าง (Illuminance, lx) ที่ระนาบแนวนอน (Horizontal Workplane) ที่มีระยะห่าง 0.30 เมตร ด้วยเครื่องมือวัดค่าการส่องสว่าง DX – 200 และวัดค่าค่าพลังงาน (Power, watt) ด้วยเครื่องมือมัลติมิเตอร์ METRA HIT 28S Digital Multimeter จากหลอดฟลูออเรสเซนต์ T5 ที่ติดตั้งภายในกล่องกระดาษที่ภายในบุด้วยกระดาษสีดำ ดังภาพที่ 3.70 นั้นได้ประสิทธิภาพแสงสว่าง (Lighting Performance) ดังแผนภูมิที่ 3.1 และได้ประสิทธิภาพพลังงาน (Energy Performance) ดังแผนภูมิที่ 3.2

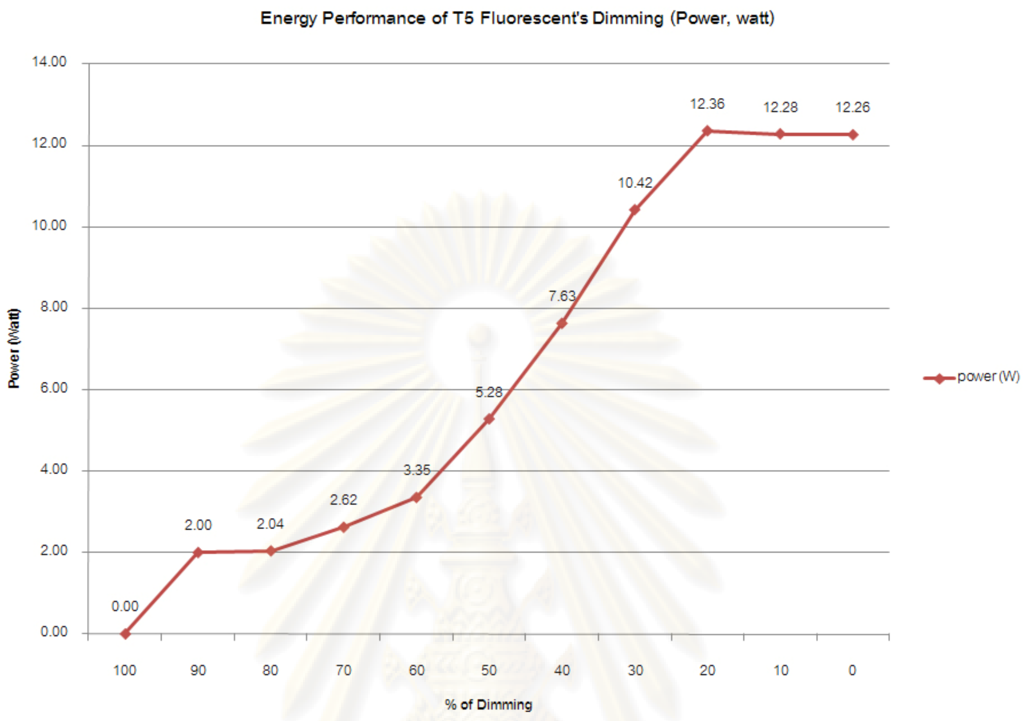
ภาพที่ 3.70 แสดงกล่องทดสอบประสิทธิภาพการปรับหรี่หลอดฟลูออเรสเซนต์ T5

แผนภูมิที่ 3.1 แสดงตัวอย่างการทดสอบประสิทธิแสงสว่างในการปรับหรี่หลอดฟลูออเรสเซนต์ T5 14 W HE



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

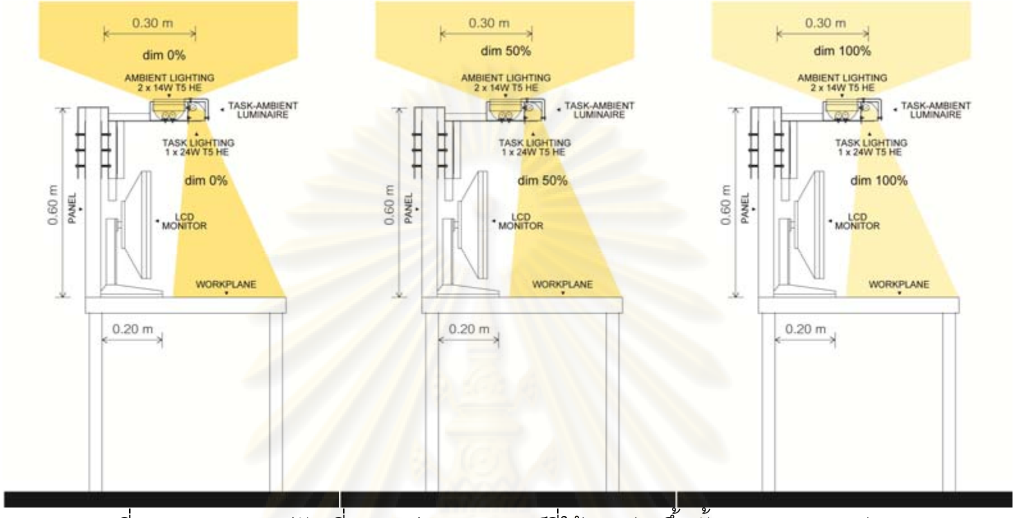
แผนภูมิที่ 3.2 แสดงตัวอย่างการทดสอบประสิทธิพลังงานในการปรับหรี่หลอดฟลูออเรสเซนต์ T5 14 W HE



จากแผนภูมิที่ 3.1 และแผนภูมที่ 3.2 พบว่าหลอดฟลูออเรสเซนต์ T5 14 W HE เมื่อปรับหรี่ 100% (ปรับหรี่ในระดับสูงสุด จึงให้แสงสว่างต่ำสุด) ได้ค่าการส่องสว่าง 0 ลักซ์ และค่าพลังงาน 0 วัตต์ เมื่อปรับหรี่ 50% (ปรับหรี่ในระดับกึ่งกลาง จึงให้แสงสว่างกึ่งกลาง) ได้ค่าการส่องสว่าง 392.78 ลักซ์ และค่าพลังงาน 5.28 วัตต์ และเมื่อปรับหรี่ 0% (ไม่มีการปรับหรี่ จึงให้แสงสว่างสูงสุด)) ได้ค่าการส่องสว่าง 1112.25 ลักซ์ และค่าพลังงาน 12.26 วัตต์

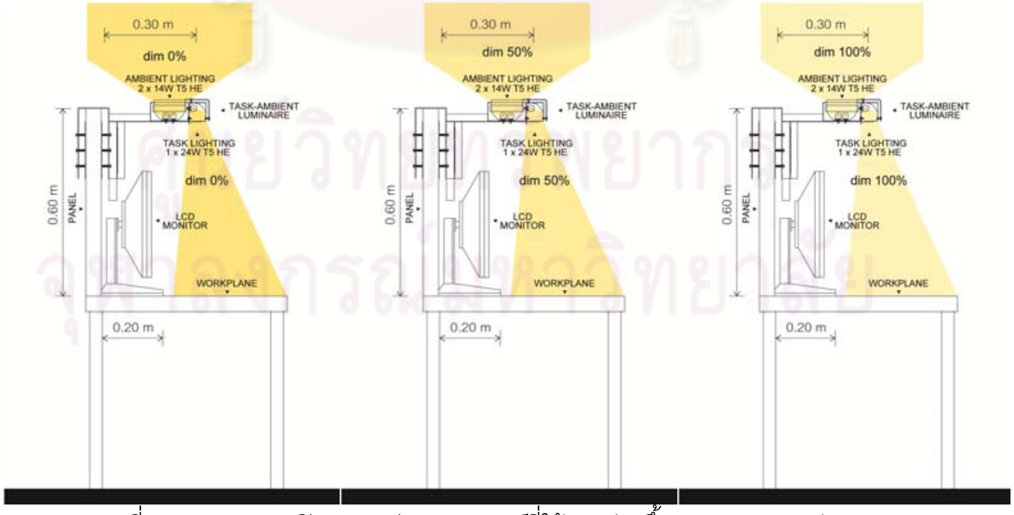
โคมไฟต้นแบบ นั้นได้แบ่งการวัดค่าการส่องสว่างตามรูปแบบการปรับหรี่ 3 ระดับ (DIM 0% – 50% – 100%) คือ DIM 0% (ON MAMIXIMUM), DIM 50% (ON MEDIAN) และ DIM 100% (ON MINIMUM) ของโคมไฟออกเป็น 5 รูปแบบ ดังนี้

1) ปรับหรี่หลอดฟลูออเรสเซนต์ที่ให้แสงส่องขึ้นทั้ง 2 ชุด และแสงส่องลง 1 ชุด ซึ่งวัดค่าการส่องสว่างของโคมไฟต้นแบบที่มีใช้โคมไฟ 3 ชุด ในทิศทางแสงส่องขึ้น (Up Light) 2 ชุด และแสงส่องลง (Down Light) 1 ชุด ดังแสดงในภาพที่ 3.71



ภาพที่ 3.71 แสดงการปรับหรี่หลอดฟลูออเรสเซนต์ที่ให้แสงส่องขึ้นทั้ง 2 ชุด และแสงส่องลง 1 ชุด

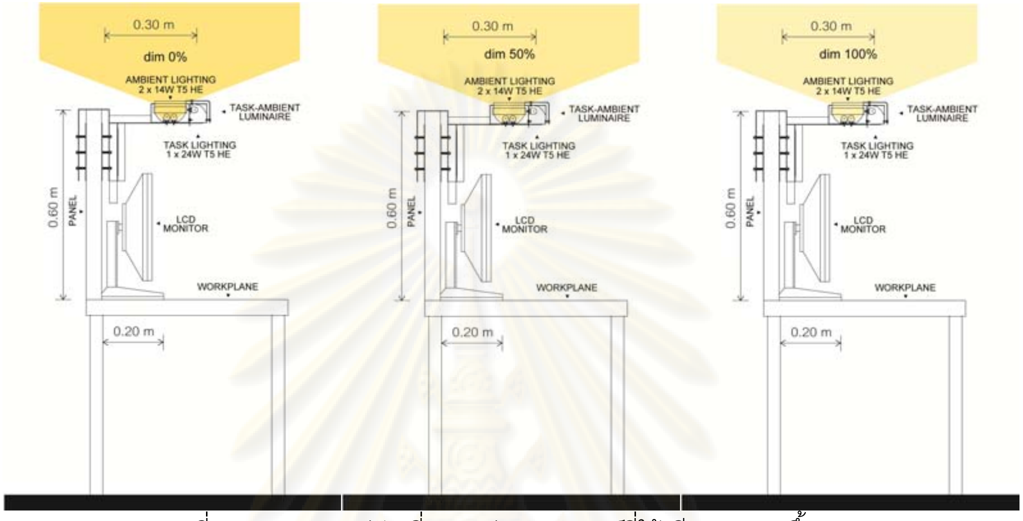
2) ปรับหรี่หลอดฟลูออเรสเซนต์ที่ให้แสงส่องขึ้น 1 ชุด และแสงส่องลง 1 ชุด ซึ่งวัดค่าการส่องสว่างของโคมไฟต้นแบบที่มีใช้โคมไฟ 3 ชุด ในทิศทางแสงส่องขึ้น (Up Light) 1 ชุด และแสงส่องลง (Down Light) 1 ชุด ดังแสดงในภาพที่ 3.72



ภาพที่ 3.72 แสดงการเปิดหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่ให้แสงส่องขึ้น 1 ชุด และแสงส่องลง 1 ชุด

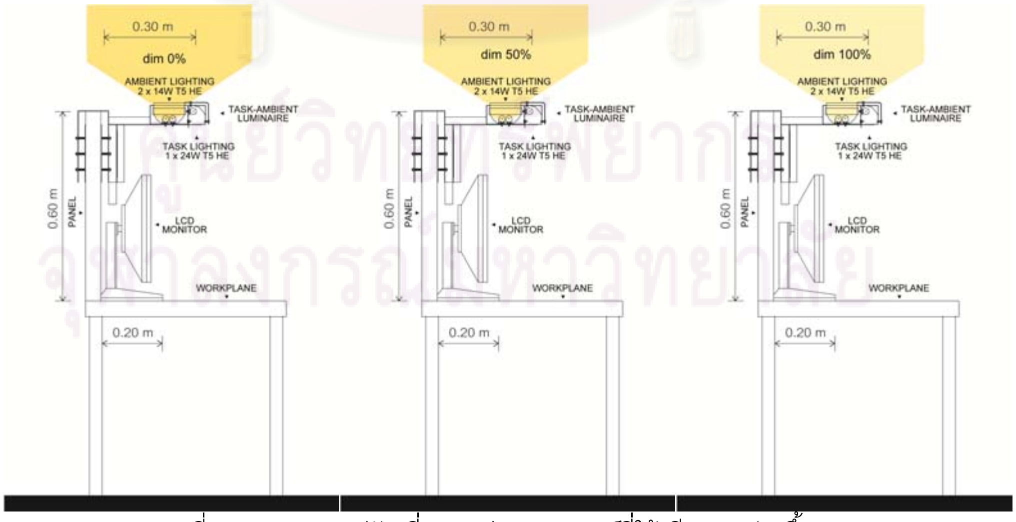
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3) ปรับหรี่หลอดฟลูออเรสเซนต์ที่ให้เพียงแสงส่องขึ้น 2 ชุด ซึ่งวัดค่าการส่องสว่างของโคมไฟต้นแบบที่มีใช้โคมไฟ 2 ชุด ในทิศทางแสงส่องขึ้น (Up Light) 2 ชุด ดังแสดงในภาพที่ 3.73



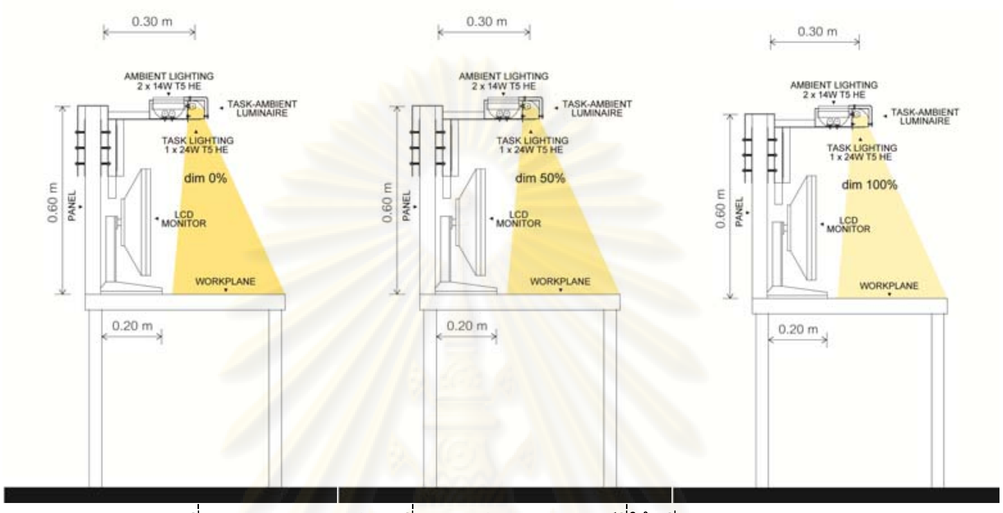
ภาพที่ 3.73 แสดงการปรับหรี่หลอดฟลูออเรสเซนต์ที่ให้เพียงแสงส่องขึ้น 2 ชุด

4) ปรับหรี่หลอดฟลูออเรสเซนต์ที่ให้เพียงแสงส่องขึ้น 1 ชุด ซึ่งวัดค่าการส่องสว่างของโคมไฟต้นแบบที่มีใช้โคมไฟ 2 ชุด ในทิศทางแสงส่องขึ้น (Up Light) 1 ชุด ดังแสดงในภาพที่ 3.74



ภาพที่ 3.74 แสดงการปรับหรี่หลอดฟลูออเรสเซนต์ที่ให้เพียงแสงส่องขึ้น 1 ชุด

5) **ปรับหรี่หลอดฟลูออเรสเซนต์ที่ให้เพียงแสงส่องลง 1 ชุด** ซึ่งวัดค่าการส่องสว่างของโคมไฟต้นแบบที่มีใช้โคมไฟ 2 ชุด ในทิศทางแสงส่องลง (Down Light) 1 ชุด ดังแสดงในภาพที่ 3.75



ภาพที่ 3.75 แสดงการปรับหรี่หลอดฟลูออเรสเซนต์ที่ให้เพียงแสงส่องลง 1 ชุด

จากตัวแปรหลัก 2 ตัวแปรนั้น สามารถนำตัวแปรเหล่านี้มาจัดอนุกรมในการสร้างเงื่อนไขในการเปิด – ปิด และปรับหรี่หลอดฟลูออเรสเซนต์ทั้ง 3 ชุด เพื่อวัดค่าการส่องสว่างเพื่อทดสอบประสิทธิภาพของโคมไฟ ออกเป็นกรณีย่อยทั้งหมด 40 กรณี ดังแสดงในตารางที่ 3.1 และตารางที่ 3.2 โดยแบ่งการพิจารณาเปรียบเทียบประสิทธิภาพออกเป็น 4 กรณีหลัก ดังนี้

1) ประสิทธิภาพแสงสว่างของโคมไฟพิจารณาจากกรณี T5 24W DOWN DIM 0%

2) ประสิทธิภาพแสงสว่างของโคมไฟพิจารณาจากกรณี T5 24W DOWN DIM 50%

3) ประสิทธิภาพแสงสว่างของโคมไฟพิจารณาจากกรณี T5 24W DOWN DIM 100%

4) ประสิทธิภาพแสงสว่างของโคมไฟพิจารณาจากกรณี T5 14W UP

ตารางที่ 3.1 แสดงเงื่อนไขในการเปิด – ปิด และปรับหรี่หลอดฟลูออเรสเซนต์ทั้ง 3 ชุด กรณีที่ 1 – กรณีที่ 20

CASE	CONDITION OF TASK–AMBIENT LUMINAIRE					
	24 W HO		14 W HE			
	DOWN	DIM (%)	UP1	DIM (%)	UP2	DIM (%)
1	ON	0	ON	0	ON	0
2	ON	0	ON	0	ON	50
3	ON	0	ON	0	ON	100
4	ON	0	ON	50	ON	50
5	ON	0	ON	50	ON	100
6	ON	0	ON	100	ON	100
7	ON	0	ON	0	OFF	–
8	ON	0	ON	50	OFF	–
9	ON	0	ON	100	OFF	–
10	ON	0	OFF	–	OFF	–
11	ON	50	ON	0	ON	0
12	ON	50	ON	0	ON	50
13	ON	50	ON	0	ON	100
14	ON	50	ON	50	ON	50
15	ON	50	ON	50	ON	100
16	ON	50	ON	100	ON	100
17	ON	50	ON	0	OFF	–
18	ON	50	ON	50	OFF	–
19	ON	50	ON	100	OFF	–
20	ON	50	OFF	–	OFF	–

ตารางที่ 3.2 แสดงเงื่อนไขในการเปิด – ปิด และปรับหรี่หลอดฟลูออเรสเซนต์ทั้ง 3 ชุด กรณีที่ 21 – กรณีที่ 40

CASE	CONDITION OF TASK–AMBIENT LUMINAIRE					
	24 W HO		14 W HE			
	DOWN	DIM (%)	UP1	DIM (%)	UP2	DIM (%)
21	ON	100	ON	0	ON	0
22	ON	100	ON	0	ON	50
23	ON	100	ON	0	ON	100
24	ON	100	ON	50	ON	50
25	ON	100	ON	50	ON	100
26	ON	100	ON	100	ON	100
27	ON	100	ON	0	OFF	–
28	ON	100	ON	50	OFF	–
29	ON	100	ON	100	OFF	–
30	ON	100	OFF	–	OFF	–
31	OFF	–	ON	0	ON	0
32	OFF	–	ON	0	ON	50
33	OFF	–	ON	0	ON	100
34	OFF	–	ON	0	OFF	–
35	OFF	–	ON	50	ON	50
36	OFF	–	ON	50	ON	100
37	OFF	–	ON	50	OFF	–
38	OFF	–	ON	100	ON	100
39	OFF	–	ON	100	OFF	–
40	OFF	–	OFF	–	OFF	–

บทที่ 4
ผลการวิจัย

งานวิจัยชิ้นนี้ได้ทำการออกแบบและพัฒนาต้นแบบ (Prototype) ของโคมไฟประหยัดพลังงานซึ่งใช้เทคนิคการให้แสงเฉพาะที่เพื่อเสริมการให้แสงในบริเวณทั่วไป (Task–Ambient Luminaire) สำหรับอาคารสำนักงาน และทดสอบประสิทธิภาพการให้แสงสว่าง โดยได้แบ่งขั้นตอนผลการวิจัยจากวิธีการดำเนินการวิจัยในส่วนที่ 2 ของบทที่ 3 ออกเป็น 3 ส่วนใหญ่ ได้แก่ ส่วนที่ 1 การออกแบบโคมไฟขั้นต้นด้วยการจำลองสภาพการให้แสงสว่างเสมือนจริงด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์, ส่วนที่ 2 การสร้างโคมไฟเท่าขนาดจริงเพื่อใช้ทดสอบประสิทธิภาพการให้แสงสว่างในขั้นต้น และส่วนที่ 3 การออกแบบพัฒนาโคมไฟเพื่อนำไปสร้างจริงเพื่อใช้ทดสอบประสิทธิภาพการให้แสงสว่าง

ส่วนที่ 1 การออกแบบโคมไฟขั้นต้นด้วยการจำลองสภาพการให้แสงสว่างเสมือนจริงด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ประกอบด้วยผลการวิจัยจากการวัดค่าการส่องสว่างในสถานที่จริงเพื่อเปรียบเทียบกับการจำลองสภาพเสมือนจริงของสถานที่จริงในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ซึ่งแบ่งออกเป็น 5 กรณีศึกษา, ผลการวิจัยจากการจำลองสภาพเสมือนจริงของโคมไฟที่ใช้เทคนิคการให้แสงเฉพาะที่เพื่อเสริมการให้แสงในบริเวณทั่วไปในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ซึ่งแบ่งออกเป็นการจำลองห้องทำงานเดี่ยวเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพแสงสว่างของโคมไฟที่ใช้โคมไฟซึ่งใช้เทคนิคการให้แสงเฉพาะที่เพื่อเสริมการให้แสงในบริเวณทั่วไป (Task–Ambient Luminaire) และการจำลองห้องทำงานรวมเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพพลังงานระหว่างห้องทำงานรวมที่ใช้เทคนิคการให้แสงเฉพาะที่เพื่อเสริมการให้แสงในบริเวณทั่วไป (Task–Ambient Lighting) และห้องทำงานรวมที่ใช้เทคนิคการให้แสงสว่างในพื้นที่ใช้งานในลักษณะทั่วไป (Uniform Lighting)

ส่วนที่ 2 การสร้างโคมไฟเท่าขนาดจริงเพื่อใช้ทดสอบประสิทธิภาพการให้แสงสว่างในขั้นต้น ประกอบด้วยผลการวิจัยของการทดลองสร้างโคมไฟเท่าขนาดจริงเพื่อทดสอบประสิทธิภาพการให้แสงสว่างจากโคมไฟขนาดเท่าจริง ซึ่งเปรียบเทียบระหว่างโคมไฟเท่าขนาดจริงแบบที่ไม่มีตัวกระจายแสง และโคมไฟเท่าขนาดจริงแบบที่มีตัวกระจายแสง

ส่วนที่ 3 การออกแบบพัฒนาโคมไฟเพื่อนำไปสร้างจริงเพื่อใช้ทดสอบประสิทธิภาพการให้แสงสว่าง ประกอบด้วยผลการวิจัยจากการออกแบบพัฒนาโคมไฟต้นแบบเพื่อนำไปสร้างจริง และทดสอบประสิทธิภาพการให้แสงสว่าง

4.1 **การออกแบบโคมไฟขั้นต้นด้วยการจำลองสภาพการให้แสงสว่างเสมือนจริงด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์** (Computer Simulation)

ขั้นตอนการออกแบบโคมไฟขั้นต้นด้วยการจำลองสภาพการให้แสงสว่างเสมือนจริงด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ได้แบ่งผลการวิจัยออกเป็น 2 ส่วนหลัก คือ

1) การวัดค่าการส่องสว่างในสถานที่จริงเพื่อเปรียบเทียบกับการจำลองสภาพเสมือนจริงของสถานที่จริงในโปรแกรมคอมพิวเตอร์

2) การจำลองสภาพเสมือนจริงของโคมไฟที่ใช้เทคนิคการให้แสงเฉพาะที่เพื่อเสริมการให้แสงในบริเวณทั่วไปในโปรแกรมคอมพิวเตอร์

4.1.1 การวัดค่าการส่องสว่างในสถานที่จริงเพื่อเปรียบเทียบกับการจำลองสภาพเสมือนจริงของสถานที่จริงในโปรแกรมคอมพิวเตอร์

ในส่วนนี้จะเป็นผลวิจัยจากการวัดค่าการส่องสว่างเฉพาะแสงส่องลง (Down Light) ตามลักษณะการติดตั้งโคมไฟในสถานที่จริง ซึ่งให้เป็นกรณีศึกษาที่ 1 เพื่อเปรียบเทียบกับผลวิจัยจากการจำลองค่าการส่องสว่างเฉพาะแสงส่องลง (Down Light) จากโปรแกรมคอมพิวเตอร์อย่างง่ายสำหรับการจำลองสภาพแสงสว่างภายในอาคาร คือ DIALux 4.6 Light ซึ่งแบ่งออกเป็น 4 กรณีศึกษา คือ กรณีศึกษาที่ 2 ที่ใช้ค่าการส่องสว่างตามที่วัดได้จริงตามกรณีศึกษาที่ 1 และกรณีศึกษาที่ 3 ที่ใช้ค่าการส่องสว่าง 300 ลักซ์, กรณีศึกษาที่ 4 ที่ใช้ค่าการส่องสว่าง 500 ลักซ์ และกรณีศึกษาที่ 5 ที่ใช้ค่าการส่องสว่าง 700 ลักซ์

การวัดค่าการส่องสว่างนั้น จะทำการวัดที่ระนาบทำงาน (Work Plane) คือ 0.75 เมตร โดยในส่วนผลการวิจัยในตารางซึ่งแสดงไว้ในตารางที่ 4.1–ตารางที่ 4.6 นั้น มีการแทนค่าสัญลักษณ์ในตาราง ดังนี้

E_{max} = ค่าการส่องสว่างสูงสุด (Maximum Illuminance, lx)

E_{min} = ค่าการส่องสว่างต่ำสุด (Minimum Illuminance, lx),

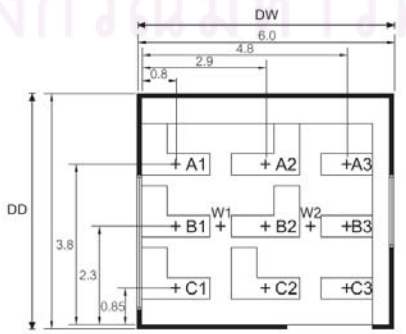
E_{ave} = ค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย (Average Illuminance, lx)

HWP = ระนาบแนวนอนที่ระดับโต๊ะทำงาน (Horizontal Work Plane) ซึ่งวัดค่าการส่องสว่างที่ 0.75 เมตร

HWW = ระนาบแนวนอนที่ระดับโต๊ะทำงานซึ่งวัดที่ทางเดินระหว่างโต๊ะทำงาน (Horizontal Walk Way) ซึ่งวัดค่าการส่องสว่างที่ 0.75 เมตร

DW = ระยะห่างระหว่างโต๊ะทำงาน โดยวัดจากหน้าต่าง (Distance from Window, m) โดยอ้างอิงจากแถวในแนวนอนจากกรณีที่ 1 ซึ่งวัดระยะห่างจากหน้าต่างทิศเหนือถึงกึ่งกลางระนาบทำงาน คือ 0.80, 2.90, 4.80 เมตร และแทนสัญลักษณ์ในกรณีที่ 2–5 คือ 1, 2, 3 ดังแสดงในภาพที่ 4.1

DD = ระยะห่างระหว่างโต๊ะทำงาน โดยวัดจากประตู (Distance from Door, m) โดยอ้างอิงจากแถวในแนวตั้งจากกรณีที่ 1 ซึ่งวัดระยะห่างจากทางออกถึงกึ่งกลางระนาบทำงาน คือ 3.80, 2.30, 0.85 เมตร และแทนสัญลักษณ์ในกรณีที่ 2–5 คือ A, B, C ดังแสดงในภาพที่ 4.1



ภาพที่ 4.1 แสดงตำแหน่งการวัดค่าการส่องสว่างบนโต๊ะทำงานและทางเดินระหว่างโต๊ะทำงาน

4.1.1.1 **กรณีศึกษาที่ 1**

สำหรับในกรณีศึกษาที่ 1 ที่ทำการศึกษาโดยการวัดค่าการส่องสว่างเฉพาะแสงส่องลง (Down Light) ตามลักษณะการติดตั้งโคมไฟในสถานที่จริงนั้นได้เลือกใช้พื้นที่สำนักงานขนาดเล็ก คือ สำนักงานภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยมีผลการวัดค่าการส่องสว่างเฉพาะแสงส่องลง (Down Light) ที่ระนาบแนวนอนที่ระดับโต๊ะทำงานเฉพาะพื้นที่โต๊ะทำงาน (Horizontal Work Plane) และที่ระนาบแนวนอนที่ระดับโต๊ะทำงานซึ่งวัดที่ทางเดินระหว่างโต๊ะทำงาน (Horizontal Walk Way) ดังแสดงในตารางที่ 4.1 และตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.1 แสดงประสิทธิภาพแสงสว่างของโคมไฟในสถานที่จริงของสำนักงานในกรณีศึกษาที่ 1 ซึ่งวัดค่าการส่องสว่างที่ระนาบแนวนอนที่ระดับโต๊ะทำงานเฉพาะพื้นที่โต๊ะทำงาน (Horizontal Work Plane)

Lighting Performance : Horizontal Work Plane				
HWP		DW		
		1	2	3
DD	A	400.00	466.00	469.00
	B	692.00	673.00	627.00
	C	791.00	633.00	330.00
E_{min} (lx)		330.00		
E_{max} (lx)		791.00		
E_{ave} (lx)		563.50		

ตารางที่ 4.2 แสดงประสิทธิภาพแสงสว่างของโคมไฟในสถานที่จริงของสำนักงานในกรณีศึกษาที่ 1 ซึ่งวัดค่าการส่องสว่างที่ระนาบแนวนอนที่ระดับโต๊ะทำงานซึ่งวัดที่ทางเดินระหว่างโต๊ะทำงาน (Horizontal Walk Way)

Lighting Performance : Horizontal Work Plane			
HWW		DW	
		1	2
DD	1	682.00	830.00
E_{min} (lx)		682.00	
E_{max} (lx)		830.00	
E_{ave} (lx)		756.00	

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากการวัดค่าการส่องสว่างเฉพาะแสงส่องลง ที่ระนาบแนวนอนที่ระดับโต๊ะทำงานเฉพาะพื้นที่โต๊ะทำงานของโต๊ะทำงานจำนวน 9 ตัว ของกรณีที่ 1 ดังแสดงในตารางที่ 4.1 พบว่า ค่าการส่องสว่างต่ำสุด (E_{min}) มีค่า 330 ลักซ์, ค่าการส่องสว่างสูงสุด (E_{max}) มีค่า 791 ลักซ์ และค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย (E_{ave}) มีค่า 563.5 ลักซ์

จากการวัดค่าการส่องสว่างเฉพาะแสงส่องลง ที่ระนาบแนวนอนที่ระดับโต๊ะทำงานซึ่งวัดที่ทางเดินระหว่างโต๊ะทำงานของทางเดินระหว่างโต๊ะทำงาน 2 แถว ดังแสดงในตารางที่ 4.2 พบว่า ค่าการส่องสว่างต่ำสุด (E_{min}) มีค่า 682 ลักซ์, ค่าการส่องสว่างสูงสุด (E_{max}) มีค่า 830 ลักซ์ และค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย (E_{ave}) มีค่า 765 ลักซ์

พื้นที่ทำงานในสำนักงาน ขนาด 33 ตารางเมตร ได้ใช้โคมไฟชนิดฝังหน้าตะแกรง ชุดละ 3 หลอด แต่ได้ใส่หลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ 36 วัตต์ เพียงชุดละ 2 หลอด เป็นจำนวนทั้งหมด 6 ชุด ดังนั้นจึงมีหลอดไฟ 36 วัตต์ จำนวน 12 หลอด จึงมีค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างภายใน = (12 x 36) / 33 = 13.09 วัตต์/ตารางเมตร

4.1.1.2 กรณีศึกษาที่ 2

สำหรับในกรณีศึกษาที่ 2 ที่ได้จำลองสภาพเสมือนจริงของสถานที่จริงในโปรแกรมคอมพิวเตอร์โดยการวางโคมไฟดังการวัดค่าจริงในกรณีศึกษามากที่สุด เพื่อให้สัมพันธ์กับการตั้งค่าของค่าการส่องสว่างไว้ที่ 600 ลักซ์ ในโปรแกรม DIALux 4.6 Light โดยมีผลการวัดค่าการส่องสว่างเฉพาะแสงส่องลง (Down Light) ที่ระนาบแนวนอนที่ระดับโต๊ะทำงานเฉพาะพื้นที่โต๊ะทำงาน (Horizontal Work Plane) ดังแสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 แสดงประสิทธิภาพแสงสว่างของโคมไฟในสถานที่จริงของสำนักงานในกรณีศึกษาที่ 2 ซึ่งวัดค่าการส่องสว่างที่ระนาบแนวนอนที่ระดับโต๊ะทำงานเฉพาะพื้นที่โต๊ะทำงาน (Horizontal Work Plane)

Lighting Performance : Horizontal Work Plane				
HWP		DW		
		1	2	3
DD	A	500.00	600.00	500.00
	B	700.00	700.00	700.00
	C	500.00	600.00	500.00
E_{min} (lx)		500.00		
E_{max} (lx)		700.00		
E_{ave} (lx)		596.30		

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากการวัดค่าการส่องสว่างเฉพาะแสงส่องลง ที่ระนาบแนวนอนที่ระดับโต๊ะทำงานเฉพาะพื้นที่โต๊ะทำงานของโต๊ะทำงานจำนวน 9 ตัวของกรณีที่ 2 ดังแสดงในตารางที่ 4.3 พบว่า ค่าการส่องสว่างต่ำสุด (E_{min}) มีค่า 500 ลักซ์, ค่าการส่องสว่างสูงสุด (E_{max}) มีค่า 700 ลักซ์ และค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย (E_{ave}) มีค่า 596.3 ลักซ์ และมีค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างภายใน = 15.64 วัตต์/ตารางเมตร

4.1.1.3 **กรณีศึกษาที่ 3**

สำหรับในกรณีศึกษาที่ 3 ที่ได้จำลองสภาพเสมือนจริงของสถานที่จริงในโปรแกรมคอมพิวเตอร์โดยการวางโคมไฟดังการวัดค่าจริงในกรณีศึกษามากที่สุด ซึ่งทำการวางโคมไฟเพื่อให้สัมพันธ์กับการตั้งค่าค่าการส่องสว่างไว้ที่ 300 ลักซ์ ซึ่งได้เป็นโคมไฟ 2 แถว แถวละ 2 ชุด รวมเป็นจำนวน 4 ชุด ในโปรแกรม DIALux 4.6 Light โดยมีผลการวัดค่าการส่องสว่างเฉพาะแสงส่องลง (Down Light) ที่ระนาบแนวนอนที่ระดับโต๊ะทำงานเฉพาะพื้นที่โต๊ะทำงาน (Horizontal Work Plane) ดังแสดงในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 แสดงประสิทธิภาพแสงสว่างของโคมไฟในสถานที่จริงของสำนักงานในกรณีศึกษาที่ 3 ซึ่งวัดค่าการส่องสว่างที่ระนาบแนวนอนที่ระดับโต๊ะทำงานเฉพาะพื้นที่โต๊ะทำงาน (Horizontal Work Plane)

Lighting Performance : Horizontal Work Plane				
HWP		DW		
		1	2	3
DD	A	400.00	320.00	400.00
	B	400.00	320.00	400.00
	C	400.00	320.00	400.00
E_{min} (lx)		373.33		
E_{max} (lx)		400.00		
E_{ave} (lx)		391.10		

จากการวัดค่าการส่องสว่างเฉพาะแสงส่องลง ที่ระนาบแนวนอนที่ระดับโต๊ะทำงานเฉพาะพื้นที่โต๊ะทำงานของโต๊ะทำงานจำนวน 9 ตัว ของกรณีที่ 3 ดังแสดงในตารางที่ 4.4 พบว่า ค่าการส่องสว่างต่ำสุด (E_{min}) มีค่า 373.33 ลักซ์, ค่าการส่องสว่างสูงสุด (E_{max}) มีค่า 400 ลักซ์ และค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย (E_{ave}) มีค่า 391.1 ลักซ์ และมีค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างภายใน = 10.42 วัตต์/ตารางเมตร

4.1.1.4 **กรณีศึกษาที่ 4**

สำหรับในกรณีศึกษาที่ 4 ที่ได้จำลองสภาพเสมือนจริงของสถานที่จริงในโปรแกรมคอมพิวเตอร์โดยการวางโคมไฟดังการวัดค่าจริงในกรณีศึกษามากที่สุด ซึ่งทำการวางโคมไฟเพื่อให้สัมพันธ์กับ

ศูนย์วิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การตั้งค่าค่าการส่องสว่างไว้ที่ 500 ลักซ์ ซึ่งได้เป็นโคมไฟ 3 แถว แถวละ 2 ชุด รวมเป็นจำนวน 6 ชุด ในโปรแกรม DIALux 4.6 Light โดยมีผลการวัดค่าการส่องสว่างเฉพาะแสงส่องลง (Down Light) ที่ระนาบแนวนอนที่ระดับโต๊ะทำงานเฉพาะพื้นที่โต๊ะทำงาน (Horizontal Work Plane) ดังแสดงในตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 แสดงประสิทธิภาพแสงสว่างของโคมไฟในสถานที่จริงของสำนักงานในกรณีศึกษาที่ 4 ซึ่งวัดค่าการส่องสว่างที่ระนาบแนวนอนที่ระดับโต๊ะทำงานเฉพาะพื้นที่โต๊ะทำงาน (Horizontal Work Plane)

Lighting Performance : Horizontal Work Plane				
HWP		DW		
		1	2	3
DD	A	500.00	550.00	500.00
	B	500.00	600.00	500.00
	C	500.00	550.00	500.00
E_{min} (lx)		500.00		
E_{max} (lx)		600.00		
E_{ave} (lx)		529.60		

จากการวัดค่าการส่องสว่างเฉพาะแสงส่องลง ที่ระนาบแนวนอนที่ระดับโต๊ะทำงานเฉพาะพื้นที่โต๊ะทำงานของโต๊ะทำงานจำนวน 9 ตัว ของกรณีที่ 4 ดังแสดงในตารางที่ 4.5 พบว่า ค่าการส่องสว่างต่ำสุด (E_{min}) มีค่า 500 ลักซ์, ค่าการส่องสว่างสูงสุด (E_{max}) มีค่า 600 ลักซ์ และค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย (E_{ave}) มีค่า 529.6 ลักซ์ และมีค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างภายใน = 15.64 วัตต์/ตารางเมตร

4.1.1.5 กรณีศึกษาที่ 5

สำหรับในกรณีศึกษาที่ 5 ที่ได้จำลองสภาพเสมือนจริงของสถานที่จริงในโปรแกรมคอมพิวเตอร์โดยการวางโคมไฟดังการวัดค่าจริงในกรณีศึกษามากที่สุด ซึ่งทำการวางโคมไฟเพื่อให้สัมพันธ์กับการตั้งค่าค่าการส่องสว่างไว้ที่ 700 ลักซ์ ซึ่งได้เป็นโคมไฟ 3 แถว แถวละ 3 ชุด รวมเป็นจำนวน 9 ชุด ในโปรแกรม DIALux 4.6 Light โดยมีผลการวัดค่าการส่องสว่างเฉพาะแสงส่องลง (Down Light) ที่ระนาบแนวนอนที่ระดับโต๊ะทำงานเฉพาะพื้นที่โต๊ะทำงาน (Horizontal Work Plane) ดังแสดงในตารางที่ 4.6

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.6 แสดงประสิทธิภาพแสงสว่างของโคมไฟในสถานที่จริงของสำนักงานในกรณีศึกษาที่ 5 ซึ่งวัดค่าการส่องสว่างที่ระนาบแนวนอนที่ระดับโต๊ะทำงานเฉพาะพื้นที่โต๊ะทำงาน (Horizontal Work Plane)

Lighting Performance : Horizontal Work Plane				
HWP		DW		
		1	2	3
DD	A	700.00	770.00	700.00
	B	770.00	910.00	770.00
	C	700.00	770.00	700.00
E_{min} (lx)		700.00		
E_{max} (lx)		910.00		
E_{ave} (lx)		764.80		

จากการวัดค่าการส่องสว่างเฉพาะแสงส่องลง ที่ระนาบแนวนอนที่ระดับโต๊ะทำงานเฉพาะพื้นที่โต๊ะทำงานของโต๊ะทำงานจำนวน 9 ตัว ของกรณีที่ 5 ดังแสดงในตารางที่ 4.6 พบว่า ค่าการส่องสว่างต่ำสุด (E_{min}) มีค่า 700 ลักซ์, ค่าการส่องสว่างสูงสุด (E_{max}) มีค่า 910 ลักซ์ และค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย (E_{ave}) มีค่า 764.8 ลักซ์ และมีค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างภายใน = 23.45 วัตต์/ตารางเมตร

4.1.2 **การจำลองสภาพเสมือนจริงของโคมไฟที่ใช้เทคนิคการให้แสงเฉพาะที่เพื่อเสริมการให้แสงในบริเวณทั่วไปในโปรแกรมคอมพิวเตอร์**

ในส่วนนี้จะเป็นผลวิจัยจากการจำลองสภาพเสมือนจริงของโคมไฟที่ใช้เทคนิคการให้แสงเฉพาะที่เพื่อเสริมการให้แสงในบริเวณทั่วไป (Task–Ambient Lighting) ซึ่งตัวโคมไฟนี้จะเน้นให้สามารถนำไปติดตั้งกับผนังกั้นสำเร็จรูป (Panel) ซึ่งใช้แบ่งพื้นที่ของโต๊ะทำงาน ที่มีระยะห่างทางตั้งที่ติดตั้ง (Installed Vertical Height) และระยะห่างทางนอนที่ติดตั้ง (Installed Horizontal Length) ที่แตกต่างกัน โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการจำลองสภาพแสงสว่างภายในอาคาร คือ DIALux 4.6 ในการจำลองสภาพเสมือนจริงของห้องทำงานเดี่ยวที่ได้ติดตั้งโคมไฟในระยะติดตั้งแตกต่างกันเพื่อดูผลการจำลองประสิทธิภาพแสงสว่าง (Lighting Performance) ซึ่งจะเปรียบเทียบจากการให้แสงสว่างของโคมไฟออกเป็น 3 รูปแบบ คือ แสงส่องขึ้น (Up Light), แสงส่องลง (Down Light) และแสงส่องขึ้น–ส่องลง (Up–Down Light) และจำลองสภาพเสมือนจริงของห้องทำงานรวมที่ได้มีการใช้เทคนิคการให้แสงสว่างที่แตกต่างกัน เพื่อดูผลการจำลองประสิทธิภาพพลังงาน (Energy Performance) ซึ่งจะเปรียบเทียบระหว่างเทคนิคการให้แสงเฉพาะที่เพื่อเสริมการให้แสงในบริเวณทั่วไป (Task–Ambient Lighting) และเทคนิคการให้แสงสว่างในพื้นที่ใช้งานในลักษณะทั่วไป (Uniform Lighting)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.1.2.1 **การจำลองห้องทำงานเดี่ยวเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพแสงสว่าง** (Lighting Performance) **ของโคมไฟ**

ผลวิจัยจากการจำลองห้องทำงานเดี่ยวขนาด 9.00 ตารางเมตร มีโต๊ะทำงานที่มีความสูงจากพื้น–ระนาบทำงาน (Work Plane, WP) = 0.75 เมตร พร้อมผนังกั้น จำนวน 1 ชุด โดยจะทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพแสงสว่าง (Lighting Performance) ระหว่างการใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ T5 14 W HE และ T5 24 W HO ของโคมไฟที่ใช้เทคนิคการให้แสงเฉพาะที่เพื่อเสริมการให้แสงในบริเวณทั่วไป (Task–Ambient Luminaire) โดยมีทิศทางของการติดตั้งหลอดฟลูออเรสเซนต์ของโคมไฟ 3 รูปแบบ คือ แสงส่องขึ้น (Up Light), แสงส่องลง (Down Light) และแสงส่องขึ้น–ส่องลง (Up–Down Light)

การวัดค่าการส่องสว่างนั้น จะทำการวัดที่ระนาบแนวนอนที่ระดับโต๊ะทำงานเฉพาะพื้นที่โต๊ะทำงาน (Horizontal Work Plane) คือ 0.75 เมตร โดยในส่วนผลการวิจัยในตารางซึ่งแสดงไว้ในตารางที่ 4.7–ตารางที่ 4.12 นั้น มีการแทนค่าสัญลักษณ์ในตาราง ดังนี้

E_{max} = ค่าการส่องสว่างสูงสุด (Maximum Illuminance, lx)

E_{min} = ค่าการส่องสว่างต่ำสุด (Minimum Illuminance, lx),

E_{ave} = ค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย (Average Illuminance, lx)

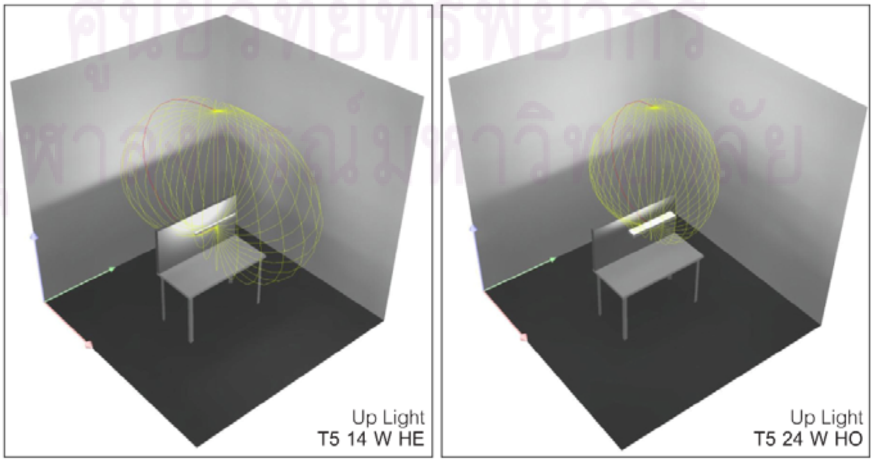
U_m = ค่าความสม่ำเสมอของปริมาณแสงสว่างแบบเฉลี่ย (Average Uniformity)

VH = ระยะห่างทางตั้งที่ติดตั้ง (Installed Vertical Height, m) โคมไฟ

HL = ระยะห่างทางนอนที่ติดตั้ง (Installed Horizontal Length, m) โคมไฟ

4.1.2.1.1 **เฉพาะแสงส่องขึ้น** (Up Light)

จากการจำลองสภาพเสมือนจริงของโคมไฟที่มีรูปแบบการให้แสงสว่างเฉพาะแสงส่องขึ้น ดังแสดงในภาพที่ 4.2 นั้นมีประสิทธิภาพแสงสว่าง ดังแสดงในตารางที่ 4.7 และตารางที่ 4.8 ดังนี้



ภาพที่ 4.2 แสดงมุมมองทัศนียภาพของโคมไฟเฉพาะแสงส่องขึ้น ระหว่าง T5 14 W HE และ T5 24 W HO

ตารางที่ 4.7 แสดงประสิทธิภาพแสงสว่างของโคมไฟเฉพาะแสงส่องขึ้น (VH = 0.50–0.70)

Lighting Performance : Horizontal Work Plane : UP LIGHT									
INSTALLED POSITION (m)		ILLUMINANCE (lx)							
		E_{min}		E_{max}		E_{ave}		U_m	
VH	HL	14W HE	24W HO	14W HE	24W HO	14W HE	24W HO	14W HE	24W HO
0.50	0.05	19.00	30.00	68.00	34.00	35.00	33.00	0.28	0.88
	0.15	20.00	31.00	63.00	36.00	30.00	34.00	0.31	0.88
	0.30	21.00	33.00	56.00	36.00	28.00	34.00	0.38	0.91
0.60	0.05	19.00	30.00	52.00	34.00	28.00	32.00	0.37	0.89
	0.15	19.00	31.00	45.00	34.00	25.00	33.00	0.42	0.91
	0.30	21.00	32.00	36.00	35.00	25.00	34.00	0.59	0.92
0.70	0.05	18.00	29.00	41.00	33.00	25.00	31.00	0.44	0.88
	0.15	19.00	31.00	34.00	34.00	22.00	33.00	0.55	0.89
	0.30	20.00	32.00	27.00	35.00	22.00	34.00	0.76	0.93

ตารางที่ 4.8 แสดงประสิทธิภาพแสงสว่างของโคมไฟเฉพาะแสงส่องขึ้น (VH = 0.80–1.00)

Lighting Performance : Horizontal Work Plane : UP LIGHT									
INSTALLED POSITION (m)		ILLUMINANCE (lx)							
		E_{min}		E_{max}		E_{ave}		U_m	
VH	HL	14W HE	24W HO	14W HE	24W HO	14W HE	24W HO	14W HE	24W HO
0.80	0.05	18.00	28.00	33.00	33.00	22.00	31.00	0.54	0.87
	0.15	18.00	31.00	27.00	34.00	21.00	33.00	0.68	0.91
	0.30	19.00	31.00	23.00	35.00	21.00	33.00	0.85	0.89
0.90	0.05	18.00	28.00	27.00	33.00	20.00	31.00	0.64	0.87
	0.15	18.00	31.00	23.00	35.00	20.00	33.00	0.80	0.89
	0.30	19.00	32.00	22.00	35.00	21.00	34.00	0.85	0.90
1.00	0.05	17.00	29.00	22.00	32.00	19.00	31.00	0.75	0.91
	0.15	18.00	31.00	21.00	34.00	20.00	33.00	0.87	0.91
	0.30	19.00	32.00	22.00	36.00	21.00	34.00	0.87	0.91

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากการวัดค่าการส่องสว่างเฉพาะแสงส่องขึ้น ที่ระนาบแนวนอนที่ระดับโต๊ะทำงานเฉพาะพื้นที่โต๊ะทำงานของโคมไฟที่ติดตั้งกับผนังกั้นสำเร็จรูปซึ่งใช้แบ่งพื้นที่ของโต๊ะทำงาน ที่มีระยะห่างทางตั้งที่ติดตั้ง 0.50–1.00 เมตร และระยะห่างทางนอนที่ติดตั้ง 0.05–0.30 เมตร พบว่า

ค่าการส่องสว่างต่ำสุด (E_{min}) ของหลอด T5 14 W HE มีค่าอยู่ระหว่าง 17–21 ลักซ์ และหลอด T5 24 W HO มีค่าอยู่ระหว่าง 28–33 ลักซ์

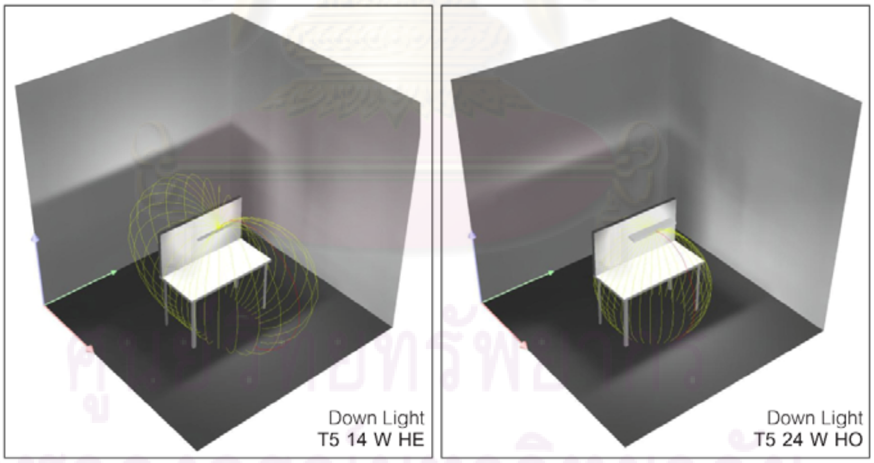
ค่าการส่องสว่างสูงสุด (E_{max}) ของหลอด T5 14 W HE มีค่าอยู่ระหว่าง 21–68 ลักซ์ และหลอด T5 24 W HO มีค่าอยู่ระหว่าง 32–36 ลักซ์

ค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย (E_{ave}) ของหลอด T5 14 W HE มีค่าอยู่ระหว่าง19 – 30 ลักซ์ และหลอด T5 24 W HO มีค่าอยู่ระหว่าง 31–34 ลักซ์

ค่าความสม่ำเสมอของปริมาณแสงสว่างแบบเฉลี่ย (U_m) ของหลอด T5 14 W HE มีค่าอยู่ระหว่าง 0.28–0.87 และหลอด T5 24 W HO มีค่าอยู่ระหว่าง 0.88–0.91

4.1.2.1.2 **เฉพาะแสงส่องลง** (Down Light)

จากการจำลองสภาพเสมือนจริงของโคมไฟที่มีรูปแบบการให้แสงสว่างเฉพาะแสงส่องลง ดังแสดงในภาพที่ 4.3 นั้นมีประสิทธิภาพแสงสว่าง ดังแสดงในตารางที่ 4.9 และตารางที่ 4.10 ดังนี้



ภาพที่ 4.3 แสดงมุมมองทัศนียภาพของโคมไฟเฉพาะแสงส่องลง ระหว่าง T5 14 W HE และ T5 24 W HO

ตารางที่ 4.9 แสดงประสิทธิภาพแสงสว่างของโคมไฟเฉพาะแสงส่องลง (VH = 0.50–0.70)

Lighting Performance : Horizontal Work Plane : DOWN LIGHT									
INSTALLED POSITION (m)		ILLUMINANCE (lx)							
		E_{min}		E_{max}		E_{ave}		U_{m}	
VH	HL	14W HE	24W HO	14W HE	24W HO	14W HE	24W HO	14W HE	24W HO
0.50	0.05	90.00	165.00	496.00	1406.00	263.00	645.00	0.18	0.12
	0.15	100.00	195.00	506.00	1429.00	287.00	735.00	0.20	0.14
	0.30	112.00	250.00	489.00	1375.00	294.00	764.00	0.23	0.18
0.60	0.05	93.00	181.00	358.00	1033.00	217.00	543.00	0.26	0.18
	0.15	101.00	212.00	369.00	1043.00	233.00	608.00	0.27	0.20
	0.30	111.00	258.00	362.00	1017.00	239.00	629.00	0.31	0.25
0.70	0.05	92.00	189.00	272.00	780.00	182.00	464.00	0.34	0.24
	0.15	98.00	216.00	280.00	791.00	192.00	507.00	0.35	0.27
	0.30	106.00	251.00	277.00	778.00	196.00	523.00	0.38	0.32

ตารางที่ 4.10 แสดงประสิทธิภาพแสงสว่างของโคมไฟเฉพาะแสงส่องลง (VH = 0.80–1.00)

Lighting Performance : Horizontal Work Plane : DOWN LIGHT									
INSTALLED POSITION (m)		ILLUMINANCE (lx)							
		E_{min}		E_{max}		E_{ave}		U_{m}	
VH	HL	14W HE	24W HO	14W HE	24W HO	14W HE	24W HO	14W HE	24W HO
0.80	0.05	87.00	184.00	213.00	604.00	153.00	391.00	0.41	0.31
	0.15	92.00	211.00	220.00	617.00	161.00	427.00	0.42	0.34
	0.30	98.00	240.00	219.00	612.00	164.00	438.00	0.45	0.39
0.90	0.05	81.00	176.00	172.00	484.00	131.00	334.00	0.48	0.36
	0.15	86.00	201.00	177.00	494.00	136.00	362.00	0.49	0.41
	0.30	89.00	225.00	177.00	493.00	139.00	372.00	0.50	0.46
1.00	0.05	75.00	168.00	141.00	398.00	112.00	290.00	0.53	0.42
	0.15	79.00	189.00	145.00	405.00	117.00	311.00	0.54	0.47
	0.30	82.00	208.00	146.00	404.00	119.00	319.00	0.56	0.51

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากการวัดค่าการส่องสว่างเฉพาะแสงส่องลง ที่ระนาบแนวนอนที่ระดับโต๊ะทำงานเฉพาะพื้นที่โต๊ะทำงานของโคมไฟที่ติดตั้งกับผนังกั้นสำเร็จรูปซึ่งใช้แบ่งพื้นที่ของโต๊ะทำงาน ที่มีระยะห่างทางตั้งที่ติดตั้ง 0.50–1.00 เมตร และระยะห่างทางนอนที่ติดตั้ง 0.05–0.30 เมตร พบว่า

ค่าการส่องสว่างต่ำสุด (E_{min}) ของหลอด T5 14 W HE มีค่าอยู่ระหว่าง 75–112 ลักซ์ และหลอด T5 24 W HO มีค่าอยู่ระหว่าง 168–258 ลักซ์

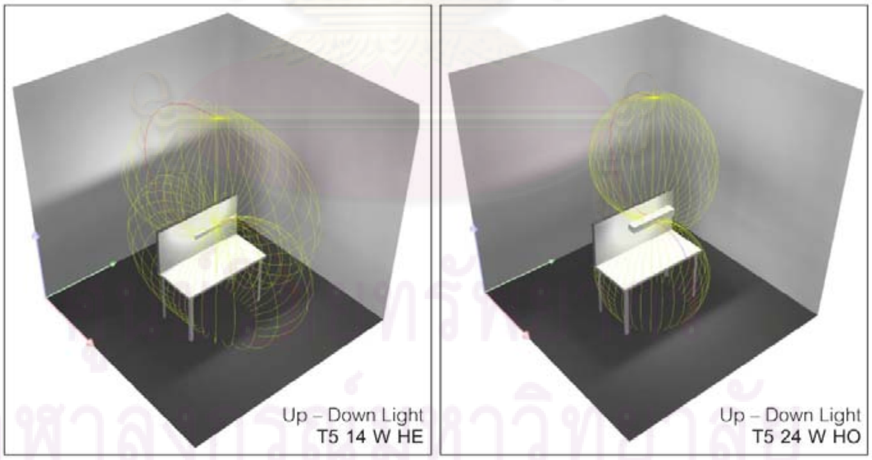
ค่าการส่องสว่างสูงสุด (E_{max}) ของหลอด T5 14 W HE มีค่าอยู่ระหว่าง 141–506 ลักซ์ และหลอด T5 24 W HO มีค่าอยู่ระหว่าง 398–1429 ลักซ์

ค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย (E_{ave}) ของหลอด T5 14 W HE มีค่าอยู่ระหว่าง 112–294 ลักซ์ และหลอด T5 24 W HO มีค่าอยู่ระหว่าง 290–764 ลักซ์

ค่าความสม่ำเสมอของปริมาณแสงสว่างแบบเฉลี่ย (U_m) ของหลอด T5 14 W HE มีค่าอยู่ระหว่าง 0.18–0.56 และหลอด T5 24 W HO มีค่าอยู่ระหว่าง 0.12–0.51

4.1.2.1.3 **ทั้งแสงส่องขึ้น–ส่องลง** (Up–Down Light)

จากการจำลองสภาพเสมือนจริงของโคมไฟที่มีรูปแบบการให้แสงสว่างทั้งแสงส่องขึ้น–ส่องลง ดังแสดงในภาพที่ 4.4 นั้นมีประสิทธิภาพแสงสว่าง ดังแสดงในตารางที่ 4.11 และตารางที่ 4.12 ดังนี้



ภาพที่ 4.4 แสดงมุมมองทัศนียภาพของโคมไฟเฉพาะแสงส่องขึ้น–ส่องลง ระหว่าง T5 14 W HE และ T5 24 W HO

ตารางที่ 4.11 แสดงประสิทธิภาพแสงสว่างของโคมไฟทั้งแสงส่องขึ้น–ส่องลง (VH = 0.50–0.70)

Lighting Performance : Horizontal Work Plane : UP–DOWN LIGHT									
INSTALLED POSITION (m)		ILLUMINANCE (lx)							
		E_{min}		E_{max}		E_{ave}		U_m	
VH	HL	14W HE	24W HO	14W HE	24W HO	14W HE	24W HO	14W HE	24W HO
0.50	0.05	117.00	195.00	519.00	1446.00	289.00	673.00	0.23	0.14
	0.15	127.00	225.00	529.00	1460.00	312.00	765.00	0.24	0.15
	0.30	133.00	283.00	515.00	1404.00	318.00	795.00	0.26	0.20
0.60	0.05	119.00	212.00	380.00	1063.00	240.00	571.00	0.31	0.20
	0.15	124.00	243.00	392.00	1071.00	255.00	639.00	0.32	0.23
	0.30	131.00	292.00	386.00	1046.00	261.00	659.00	0.34	0.28
0.70	0.05	115.00	221.00	293.00	810.00	203.00	492.00	0.39	0.27
	0.15	118.00	247.00	302.00	821.00	212.00	537.00	0.39	0.30
	0.30	123.00	286.00	300.00	807.00	216.00	553.00	0.41	0.36

ตารางที่ 4.12 แสดงประสิทธิภาพแสงสว่างของโคมไฟทั้งแสงส่องขึ้น–ส่องลง (VH = 0.80–1.00)

Lighting Performance : Horizontal Work Plane : UP–DOWN LIGHT									
INSTALLED POSITION (m)		ILLUMINANCE (lx)							
		E_{min}		E_{max}		E_{ave}		U_m	
VH	HL	14W HE	24W HO	14W HE	24W HO	14W HE	24W HO	14W HE	24W HO
0.80	0.05	107.00	216.00	232.00	634.00	172.00	420.00	0.46	0.34
	0.15	112.00	242.00	240.00	647.00	179.00	457.00	0.47	0.37
	0.30	115.00	273.00	240.00	641.00	183.00	470.00	0.48	0.43
0.90	0.05	100.00	207.00	189.00	515.00	148.00	363.00	0.53	0.40
	0.15	105.00	234.00	196.00	525.00	155.00	393.00	0.54	0.45
	0.30	109.00	259.00	197.00	522.00	158.00	404.00	0.56	0.50
1.00	0.05	95.00	202.00	158.00	426.00	129.00	320.00	0.60	0.48
	0.15	100.00	224.00	163.00	435.00	135.00	342.00	0.61	0.51
	0.30	104.00	239.00	165.00	435.00	138.00	352.00	0.63	0.55

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากการวัดค่าการส่องสว่างทั้งแสงส่องขึ้น–ส่องลง ที่ระนาบแนวนอนที่ระดับโต๊ะทำงานเฉพาะพื้นที่โต๊ะทำงานของโคมไฟที่ติดตั้งกับผนังกั้นสำเร็จรูปซึ่งใช้แบ่งพื้นที่ของโต๊ะทำงาน ที่มีระยะห่างทางตั้งที่ติดตั้ง 0.50–1.00 เมตร และระยะห่างทางนอนที่ติดตั้ง 0.05–0.30 เมตร พบว่า

ค่าการส่องสว่างต่ำสุด (E_{min}) ของหลอด T5 14 W HE มีค่าอยู่ระหว่าง 95–133 ลักซ์ และหลอด T5 24 W HO มีค่าอยู่ระหว่าง 195–292 ลักซ์

ค่าการส่องสว่างสูงสุด (E_{max}) ของหลอด T5 14 W HE มีค่าอยู่ระหว่าง 158–529 ลักซ์ และหลอด T5 24 W HO มีค่าอยู่ระหว่าง 426–1460 ลักซ์

ค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย (E_{ave}) ของหลอด T5 14 W HE มีค่าอยู่ระหว่าง 129–318 ลักซ์ และหลอด T5 24 W HO มีค่าอยู่ระหว่าง 320–795 ลักซ์

ค่าความสม่ำเสมอของปริมาณแสงสว่างแบบเฉลี่ย (U_m) ของหลอด T5 14 W HE มีค่าอยู่ระหว่าง 0.23–0.63 และหลอด T5 24 W HO มีค่าอยู่ระหว่าง 0.14–0.55

4.1.2.2 การจำลองห้องทำงานรวมเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพพลังงาน (Energy Performance) ของเทคนิคการให้แสงสว่าง

ผลวิจัยจากการจำลองห้องทำงานรวมขนาด 27.00 ตารางเมตร มีโต๊ะทำงานขนาดที่มีความสูงจากพื้น–ระนาบทำงาน (Work Plane, WP) = 0.75 เมตร พร้อมผนังกั้น จำนวน 8 ชุด (Desk 1–Desk 8) ซึ่งการจัดเรียงโต๊ะทำงานทั้ง 8 ชุดนี้ทำให้เกิดพื้นที่ทางเดินด้านข้างโต๊ะติดกับผนังห้องทำงาน (Area 1), พื้นที่ทางเดินด้านหลังโต๊ะติดกับผนังห้องทำงาน (Area 2) และพื้นที่ทางเดินตรงกลางระหว่างโต๊ะ (Area 3) โดยจะทำการเปรียบประสิทธิภาพพลังงาน (Energy Performance) ระหว่างเทคนิคการให้แสงเฉพาะที่เพื่อเสริมการให้แสงในบริเวณทั่วไป (Task–Ambient Lighting) และเทคนิคการให้แสงสว่างในพื้นที่ใช้งานในลักษณะทั่วไป (Uniform Lighting)

การวัดค่าการส่องสว่างนั้น จะทำการวัดที่ระนาบแนวนอนที่ระดับโต๊ะทำงานเฉพาะพื้นที่โต๊ะทำงาน (Horizontal Work Plane) คือ 0.75 เมตร โดยในส่วนผลการวิจัยในตารางซึ่งแสดงไว้ในตารางที่ 4.13–ตารางที่ 4.18 นั้น มีการแทนค่าสัญลักษณ์ในตาราง ดังนี้

E_{max} = ค่าการส่องสว่างสูงสุด (Maximum Illuminance, lx)

E_{min} = ค่าการส่องสว่างต่ำสุด (Minimum Illuminance, lx)

E_{ave} = ค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย (Average Illuminance, lx)

U_m = ค่าความสม่ำเสมอของปริมาณแสงสว่างแบบเฉลี่ย (Average Uniformity)

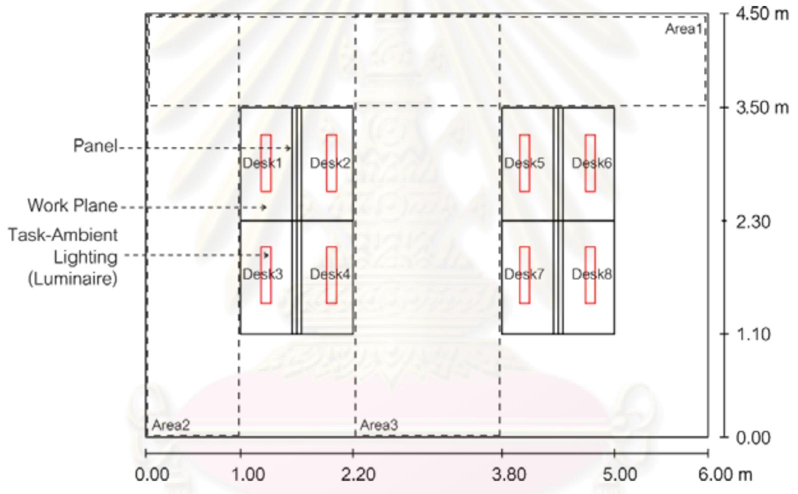
TAL = เทคนิคการให้แสงเฉพาะที่เพื่อเสริมการให้แสงในบริเวณทั่วไป (Task–Ambient Lighting)

UNI = เทคนิคการให้แสงสว่างในพื้นที่ใช้งานในลักษณะทั่วไป (Uniform Lighting)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.1.2.2.1 **ห้องทำงานรวมที่ใช้เทคนิคการให้แสงเฉพาะที่เพื่อเสริมการให้แสงในบริเวณทั่วไป** (Task–Ambient Lighting)

จากการจำลองสภาพเสมือนจริงห้องทำงานรวมที่ใช้เทคนิคการให้แสงเฉพาะที่เพื่อเสริมการให้แสงในบริเวณทั่วไป (Task–Ambient Lighting) ขนาด 27 ตารางเมตร มีจำนวนหลอดฟลูออเรสเซนต์ T5 24 W HO เป็นจำนวนทั้งสิ้น 16 หลอด ซึ่งแบ่งออกเป็นหลอดฟลูออเรสเซนต์เพื่อการให้แสงในบริเวณทั่วไป (Ambient Lighting) 8 หลอด และหลอดฟลูออเรสเซนต์เพื่อการให้แสงเฉพาะที่ (Task Lighting) 8 หลอด ซึ่งแต่ละหลอดมีค่าพลังงานไฟฟ้า 24 วัตต์ โดยในการทดสอบประสิทธิภาพพลังงาน (Energy Performance) คือ ค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างภายใน (Lighting Power Density, LPD) นั้นจะคิดเพียงแค่หลอดฟลูออเรสเซนต์เพื่อการให้แสงในบริเวณทั่วไป (Ambient Lighting) 8 หลอด เท่านั้น โดยห้องทำงานรวม ดังแสดงในภาพที่ 4.5 นั้นมีประสิทธิภาพพลังงาน ดังแสดงในตารางที่ 4.13–ตารางที่ 4.15 ดังนี้



ภาพที่ 4.5 แสดงมุมมองด้านบนของห้องทำงานรวมที่ใช้เทคนิค Task–Ambient Lighting

ตารางที่ 4.13 แสดงประสิทธิภาพพลังงานของห้องทำงานรวมที่ใช้เทคนิค Task–Ambient Lighting

Energy Performance : Horizontal Work Plane : TAL				
AREA (m^2)	T5 24W HO (SET)	POWER/SET (W)	TOTAL POWER (W)	LPD (W/m^2)
27.00	8	24.00	192.00	7.11

ตารางที่ 4.14 แสดงประสิทธิภาพแสงสว่างของโต๊ะทำงานทั้ง 8 ชุด ของห้องทำงานที่ใช้เทคนิค Task–Ambient Lighting

Lighting Performance : Horizontal Work Plane : TAL				
DESK + AREA	Illuminance, E (lx)			
	E_{min}	E_{max}	E_{ave}	U_m
D1	410.00	1158.00	810.00	0.51
D2	438.00	1191.00	844.00	0.52
D3	409.00	1160.00	810.00	0.50
D4	437.00	1191.00	843.00	0.52
D5	441.00	1191.00	843.00	0.52
D6	405.00	1155.00	808.00	0.50
D7	441.00	1195.00	846.00	0.52
D8	406.00	1156.00	808.00	0.50
AVERAGE	423.38	1174.63	826.50	0.51

ตารางที่ 4.15 แสดงประสิทธิภาพแสงสว่างของพื้นที่ทางเดิน 3 พื้นที่ ของห้องทำงานที่ใช้เทคนิค Task–Ambient Lighting

Lighting Performance : Horizontal Work Plane : TAL				
DESK + AREA	Illuminance, E (lx)			
	E_{min}	E_{max}	E_{ave}	U_m
A1	134.00	414.00	207.00	0.65
A2	125.00	833.00	270.00	0.46
A3	173.00	922.00	350.00	0.49
AVERAGE	178.00	921.00	373.00	0.53

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากการวัดค่าการส่องสว่างของโต๊ะทำงานทั้ง 8 ชุด ของห้องทำงานที่ใช้เทคนิคการให้แสงเฉพาะที่เพื่อเสริมการให้แสงในบริเวณทั่วไป ที่ระนาบแนวนอนที่ระดับโต๊ะทำงานเฉพาะพื้นที่โต๊ะทำงาน พบว่า

ค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย (E_{ave}) ของโต๊ะตัวที่ 1–โต๊ะตัวที่ 8 มีค่าระหว่าง 808–846 ลักซ์ และของโต๊ะทุกตัวมีค่าเฉลี่ย 826 ลักซ์

ค่าความสม่ำเสมอของปริมาณแสงสว่างแบบเฉลี่ย (U_m) ของโต๊ะตัวที่ 1–โต๊ะตัวที่ 8 มีค่าระหว่าง 0.5–0.52 และของโต๊ะทุกตัวมีค่าเฉลี่ย 0.51

จากการวัดค่าการส่องสว่างพื้นที่ทางเดิน 3 พื้นที่ ของห้องทำงานที่ใช้เทคนิคการให้แสงเฉพาะที่เพื่อเสริมการให้แสงในบริเวณทั่วไป ที่ระนาบแนวนอนที่ระดับโต๊ะทำงานเฉพาะพื้นที่โต๊ะทำงาน พบว่า

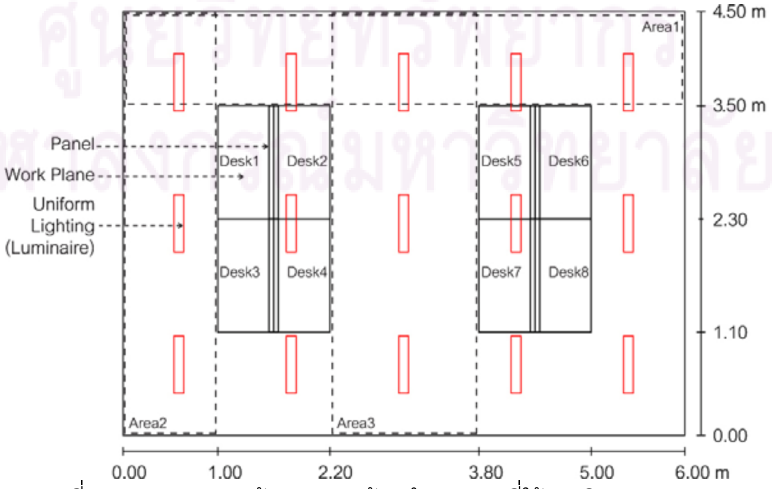
ค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย (E_{ave}) ของพื้นที่ทางเดินด้านข้างโต๊ะติดกับผนังห้องทำงาน (A1) มีค่า 207 ลักซ์, พื้นที่ทางเดินด้านหลังโต๊ะติดกับผนังห้องทำงาน (A2) มีค่า 270 ลักซ์ และพื้นที่ทางเดินตรงกลางระหว่างโต๊ะ (A3) 350 ลักซ์ และของพื้นที่ทางเดินทั้ง 3 พื้นที่มีค่าเฉลี่ย 373 ลักซ์

ค่าความสม่ำเสมอของปริมาณแสงสว่างแบบเฉลี่ย (U_m) ของพื้นที่ทางเดินด้านข้างโต๊ะติดกับผนังห้องทำงาน (A1) มีค่า 0.65, พื้นที่ทางเดินด้านหลังโต๊ะติดกับผนังห้องทำงาน (A2) มีค่า 0.46 และพื้นที่ทางเดินตรงกลางระหว่างโต๊ะ (A3) 0.49 และของพื้นที่ทางเดินทั้ง 3 พื้นที่มีค่าเฉลี่ย มีค่า 0.53

ค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างภายใน (LPD) ของห้องทำงานรวมที่ใช้เทคนิคการให้แสงเฉพาะที่เพื่อเสริมการให้แสงในบริเวณทั่วไป มีค่า 7.11 วัตต์ / ตารางเมตร

4.1.2.2.2 **ห้องทำงานรวมที่ใช้เทคนิคการให้แสงสว่างในพื้นที่ใช้งานในลักษณะทั่วไป** (Uniform Lighting)

จากการจำลองสภาพเสมือนจริงห้องทำงานรวมที่ใช้เทคนิคการให้แสงสว่างในพื้นที่ใช้งานในลักษณะทั่วไป (Uniform Lighting) ขนาด 27 ตารางเมตร มีจำนวนหลอดฟลูออเรสเซนต์ T5 24 W HO เป็นจำนวน 15 หลอด ซึ่งโคมไฟแต่ละชุดนั้นจะประกอบด้วยแหล่งกำเนิดแสงสว่าง คือ หลอดฟลูออเรสเซนต์ T5 24W HO เป็นจำนวน 1 หลอด สำหรับการให้แสงสว่างเฉพาะแสงส่องลง (Down Light) เพื่อการให้แสงในบริเวณทั่วไป (Ambient Lighting) ซึ่งแต่ละหลอดมีค่าพลังงานไฟฟ้า 24 วัตต์ โดยโดยห้องทำงานรวม ดังแสดงในภาพที่ 4.6 นั้นมีประสิทธิภาพพลังงาน ดังแสดงในตารางที่ 4.16–ตารางที่ 4.18 ดังนี้



ภาพที่ 4.6 แสดงมุมมองด้านบนของห้องทำงานรวมที่ใช้เทคนิค Uniform Lighting

ตารางที่ 4.16 แสดงประสิทธิภาพพลังงานของห้องทำงานรวมที่ใช้เทคนิค Uniform Lighting

Energy Performance : Horizontal Work Plane : UNI				
AREA (m^2)	T5 24W HO (SET)	POWER/SET (W)	TOTAL POWER (W)	LPD (W/m^2)
27.00	15	24.00	360.00	13.33

ตารางที่ 4.17 แสดงประสิทธิภาพแสงสว่างของโต๊ะทำงานทั้ง 8 ชุด ของห้องทำงานที่ใช้เทคนิค Uniform Lighting

Lighting Performance : Horizontal Work Plane : UNI				
DESK + AREA	ILLUMINANCE (lx)			
	E_{min}	E_{max}	E_{ave}	U_m
D1	241.00	360.00	321.00	0.75
D2	358.00	473.00	401.00	0.89
D3	245.00	360.00	324.00	0.76
D4	361.00	472.00	403.00	0.90
D5	356.00	473.00	402.00	0.89
D6	271.00	357.00	327.00	0.83
D7	361.00	473.00	405.00	0.89
D8	274.00	357.00	329.00	0.83
AVERAGE	308.38	415.63	364.00	0.84

ตารางที่ 4.18 แสดงประสิทธิภาพแสงสว่างของพื้นที่ทางเดิน 3 พื้นที่ ของห้องทำงานที่ใช้เทคนิค Uniform Lighting

Lighting Performance : Horizontal Work Plane : UNI				
DESK + AREA	ILLUMINANCE (lx)			
	E_{min}	E_{max}	E_{ave}	U_m
A1	278.00	443.00	345.00	0.77
A2	268.00	403.00	341.00	0.77
A3	366.00	499.00	433.00	0.82
AVERAGE	304.00	448.33	373.00	0.79

จากการวัดค่าการส่องสว่างของโต๊ะทำงานทั้ง 8 ชุด ของห้องทำงานที่ใช้เทคนิคการให้แสงสว่างในพื้นที่ใช้งานในลักษณะทั่วไปที่ระนาบแนวนอนที่ระดับโต๊ะทำงานเฉพาะพื้นที่โต๊ะทำงาน พบว่า

ค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย (E_{ave}) ของโต๊ะตัวที่ 1–โต๊ะตัวที่ 8 มีค่าระหว่าง 321–405 ลักซ์ และของโต๊ะทุกตัวมีค่าเฉลี่ย 364 ลักซ์

ค่าความสม่ำเสมอของปริมาณแสงสว่างแบบเฉลี่ย (U_m) ของโต๊ะตัวที่ 1–โต๊ะตัวที่ 8 มีค่าระหว่าง 0.75–0.90 และของโต๊ะทุกตัวมีค่าเฉลี่ย 0.84

จากการวัดค่าการส่องสว่างพื้นที่ทางเดิน 3 พื้นที่ ของห้องทำงานที่ใช้เทคนิคการให้แสงเฉพาะที่เพื่อเสริมการให้แสงในบริเวณทั่วไป ที่ระนาบแนวนอนที่ระดับโต๊ะทำงานเฉพาะพื้นที่โต๊ะทำงาน พบว่า

ค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย (E_{ave}) ของพื้นที่ทางเดินด้านข้างโต๊ะติดกับผนังห้องทำงาน (A1) มีค่า 345 ลักซ์, พื้นที่ทางเดินด้านหลังโต๊ะติดกับผนังห้องทำงาน (A2) มีค่า 341 ลักซ์ และพื้นที่ทางเดินตรงกลางระหว่างโต๊ะ (A3) 433 ลักซ์ และของพื้นที่ทางเดินทั้ง 3 พื้นที่มีค่าเฉลี่ย 373 ลักซ์

ค่าความสม่ำเสมอของปริมาณแสงสว่างแบบเฉลี่ย (U_m) ของพื้นที่ทางเดินด้านข้างโต๊ะติดกับผนังห้องทำงาน (A1) มีค่า 0.81, พื้นที่ทางเดินด้านหลังโต๊ะติดกับผนังห้องทำงาน (A2) มีค่า 0.79 และพื้นที่ทางเดินตรงกลางระหว่างโต๊ะ (A3) 0.85 และของพื้นที่ทางเดินทั้ง 3 พื้นที่มีค่าเฉลี่ย 0.81

ค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างภายใน (LPD) ของห้องทำงานรวมที่ใช้เทคนิคการให้แสงสว่างในพื้นที่ใช้งานในลักษณะทั่วไป มีค่า 13.33 วัตต์ / ตารางเมตร

4.2 การสร้างโคมไฟเท่าขนาดจริงเพื่อใช้ทดสอบประสิทธิภาพการให้แสงสว่างในขั้นต้น (Full–Scale Mock–Up)

ในส่วนนี้จะเป็นผลวิจัยจากการทดลองสร้างโคมไฟเท่าขนาดจริง (Full–Scale Mock–Up) ที่ได้อ้างอิงเกณฑ์ระยะห่างทางตั้งและระยะห่างทางนอนที่ติดตั้ง ซึ่งได้จากขั้นตอนการออกแบบโคมไฟขั้นต้นด้วยการจำลองสภาพการให้แสงสว่างเสมือนจริงด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ (Computer Simulation) โดยจะนำค่าการส่องสว่างที่ได้จากการทดสอบประสิทธิภาพมาเปรียบเทียบกับค่าการส่องสว่างที่ได้จากการจำลองสภาพการให้แสงสว่างเสมือนจริงด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ (Computer Simulation)

4.2.1 การทดสอบประสิทธิภาพการให้แสงสว่างจากโคมไฟขนาดเท่าจริง

การทดสอบประสิทธิภาพการให้แสงสว่างจากโคมไฟขนาดเท่าจริงนั้น ทำโดยการเปรียบเทียบค่าการส่องสว่างที่ได้จากโคมไฟเท่าขนาดจริง (Full–Scale Mock–Up) ทั้ง 2 ชนิด คือ แบบที่ไม่มีตัวกระจายแสง และแบบที่มีตัวกระจายแสง

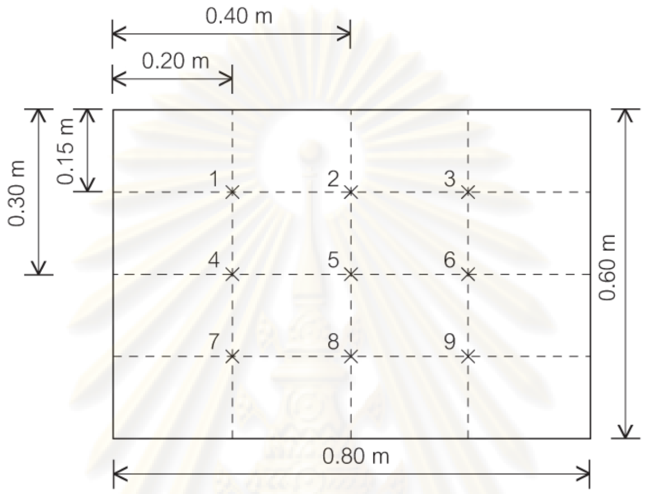
การวัดค่าการส่องสว่างนั้น จะทำการวัดที่ระนาบแนวนอนที่ระดับโต๊ะทำงานเฉพาะพื้นที่โต๊ะทำงาน (Horizontal Work Plane) คือ 0.75 เมตร ดังแสดงในภาพที่ 4.7 โดยในส่วนผลการวิจัยในตารางซึ่งแสดงไว้ในตารางที่ 4.19–ตารางที่ 4.24 นั้น มีการแทนค่าสัญลักษณ์ในตาราง ดังนี้

E_{max} = ค่าการส่องสว่างสูงสุด (Maximum Illuminance, lx) ของการวัดค่าทั้ง 9 จุด

E_{min} = ค่าการส่องสว่างต่ำสุด (Minimum Illuminance, lx) ของการวัดค่าทั้ง 9 จุด

E_{ave} = ค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย (Average Illuminance, lx) ของการวัดค่าทั้ง 9 จุด

U_m = ค่าความสม่ำเสมอของปริมาณแสงสว่างแบบเฉลี่ย (Average Uniformity)



ภาพที่ 4.7 แสดงการวัดค่าการส่องสว่างที่ระนาบทำงานที่แบ่งออกเป็น 9 จุด

4.2.1.1 **โคมไฟเท่าขนาดจริงแบบที่ไม่มีตัวกระจายแสง** (Full–scale Mock–up without Reflector)

โคมไฟเท่าขนาดจริงแบบที่ไม่มีตัวกระจายแสงนั้น ได้แบ่งการวัดค่าการส่องสว่างตามรูปแบบการให้แสงสว่างของโคมไฟออกเป็น 3 รูปแบบ ดังนี้

4.2.1.1.1 **เฉพาะแสงส่องขึ้น** (Up Light)

จากการวัดค่าการส่องสว่างของโคมไฟเท่าขนาดจริงแบบที่ไม่มีตัวจายแสง ที่มีใช้โคมไฟ 1 ชุด ในทิศทางเฉพาะแสงส่องขึ้น ได้ค่าการส่องสว่างจากการวัด 9 จุด ดังแสดงในตารางที่ 4.19

ตารางที่ 4.19 แสดงค่าการส่องสว่างของโคมไฟเท่าขนาดจริงแบบที่ไม่มีตัวกระจายแสง เฉพาะแสงส่องขึ้น

Lighting Performance : Horizontal Work Plane			
MOCKUP	ILLUMINANCE (lx) AT POINT		
: UP LIGHT	54.17	58.67	53.1
NO REFL	57.07	60.37	54.5
TOTAL	52.23	54.57	51.1
E_{min} (lx)	51.1		
E_{max} (lx)	60.37		
E_{ave} (lx)	55.09		
U_m	0.93		

จากการวัดค่าการส่องสว่างของโคมไฟเท่าขนาดจริงแบบที่ไม่มีตัวกระจายแสง เฉพาะแสงส่องขึ้น ที่ระนาบแนวนอนที่ระดับโต๊ะทำงานเฉพาะพื้นที่โต๊ะทำงานทั้ง 9 จุด พบว่า

ค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย (E_{ave}) ของทั้ง 9 จุด มีค่า 55.09 ลักซ์ และค่าความสม่ำเสมอของปริมาณแสงสว่างแบบเฉลี่ย (U_m) ของทั้ง 9 จุด มีค่า 0.93

4.2.1.1.2 **เฉพาะแสงส่องลง** (Down Light)

จากการวัดค่าการส่องสว่างของโคมไฟเท่าขนาดจริงแบบที่ไม่มีตัวจายแสง ที่มีใช้โคมไฟ 1 ชุด ในทิศทางเฉพาะแสงส่องลง ได้ค่าการส่องสว่างจากการวัด 9 จุด ดังแสดงในตารางที่ 4.20

ตารางที่ 4.20 แสดงค่าการส่องสว่างของโคมไฟเท่าขนาดจริงแบบที่ไม่มีตัวกระจายแสง เฉพาะแสงส่องลง

Lighting Performance : Horizontal Work Plane			
MOCKUP	ILLUMINANCE (lx) AT POINT		
: DOWN LIGHT	428.00	499.00	407.00
NO REFL	420.33	483.00	393.67
TOTAL	392.67	445.33	370.33
E_{min} (lx)	370.33		
E_{max} (lx)	499.00		
E_{ave} (lx)	426.59		
U_m	0.87		

จากการวัดค่าการส่องสว่างของโคมไฟเท่าขนาดจริงแบบที่ไม่มีตัวกระจายแสง เฉพาะแสงส่องลง ที่ระนาบแนวนอนที่ระดับโต๊ะทำงานเฉพาะพื้นที่โต๊ะทำงานทั้ง 9 จุด พบว่า

ค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย (E_{ave}) ของทั้ง 9 จุด มีค่า 426.59 ลักซ์ และค่าความสม่ำเสมอของปริมาณแสงสว่างแบบเฉลี่ย (U_m) ของทั้ง 9 จุด มีค่า 0.87

4.2.1.1.3 ทั้งแสงส่องขึ้น–ส่องลง (Up–Down Light)

จากการวัดค่าการส่องสว่างของโคมไฟเท่าขนาดจริงแบบที่ไม่มีตัวจายแสง ที่มีใช้โคมไฟ 2 ชุด ในทิศทางทั้งแสงส่องขึ้น–ส่องลง ได้ค่าการส่องสว่างจากการวัด 9 จุด ดังแสดงในตารางที่ 4.21

ตารางที่ 4.21 แสดงค่าการส่องสว่างของโคมไฟเท่าขนาดจริงแบบที่ไม่มีตัวกระจายแสง ทั้งแสงส่องขึ้น–ส่องลง

Lighting Performance : Horizontal Work Plane			
MOCKUP	ILLUMINANCE (lx) AT POINT		
: UP–DOWN LIGHT	493.67	564.33	469.00
NO REFL	479.33	548.33	454.33
TOTAL	453.33	502.00	420.33
E_{min} (lx)	420.33		
E_{max} (lx)	564.33		
E_{ave} (lx)	487.19		
U_m	0.86		

จากการวัดค่าการส่องสว่างของโคมไฟเท่าขนาดจริงแบบที่ไม่มีตัวกระจายแสง ทั้งแสงส่องขึ้น–ส่องลง ที่ระนาบแนวนอนที่ระดับโต๊ะทำงานเฉพาะพื้นที่โต๊ะทำงานทั้ง 9 จุด พบว่า

ค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย (E_{ave}) ของทั้ง 9 จุด มีค่า 487.19 ลักซ์ และค่าความสม่ำเสมอของปริมาณแสงสว่างแบบเฉลี่ย (U_m) ของทั้ง 9 จุด มีค่า 0.86

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.2.1.2 โคมไฟเท่าขนาดจริงแบบที่มีตัวกระจายแสง (Full–scale Mock–up with Reflector)

โคมไฟเท่าขนาดจริงแบบที่มีตัวกระจายแสงนั้น ได้แบ่งการวัดค่าการส่องสว่างตามรูปแบบการให้แสงสว่างของโคมไฟออกเป็น 3 รูปแบบ ดังนี้

4.2.1.2.1 เฉพาะแสงส่องขึ้น (Up Light)

จากการวัดค่าการส่องสว่างของโคมไฟเท่าขนาดจริงแบบที่มีตัวจายแสง ที่มีใช้โคมไฟ 1 ชุด ในทิศทางเฉพาะแสงส่องขึ้น ได้ค่าการส่องสว่างจากการวัด 9 จุด ดังแสดงในตารางที่ 4.22

ตารางที่ 4.22 แสดงค่าการส่องสว่างของโคมไฟเท่าขนาดจริงแบบที่มีตัวกระจายแสง เฉพาะแสงส่องขึ้น

Lighting Performance : Horizontal Work Plane			
MOCKUP	ILLUMINANCE (lx) AT POINT		
: UP LIGHT	36.87	34.87	36.53
W/ REFL	33.20	30.27	32.73
TOTAL	43.33	41.93	42.20
E_{min} (lx)	30.27		
E_{max} (lx)	43.33		
E_{ave} (lx)	36.88		
U_m	0.82		

จากการวัดค่าการส่องสว่างของโคมไฟเท่าขนาดจริงแบบที่มีตัวกระจายแสง เฉพาะแสงส่องขึ้น ที่ระนาบแนวนอนที่ระดับโต๊ะทำงานเฉพาะพื้นที่โต๊ะทำงานทั้ง 9 จุด พบว่า

ค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย (E_{ave}) ของทั้ง 9 จุด มีค่า 36.88 ลักซ์ และค่าความสม่ำเสมอของปริมาณแสงสว่างแบบเฉลี่ย (U_m) ของทั้ง 9 จุด มีค่า 0.82

4.2.1.2.2 **เฉพาะแสงส่องลง** (Down Light)

จากการวัดค่าการส่องสว่างของโคมไฟเท่าขนาดจริงแบบที่มีตัวจายแสง ที่มีใช้โคมไฟ 1 ชุด ในทิศทางเฉพาะแสงส่องลง ได้ค่าการส่องสว่างจากการวัด 9 จุด ดังแสดงในตารางที่ 4.23

ตารางที่ 4.23 แสดงค่าการส่องสว่างของโคมไฟเท่าขนาดจริงแบบที่มีตัวกระจายแสง เฉพาะแสงส่องลง

Lighting Performance : Horizontal Work Plane			
MOCKUP	ILLUMINANCE (lx) AT POINT		
: DOWN LIGHT	876.00	892.33	692.00
W/ REFL	1312.33	1414.00	1133.00
TOTAL	930.67	1301.67	1295.67
E_{min} (lx)	692.00		
E_{max} (lx)	1414.00		
E_{ave} (lx)	1094.19		
U_m	0.63		

จากการวัดค่าการส่องสว่างของโคมไฟเท่าขนาดจริงแบบที่ไม่มีตัวกระจายแสง เฉพาะแสงส่องลง ที่ระนาบแนวนอนที่ระดับโต๊ะทำงานเฉพาะพื้นที่โต๊ะทำงานทั้ง 9 จุด พบว่า

ค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย (E_{ave}) ของทั้ง 9 จุด มีค่า 1094.19 ลักซ์ และค่าความสม่ำเสมอของปริมาณแสงสว่างแบบเฉลี่ย (U_m) ของทั้ง 9 จุด มีค่า 0.63

4.2.1.2.3 **ทั้งแสงส่องขึ้น–ส่องลง** (Up–Down Light)

จากการวัดค่าการส่องสว่างของโคมไฟเท่าขนาดจริงแบบที่มีตัวจายแสง ที่มีใช้โคมไฟ 2 ชุด ในทิศทางทั้งแสงส่องขึ้น–ส่องลง ได้ค่าการส่องสว่างจากการวัด 9 จุด ดังแสดงในตารางที่ 4.24

ตารางที่ 4.24 แสดงค่าการส่องสว่างของโคมไฟเท่าขนาดจริงแบบที่มีตัวกระจายแสง ทั้งแสงส่องขึ้น–ส่องลง

Lighting Performance : Horizontal Work Plane			
MOCKUP	ILLUMINANCE (lx) AT POINT		
: UP–DOWN LIGHT	942.33	978.33	743.00
W/ REFL	1365.67	1468.67	1186.67
TOTAL	984.00	1354.67	1354.00
E_{min} (lx)	743.00		
E_{max} (lx)	1468.67		
E_{ave} (lx)	1153.04		
U_m	0.64		

จากการวัดค่าการส่องสว่างของโคมไฟเท่าขนาดจริงแบบที่มีตัวกระจายแสง ทั้งแสงส่องขึ้น–ส่องลง ที่ระนาบแนวนอนที่ระดับโต๊ะทำงานเฉพาะพื้นที่โต๊ะทำงานทั้ง 9 จุด พบว่า

ค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย (E_{ave}) ของทั้ง 9 จุด มีค่า 1153.04 ลักซ์ และค่าความสม่ำเสมอของปริมาณแสงสว่างแบบเฉลี่ย (U_m) ของทั้ง 9 จุด มีค่า 0.64

ศูนย์วิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.3 การออกแบบพัฒนาโคมไฟเพื่อนำไปสร้างจริงเพื่อใช้ทดสอบประสิทธิภาพการให้แสงสว่าง (Design Development of Final Prototype)

ในส่วนนี้จะเป็นผลวิจัยจากการออกแบบพัฒนาโคมไฟเพื่อนำไปสร้างจริงเพื่อใช้ทดสอบประสิทธิภาพการให้แสงสว่าง (Design Development of Final Prototype) โดยโคมไฟต้นแบบที่ได้มีการให้แสงสว่างแบ่งออกเป็น 2 ชุด คือ ชุดที่ 1 สำหรับแสงส่องขึ้นเพื่อการให้แสงสว่างในบริเวณทั่วไป ซึ่งเป็นตัวกระจายแสงในลักษณะสมมาตร (Symmetry Reflector) ช่วยกระจายแสงในลักษณะวงกว้างมากที่สุด และชุดที่ 2 สำหรับแสงส่องลงเพื่อการให้แสงสว่างเฉพาะบริเวณพื้นที่ทำงานบนโต๊ะ ซึ่งเป็นตัวกระจายแสงในลักษณะอสมมาตร (Asymmetry Reflector) ช่วยกระจายแสงในลักษณะตัดแสงที่จะสะท้อนไปสู่หน้าจอคอมพิวเตอร์

4.3.1 การทดสอบประสิทธิภาพการให้แสงสว่างจากโคมไฟต้นแบบ

การทดสอบประสิทธิภาพการให้แสงสว่างจากโคมไฟต้นแบบ ซึ่งเป็นโคมไฟที่ใช้เทคนิคการให้แสงเฉพาะที่เพื่อเสริมการให้แสงในบริเวณทั่วไป (Task–Ambient Luminaire) นั้น ทำโดยการเปรียบเทียบค่าการส่องสว่างที่ได้จากกรณีศึกษาซึ่งได้สร้างเงื่อนไข (Condition) ขึ้นมาจากการใช้งานเปิด–ปิด (ON–OFF) และการปรับหรี่ 3 ระดับ (DIM 0%–50%–100%) ของหลอดฟลูออเรสเซนต์ ทั้ง 3 หลอด

การวัดค่าการส่องสว่างนั้น จะทำการวัดที่ระนาบแนวนอนที่ระดับโต๊ะทำงานเฉพาะพื้นที่โต๊ะทำงาน (Horizontal Work Plane) คือ 0.75 เมตร ซึ่งการวัดค่าการส่องสว่างของโคมไฟต้นแบบนั้นจะแบ่งออกเป็น 9 จุดบนโต๊ะทำงาน (D1–D9) และ 7 จุด (F1–F3, R1–R2 และ L1–L2) โดยรอบโต๊ะทำงาน ดังแสดงในภาพที่ 4.8 โดยในส่วนผลการวิจัยในตารางซึ่งแสดงไว้ในตารางที่ 4.25–ตารางที่ 4.45 นั้น มีการแทนค่าสัญลักษณ์ในตาราง ดังนี้

E_{max} = ค่าการส่องสว่างสูงสุด (Maximum Illuminance, lx)

E_{min} = ค่าการส่องสว่างต่ำสุด (Minimum Illuminance, lx),

E_{ave} = ค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย (Average Illuminance, lx)

U_m = ค่าความสม่ำเสมอของปริมาณแสงสว่างแบบเฉลี่ย (Average Uniformity)

DOWN = ชุดหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่ให้แสงสว่างเฉพาะแสงส่องลง

UP1 = ชุดหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่ให้แสงสว่างเฉพาะแสงส่องขึ้น ชุดที่ 1

UP2 = ชุดหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่ให้แสงสว่างเฉพาะแสงส่องขึ้น ชุดที่ 2

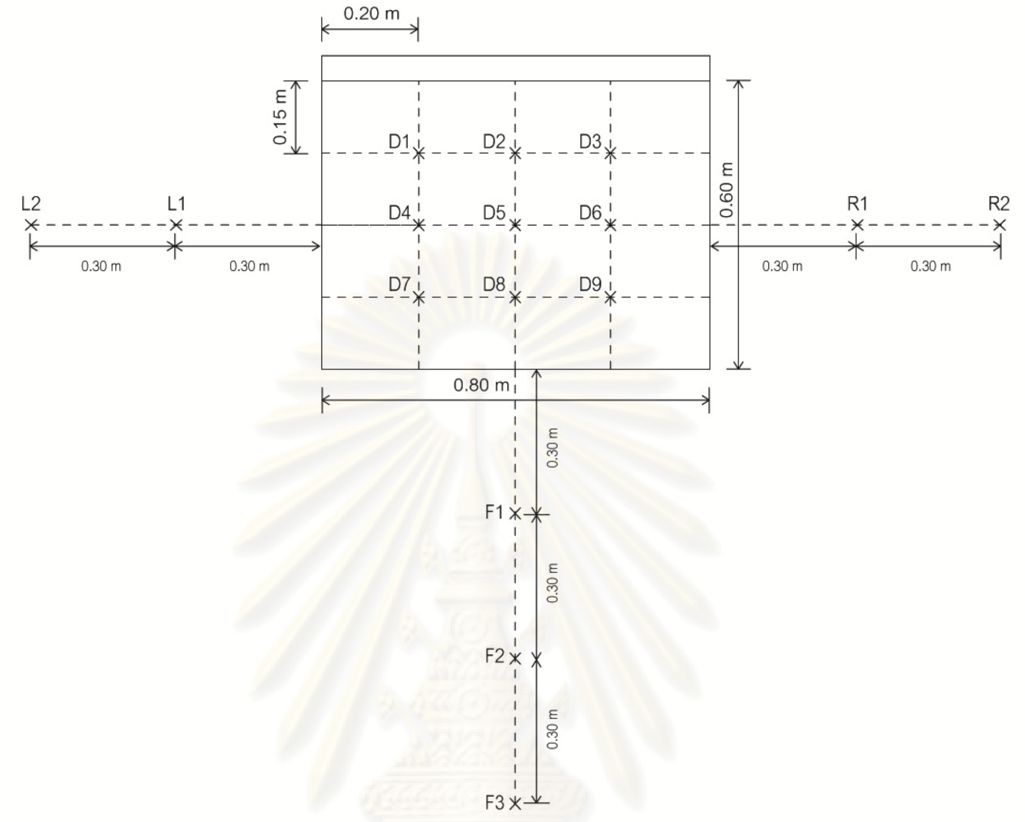
ON = สภาพการเปิด–ปิดหลอดฟลูออเรสเซนต์ แบบเปิด

OFF = สภาพการเปิด–ปิดหลอดฟลูออเรสเซนต์ แบบปิด

Dim 0% = ไม่มีการปรับหรี่ จึงให้แสงสว่างสูงสุด (Maximum Lighting)

Dim 50% = ปรับหรี่ในระดับกึ่งกลาง จึงให้แสงสว่างกึ่งกลาง (Median Lighting)

Dim 100% = ปรับหรี่ในระดับสูงสุด จึงให้แสงสว่างต่ำสุด (Minimum Lighting)



ภาพที่ 4.8 แสดงการวัดค่าการส่องสว่างที่ระนาบทำงานที่แบ่งออกเป็น 9 จุด และรอบโต๊ะ 7 จุด

4.3.1.1 ประสิทธิภาพแสงสว่างของโคมไฟพิจารณาจากกรณี T5 24W DOWN DIM 0%

การวัดค่าการส่องสว่างของโคมไฟต้นแบบในกรณีนี้ จะพิจารณาจากการปรับหรี่หลอดฟลูออเรสเซนต์ T5 24W จำนวน 1 หลอด ให้มีแสงสว่างคงที่ที่ 0% ซึ่งอยู่ในการให้แสงสว่างชุดที่ 2 สำหรับแสงส่องลง เป็นหลัก แล้วจึงปรับหรี่หรือเปิด–ปิดหลอดฟลูออเรสเซนต์ T5 14W ทั้ง 2 หลอด ซึ่งอยู่ในการให้แสงสว่างชุดที่ 1 สำหรับแสงส่องขึ้น ให้เกิดเป็นเงื่อนไขที่แตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 4.25–ตารางที่ 4.29

ตารางที่ 4.25 แสดงประสิทธิภาพแสงสว่างของโคมไฟโดยวัดค่าการส่องสว่างที่ระนาบงานในแนวนอนบนโต๊ะ (Horizontal Work Plane) ซึ่งพิจารณาจากกรณี T5 24W DOWN DIM 0% เป็นหลัก

Lighting Performance : Horizontal Work Plane : WORK PLANE ON DESK										
CASE	CONDITION OF TASK–AMBIENT LUMINAIRE						ILLUMINANCE (lx)			
	24W HO		14W HE							
	DOWN	DIM (%)	UP1	DIM (%)	UP2	DIM (%)	E_{min}	E_{max}	E_{ave}	U_m
1	ON	0	ON	0	ON	0	625.00	902.00	739.77	0.84
2	ON	0	ON	0	ON	50	623.70	915.00	732.77	0.85
3	ON	0	ON	0	ON	100	586.00	868.00	700.43	0.84
4	ON	0	ON	50	ON	50	531.00	844.00	672.66	0.79
5	ON	0	ON	50	ON	100	583.00	821.00	663.77	0.88
6	ON	0	ON	100	ON	100	613.00	868.00	705.77	0.87
7	ON	0	ON	0	OFF	–	633.00	891.00	723.77	0.87
8	ON	0	ON	50	OFF	–	595.00	826.00	670.99	0.89
9	ON	0	ON	100	OFF	–	571.00	803.00	644.10	0.89
10	ON	0	OFF	–	OFF	–	558.00	795.00	640.99	0.87

จากการวัดค่าการส่องสว่างของโคมไฟต้นแบบที่ระนาบงานในแนวนอนบนโต๊ะ (Horizontal Work Plane) ทั้ง 9 จุด บนโต๊ะทำงาน (D1–D9) พบว่า

กรณีที่ 1 เมื่อเปิดหลอดไฟส่องลง T5 24 วัตต์ จำนวน 1 หลอดและหลอดไฟส่องขึ้น T5 14 วัตต์ จำนวน 2 หลอด โดยไม่ปรับหรี่ทั้ง 3 หลอด พบว่าค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย อยู่ที่ 739.77 ลักซ์ และค่าความสม่ำเสมอของปริมาณแสงสว่างแบบเฉลี่ย อยู่ที่ 0.84

กรณีที่ 4 เมื่อเปิดหลอดไฟส่องลง T5 24 วัตต์ จำนวน 1 หลอดและหลอดไฟส่องขึ้น T5 14 วัตต์ จำนวน 2 หลอด โดยปรับหรี่เฉพาะหลอดไฟส่องขึ้นทั้ง 2 หลอด 50% พบว่าค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย อยู่ที่ 672.66 ลักซ์ และค่าความสม่ำเสมอของปริมาณแสงสว่างแบบเฉลี่ย อยู่ที่ 0.79

กรณีที่ 8 เมื่อเปิดหลอดไฟส่องลง T5 24 วัตต์ จำนวน 1 หลอดและหลอดไฟส่องขึ้น T5 14 วัตต์ จำนวน 1 หลอด โดยปรับหรี่เฉพาะหลอดไฟส่องขึ้น 50% พบว่าค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย อยู่ที่ 670.99 ลักซ์ และค่าความสม่ำเสมอของปริมาณแสงสว่างแบบเฉลี่ย อยู่ที่ 0.89

กรณีที่ 10 เมื่อเปิดหลอดไฟส่องลง T5 24 วัตต์ จำนวน 1 หลอด โดยไม่ปรับหรี่ พบว่าค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย อยู่ที่ 640.99 ลักซ์ และค่าความสม่ำเสมอของปริมาณแสงสว่างแบบเฉลี่ย อยู่ที่ 0.87

ตารางที่ 4.26 แสดงประสิทธิภาพแสงสว่างของโคมไฟโดยวัดค่าการส่องสว่างที่ระนาบงานในแนวนอนของห้อง (Horizontal Overall) ซึ่งพิจารณาจากกรณี T5 24W DOWN DIM 0% เป็นหลัก

Lighting Performance : Horizontal Work Plane : OVERALL ROOM										
CASE	CONDITION OF TASK–AMBIENT LUMINAIRE						ILLUMINANCE (lx)			
	24W HO		14W HE							
	DOWN	DIM (%)	UP1	DIM (%)	UP2	DIM (%)	E_{min}	E_{max}	E_{ave}	U_m
1	ON	0	ON	0	ON	0	33.00	314.50	184.64	0.18
2	ON	0	ON	0	ON	50	31.00	316.00	169.50	0.18
3	ON	0	ON	0	ON	100	35.00	287.00	167.93	0.21
4	ON	0	ON	50	ON	50	16.00	270.50	167.21	0.10
5	ON	0	ON	50	ON	100	4.00	279.00	136.64	0.03
6	ON	0	ON	100	ON	100	30.00	311.00	150.09	0.20
7	ON	0	ON	0	OFF	–	52.00	341.00	177.36	0.29
8	ON	0	ON	50	OFF	–	52.00	257.00	146.60	0.35
9	ON	0	ON	100	OFF	–	11.00	244.00	140.67	0.08
10	ON	0	OFF	–	OFF	–	37.00	276.00	128.66	0.29

จากการวัดค่าการส่องสว่างของโคมไฟต้นแบบที่ระนาบงานในแนวนอนของห้อง (Horizontal Overall) ทั้ง 7 จุด (F1–F3, R1–R2 และ L1–L2) โดยรอบโต๊ะทำงานพบว่า

กรณีที่ 1 เมื่อเปิดหลอดไฟส่องลง T5 24 วัตต์ จำนวน 1 หลอดและหลอดไฟส่องขึ้น T5 14 วัตต์ จำนวน 2 หลอด โดยไม่ปรับหรี่ทั้ง 3 หลอด พบว่าค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย อยู่ที่ 184.64 ลักซ์ และค่าความสม่ำเสมอของปริมาณแสงสว่างแบบเฉลี่ย อยู่ที่ 0.18

กรณีที่ 4 เมื่อเปิดหลอดไฟส่องลง T5 24 วัตต์ จำนวน 1 หลอดและหลอดไฟส่องขึ้น T5 14 วัตต์ จำนวน 2 หลอด โดยปรับหรี่เฉพาะหลอดไฟส่องขึ้นทั้ง 2 หลอด 50% พบว่าค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย อยู่ที่ 167.21 ลักซ์ และค่าความสม่ำเสมอของปริมาณแสงสว่างแบบเฉลี่ย อยู่ที่ 0.10

กรณีที่ 8 เมื่อเปิดหลอดไฟส่องลง T5 24 วัตต์ จำนวน 1 หลอดและหลอดไฟส่องขึ้น T5 14 วัตต์ จำนวน 1 หลอด โดยปรับหรี่เฉพาะหลอดไฟส่องขึ้น 50% พบว่าค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย อยู่ที่ 146.60 ลักซ์ และค่าความสม่ำเสมอของปริมาณแสงสว่างแบบเฉลี่ย อยู่ที่ 0.35

กรณีที่ 10 เมื่อเปิดหลอดไฟส่องลง T5 24 วัตต์ จำนวน 1 หลอด โดยไม่ปรับหรี่ พบว่าค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย อยู่ที่128.66 ลักซ์ และค่าความสม่ำเสมอของปริมาณแสงสว่างแบบเฉลี่ย อยู่ที่ 0.29

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.27 แสดงประสิทธิภาพแสงสว่างของโคมไฟโดยวัดค่าการส่องสว่างที่ระนาบงานในแนวนอนบนโต๊ะในแนวที่ 1 (Horizontal Work Plane–Z1) ซึ่งพิจารณาจากกรณี T5 24W DOWN DIM 0% เป็นหลัก

Lighting Performance : Horizontal Work Plane : WORK PLANE ON DESK AT Z1 LINE										
CASE	CONDITION OF TASK–AMBIENT LUMINAIRE						ILLUMINANCE (lx)			
	24W HO		14W HE							
	DOWN	DIM (%)	UP1	DIM (%)	UP2	DIM (%)	E_{min}	E_{max}	E_{ave}	U_m
1	ON	0	ON	0	ON	0	625.00	738.10	684.27	0.91
2	ON	0	ON	0	ON	50	623.70	725.10	659.93	0.95
3	ON	0	ON	0	ON	100	586.00	682.10	639.60	0.92
4	ON	0	ON	50	ON	50	582.00	685.10	630.27	0.92
5	ON	0	ON	50	ON	100	587.00	670.10	614.93	0.95
6	ON	0	ON	100	ON	100	613.00	705.10	657.27	0.93
7	ON	0	ON	0	OFF	–	633.00	728.10	667.60	0.95
8	ON	0	ON	50	OFF	–	597.70	677.10	626.27	0.95
9	ON	0	ON	100	OFF	–	571.00	633.10	594.27	0.96
10	ON	0	OFF	–	OFF	–	558.00	640.10	598.60	0.93

จากการวัดค่าการส่องสว่างของโคมไฟต้นแบบที่ระนาบงานในแนวนอนบนโต๊ะในแนวที่ 1 (Horizontal Work Plane–Z1) ซึ่งวัดเฉพาะ 3 จุด บนโต๊ะทำงาน (D1, D2, D3) พบว่า

กรณีที่ 1 เมื่อเปิดหลอดไฟส่องลง T5 24 วัตต์ จำนวน 1 หลอดและหลอดไฟส่องขึ้น T5 14 วัตต์ จำนวน 2 หลอด โดยไม่ปรับหรี่ทั้ง 3 หลอด พบว่าค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย อยู่ที่ 684.27 ลักซ์ และค่าความสม่ำเสมอของปริมาณแสงสว่างแบบเฉลี่ย อยู่ที่ 0.91

กรณีที่ 4 เมื่อเปิดหลอดไฟส่องลง T5 24 วัตต์ จำนวน 1 หลอดและหลอดไฟส่องขึ้น T5 14 วัตต์ จำนวน 2 หลอด โดยปรับหรี่เฉพาะหลอดไฟส่องขึ้นทั้ง 2 หลอด 50% พบว่าค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย อยู่ที่ 630.27 ลักซ์ และค่าความสม่ำเสมอของปริมาณแสงสว่างแบบเฉลี่ย อยู่ที่ 0.92

กรณีที่ 8 เมื่อเปิดหลอดไฟส่องลง T5 24 วัตต์ จำนวน 1 หลอดและหลอดไฟส่องขึ้น T5 14 วัตต์ จำนวน 1 หลอด โดยปรับหรี่เฉพาะหลอดไฟส่องขึ้น 50% พบว่าค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย อยู่ที่ 626.27 ลักซ์ และค่าความสม่ำเสมอของปริมาณแสงสว่างแบบเฉลี่ย อยู่ที่ 0.95

กรณีที่ 10 เมื่อเปิดหลอดไฟส่องลง T5 24 วัตต์ จำนวน 1 หลอด โดยไม่ปรับหรี่ พบว่าค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย อยู่ที่ 598.60 ลักซ์ และค่าความสม่ำเสมอของปริมาณแสงสว่างแบบเฉลี่ย อยู่ที่ 0.93

ศูนย์วิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.28 แสดงประสิทธิภาพแสงสว่างของโคมไฟโดยวัดค่าการส่องสว่างที่ระนาบงานในแนวนอนบนโต๊ะในแนวที่ 2 (Horizontal Work Plane–Z2) ซึ่งพิจารณาจากกรณี T5 24W DOWN DIM 0% เป็นหลัก

Lighting Performance : Horizontal Work Plane : WORK PLANE ON DESK AT Z2 LINE										
CASE	CONDITION OF TASK–AMBIENT LUMINAIRE						ILLUMINANCE (lx)			
	24W HO		14W HE							
	DOWN	DIM (%)	UP1	DIM (%)	UP2	DIM (%)	E_{min}	E_{max}	E_{ave}	U_m
1	ON	0	ON	0	ON	0	772.00	902.00	824.40	0.94
2	ON	0	ON	0	ON	50	774.00	915.00	823.73	0.94
3	ON	0	ON	0	ON	100	743.00	868.00	787.40	0.94
4	ON	0	ON	50	ON	50	717.00	844.00	766.40	0.94
5	ON	0	ON	50	ON	100	699.00	821.00	744.73	0.94
6	ON	0	ON	100	ON	100	724.00	868.00	785.07	0.92
7	ON	0	ON	0	OFF	–	774.00	891.00	813.07	0.95
8	ON	0	ON	50	OFF	–	709.00	826.00	750.73	0.94
9	ON	0	ON	100	OFF	–	681.00	803.00	725.73	0.94
10	ON	0	OFF	–	OFF	–	680.00	795.00	720.73	0.94

จากการวัดค่าการส่องสว่างของโคมไฟต้นแบบที่ระนาบงานในแนวนอนบนโต๊ะในแนวที่ 2 (Horizontal Work Plane–Z2) ซึ่งวัดเฉพาะ 3 จุด บนโต๊ะทำงาน (D4, D5, D6) พบว่า

กรณีที่ 1 เมื่อเปิดหลอดไฟส่องลง T5 24 วัตต์ จำนวน 1 หลอดและหลอดไฟส่องขึ้น T5 14 วัตต์ จำนวน 2 หลอด โดยไม่ปรับหรี่ทั้ง 3 หลอด พบว่าค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย อยู่ที่ 824.40 ลักซ์ และค่าความสม่ำเสมอของปริมาณแสงสว่างแบบเฉลี่ย อยู่ที่ 0.94

กรณีที่ 4 เมื่อเปิดหลอดไฟส่องลง T5 24 วัตต์ จำนวน 1 หลอดและหลอดไฟส่องขึ้น T5 14 วัตต์ จำนวน 2 หลอด โดยปรับหรี่เฉพาะหลอดไฟส่องขึ้นทั้ง 2 หลอด 50% พบว่าค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย อยู่ที่ 766.40 ลักซ์ และค่าความสม่ำเสมอของปริมาณแสงสว่างแบบเฉลี่ย อยู่ที่ 0.94

กรณีที่ 8 เมื่อเปิดหลอดไฟส่องลง T5 24 วัตต์ จำนวน 1 หลอดและหลอดไฟส่องขึ้น T5 14 วัตต์ จำนวน 1 หลอด โดยปรับหรี่เฉพาะหลอดไฟส่องขึ้น 50% พบว่าค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย อยู่ที่ 750.73 ลักซ์ และค่าความสม่ำเสมอของปริมาณแสงสว่างแบบเฉลี่ย อยู่ที่ 0.94

กรณีที่ 10 เมื่อเปิดหลอดไฟส่องลง T5 24 วัตต์ จำนวน 1 หลอด โดยไม่ปรับหรี่ พบว่าค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย อยู่ที่ 720.73 ลักซ์ และค่าความสม่ำเสมอของปริมาณแสงสว่างแบบเฉลี่ย อยู่ที่ 0.94

ตารางที่ 4.29 แสดงประสิทธิภาพแสงสว่างของโคมไฟโดยวัดค่าการส่องสว่างที่ระนาบงานในแนวนอนบนโต๊ะในแนวที่ 3 (Horizontal Work Plane–Z3) ซึ่งพิจารณาจากกรณี T5 24W DOWN DIM 0% เป็นหลัก

Lighting Performance : Horizontal Work Plane : WORK PLANE ON DESK AT Z3 LINE										
CASE	CONDITION OF TASK–AMBIENT LUMINAIRE						ILLUMINANCE (lx)			
	24W HO		14W HE							
	DOWN	DIM (%)	UP1	DIM (%)	UP2	DIM (%)	E_{min}	E_{max}	E_{ave}	U_m
1	ON	0	ON	0	ON	0	681.00	780.00	714.63	0.95
2	ON	0	ON	0	ON	50	660.00	767.00	710.63	0.93
3	ON	0	ON	0	ON	100	637.00	724.00	674.30	0.94
4	ON	0	ON	50	ON	50	531.00	702.00	621.30	0.85
5	ON	0	ON	50	ON	100	583.00	681.00	631.63	0.92
6	ON	0	ON	100	ON	100	619.00	727.00	674.97	0.92
7	ON	0	ON	0	OFF	–	659.00	753.00	690.63	0.95
8	ON	0	ON	50	OFF	–	595.00	679.00	635.97	0.94
9	ON	0	ON	100	OFF	–	574.00	667.00	612.30	0.94
10	ON	0	OFF	–	OFF	–	572.00	658.00	603.63	0.95

จากการวัดค่าการส่องสว่างของโคมไฟต้นแบบที่ระนาบงานในแนวนอนบนโต๊ะในแนวที่ 3 (Horizontal Work Plane–Z3) ซึ่งวัดเฉพาะ 3 จุด บนโต๊ะทำงาน (D7, D8, D9) พบว่า

กรณีที่ 1 เมื่อเปิดหลอดไฟส่องลง T5 24 วัตต์ จำนวน 1 หลอดและหลอดไฟส่องขึ้น T5 14 วัตต์ จำนวน 2 หลอด โดยไม่ปรับหรี่ทั้ง 3 หลอด พบว่าค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย อยู่ที่ 714.63 ลักซ์ และค่าความสม่ำเสมอของปริมาณแสงสว่างแบบเฉลี่ย อยู่ที่ 0.95

กรณีที่ 4 เมื่อเปิดหลอดไฟส่องลง T5 24 วัตต์ จำนวน 1 หลอดและหลอดไฟส่องขึ้น T5 14 วัตต์ จำนวน 2 หลอด โดยปรับหรี่เฉพาะหลอดไฟส่องขึ้นทั้ง 2 หลอด 50% พบว่าค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย อยู่ที่ 621.30 ลักซ์ และค่าความสม่ำเสมอของปริมาณแสงสว่างแบบเฉลี่ย อยู่ที่ 0.85

กรณีที่ 8 เมื่อเปิดหลอดไฟส่องลง T5 24 วัตต์ จำนวน 1 หลอดและหลอดไฟส่องขึ้น T5 14 วัตต์ จำนวน 1 หลอด โดยปรับหรี่เฉพาะหลอดไฟส่องขึ้น 50% พบว่าค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย อยู่ที่ 635.97 ลักซ์ และค่าความสม่ำเสมอของปริมาณแสงสว่างแบบเฉลี่ย อยู่ที่ 0.94

กรณีที่ 10 เมื่อเปิดหลอดไฟส่องลง T5 24 วัตต์ จำนวน 1 หลอด โดยไม่ปรับหรี่ พบว่าค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย อยู่ที่ 603.63 ลักซ์ และค่าความสม่ำเสมอของปริมาณแสงสว่างแบบเฉลี่ย อยู่ที่ 0.95

4.3.1.2 ประสิทธิภาพแสงสว่างของโคมไฟพิจารณาจากกรณี T5 24W DOWN DIM 50%

การวัดค่าการส่องสว่างของโคมไฟต้นแบบในกรณีนี้ จะพิจารณาจากการปรับหรี่หลอดฟลูออเรสเซนต์ T5 24W จำนวน 1 หลอด ให้มีแสงสว่างคงที่ที่ 50% ซึ่งอยู่ในการให้แสงสว่างชุดที่ 2 สำหรับแสงส่องลง เป็นหลัก แล้วจึงปรับหรี่หรือเปิด–ปิดหลอดฟลูออเรสเซนต์ T5 14W ทั้ง 2 หลอด ซึ่งอยู่ในการให้แสงสว่างชุดที่ 1 สำหรับแสงส่องขึ้น ให้เกิดเป็นเงื่อนไขที่แตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 4.30–ตารางที่ 4.34

ตารางที่ 4.30 แสดงประสิทธิภาพแสงสว่างของโคมไฟโดยวัดค่าการส่องสว่างที่ระนาบงานในแนวนอนบนโต๊ะ (Horizontal Work Plane) ซึ่งพิจารณาจากกรณี T5 24W DOWN DIM 50% เป็นหลัก

Lighting Performance : Horizontal Work Plane : WORK PLANE ON DESK										
CASE	CONDITION OF TASK–AMBIENT LUMINAIRE						ILLUMINANCE (lx)			
	24W HO		14W HE							
	DOWN	DIM (%)	UP1	DIM (%)	UP2	DIM (%)	E_{min}	E_{max}	E_{ave}	U_m
11	ON	50	ON	0	ON	0	271.70	392.00	323.43	0.84
12	ON	50	ON	0	ON	50	276.70	380.00	314.21	0.88
13	ON	50	ON	0	ON	100	256.90	367.00	300.43	0.86
14	ON	50	ON	50	ON	50	259.00	360.00	295.32	0.88
15	ON	50	ON	50	ON	100	247.70	351.00	284.54	0.87
16	ON	50	ON	100	ON	100	232.00	356.00	282.66	0.82
17	ON	50	ON	0	OFF	–	263.00	377.00	306.88	0.86
18	ON	50	ON	50	OFF	–	210.00	359.00	281.32	0.75
19	ON	50	ON	100	OFF	–	246.00	345.00	278.54	0.88
20	ON	50	OFF	–	OFF	–	190.00	347.00	272.10	0.70

จากการวัดค่าการส่องสว่างของโคมไฟต้นแบบที่ระนาบงานในแนวนอนบนโต๊ะ (Horizontal Work Plane) ทั้ง 9 จุด บนโต๊ะทำงาน (D1–D9) พบว่า

กรณีที่ 11 เมื่อเปิดหลอดไฟส่องลง T5 24 วัตต์ จำนวน 1 หลอดและหลอดไฟส่องขึ้น T5 14 วัตต์ จำนวน 2 หลอด โดยปรับหรี่เฉพาะหลอดไฟส่องลง 1 หลอด 50% พบว่าค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย อยู่ที่ 323.43 ลักซ์ และค่าความสม่ำเสมอของปริมาณแสงสว่างแบบเฉลี่ย อยู่ที่ 0.84

กรณีที่ 14 เมื่อเปิดหลอดไฟส่องลง T5 24 วัตต์ จำนวน 1 หลอดและหลอดไฟส่องขึ้น T5 14 วัตต์ จำนวน 2 หลอด โดยปรับหรี่ทั้ง 3 หลอด 50% พบว่าค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย อยู่ที่ 295.32 ลักซ์ และค่าความสม่ำเสมอของปริมาณแสงสว่างแบบเฉลี่ย อยู่ที่ 0.88

กรณีที่ 18 เมื่อเปิดหลอดไฟส่องลง T5 24 วัตต์ จำนวน 1 หลอดและหลอดไฟส่องขึ้น T5 14 วัตต์ จำนวน 1 หลอด โดยปรับหรี่ทั้ง 2 หลอด 50% พบว่าค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย อยู่ที่ 281.32 ลักซ์ และค่าความสม่ำเสมอของปริมาณแสงสว่างแบบเฉลี่ย อยู่ที่ 0.75

กรณีที่ 20 เมื่อเปิดหลอดไฟส่องลง T5 24 วัตต์ จำนวน 1 หลอด โดยปรับหรี่ 50% พบว่าค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย อยู่ที่ 272.10 ลักซ์ และค่าความสม่ำเสมอของปริมาณแสงสว่างแบบเฉลี่ย อยู่ที่ 0.70

ตารางที่ 4.31 แสดงประสิทธิภาพแสงสว่างของโคมไฟโดยวัดค่าการส่องสว่างที่ระนาบงานในแนวนอนของห้อง (Horizontal Overall) ซึ่งพิจารณาจากกรณี T5 24W DOWN DIM 50% เป็นหลัก

Lighting Performance : Horizontal Work Plane : OVERALL ROOM										
CASE	CONDITION OF TASK–AMBIENT LUMINAIRE						ILLUMINANCE (lx)			
	24W HO		14W HE							
	DOWN	DIM (%)	UP1	DIM (%)	UP2	DIM (%)	E_{min}	E_{max}	E_{ave}	U_m
11	ON	50	ON	0	ON	0	68.00	210.00	115.21	0.59
12	ON	50	ON	0	ON	50	3.00	166.00	86.71	0.03
13	ON	50	ON	0	ON	100	3.00	153.00	85.31	0.04
14	ON	50	ON	50	ON	50	3.00	149.00	83.64	0.04
15	ON	50	ON	50	ON	100	6.00	134.00	66.43	0.09
16	ON	50	ON	100	ON	100	3.00	150.00	68.23	0.04
17	ON	50	ON	0	OFF	–	19.00	163.00	97.77	0.19
18	ON	50	ON	50	OFF	–	3.00	137.00	72.74	0.04
19	ON	50	ON	100	OFF	–	3.00	143.00	69.40	0.04
20	ON	50	OFF	–	OFF	–	3.00	137.00	65.13	0.05

จากการวัดค่าการส่องสว่างของโคมไฟต้นแบบที่ระนาบงานในแนวนอนของห้อง (Horizontal Overall) ทั้ง 7 จุด (F1–F3, R1–R2 และ L1–L2) โดยรอบโต๊ะทำงานพบว่า

กรณีที่ 11 เมื่อเปิดหลอดไฟส่องลง T5 24 วัตต์ จำนวน 1 หลอดและหลอดไฟส่องขึ้น T5 14 วัตต์ จำนวน 2 หลอด โดยปรับหรี่เฉพาะหลอดไฟส่องลง 1 หลอด 50% พบว่าค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย อยู่ที่ 115.21 ลักซ์ และค่าความสม่ำเสมอของปริมาณแสงสว่างแบบเฉลี่ย อยู่ที่ 0.59

กรณีที่ 14 เมื่อเปิดหลอดไฟส่องลง T5 24 วัตต์ จำนวน 1 หลอดและหลอดไฟส่องขึ้น T5 14 วัตต์ จำนวน 2 หลอด โดยปรับหรี่ทั้ง 3 หลอด 50% พบว่าค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย อยู่ที่ 83.64 ลักซ์ และค่าความสม่ำเสมอของปริมาณแสงสว่างแบบเฉลี่ย อยู่ที่ 0.04

กรณีที่ 18 เมื่อเปิดหลอดไฟส่องลง T5 24 วัตต์ จำนวน 1 หลอดและหลอดไฟส่องขึ้น T5 14 วัตต์ จำนวน 1 หลอด โดยปรับหรี่ทั้ง 2 หลอด 50% พบว่าค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย อยู่ที่ 72.74 ลักซ์ และค่าความสม่ำเสมอของปริมาณแสงสว่างแบบเฉลี่ย อยู่ที่ 0.04

กรณีที่ 20 เมื่อเปิดหลอดไฟส่องลง T5 24 วัตต์ จำนวน 1 หลอด โดยปรับหรี่ 50% พบว่าค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย อยู่ที่ 65.13 ลักซ์ และค่าความสม่ำเสมอของปริมาณแสงสว่างแบบเฉลี่ย อยู่ที่ 0.05

ตารางที่ 4.32 แสดงประสิทธิภาพแสงสว่างของโคมไฟโดยวัดค่าการส่องสว่างที่ระนาบงานในแนวนอนบนโต๊ะในแนวที่ 1 (Horizontal Work Plane–Z1) ซึ่งพิจารณาจากกรณี T5 24W DOWN DIM 50% เป็นหลัก

Lighting Performance : Horizontal Work Plane : WORK PLANE ON DESK AT Z1 LINE										
CASE	CONDITION OF TASK–AMBIENT LUMINAIRE						ILLUMINANCE (lx)			
	24W HO		14W HE							
	DOWN	DIM (%)	UP1	DIM (%)	UP2	DIM (%)	E_{min}	E_{max}	E_{ave}	U_m
11	ON	50	ON	0	ON	0	271.70	326.10	297.60	0.91
12	ON	50	ON	0	ON	50	276.70	315.10	293.27	0.94
13	ON	50	ON	0	ON	100	272.70	319.10	288.93	0.94
14	ON	50	ON	50	ON	50	266.70	308.10	284.27	0.94
15	ON	50	ON	50	ON	100	247.70	295.10	269.60	0.92
16	ON	50	ON	100	ON	100	247.70	286.10	260.93	0.95
17	ON	50	ON	0	OFF	–	263.00	306.10	281.93	0.93
18	ON	50	ON	50	OFF	–	253.00	300.10	271.27	0.93
19	ON	50	ON	100	OFF	–	246.00	282.10	259.60	0.95
20	ON	50	OFF	–	OFF	–	246.70	287.10	260.93	0.95

จากการวัดค่าการส่องสว่างของโคมไฟต้นแบบที่ระนาบงานในแนวนอนบนโต๊ะในแนวที่ 1 (Horizontal Work Plane–Z1) ซึ่งวัดเฉพาะ 3 จุด บนโต๊ะทำงาน (D1, D2, D3) พบว่า

กรณีที่ 11 เมื่อเปิดหลอดไฟส่องลง T5 24 วัตต์ จำนวน 1 หลอดและหลอดไฟส่องขึ้น T5 14 วัตต์ จำนวน 2 หลอด โดยปรับหรี่เฉพาะหลอดไฟส่องลง 1 หลอด 50% พบว่าค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย อยู่ที่ 297.60 ลักซ์ และค่าความสม่ำเสมอของปริมาณแสงสว่างแบบเฉลี่ย อยู่ที่ 0.91

กรณีที่ 14 เมื่อเปิดหลอดไฟส่องลง T5 24 วัตต์ จำนวน 1 หลอดและหลอดไฟส่องขึ้น T5 14 วัตต์ จำนวน 2 หลอด โดยปรับหรี่ทั้ง 3 หลอด 50% พบว่าค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย อยู่ที่ 284.27 ลักซ์ และค่าความสม่ำเสมอของปริมาณแสงสว่างแบบเฉลี่ย อยู่ที่ 0.94

กรณีที่ 18 เมื่อเปิดหลอดไฟส่องลง T5 24 วัตต์ จำนวน 1 หลอดและหลอดไฟส่องขึ้น T5 14 วัตต์ จำนวน 1 หลอด โดยปรับหรี่ทั้ง 2 หลอด 50% พบว่าค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย อยู่ที่ 271.27 ลักซ์ และค่าความสม่ำเสมอของปริมาณแสงสว่างแบบเฉลี่ย อยู่ที่ 0.93

กรณีที่ 20 เมื่อเปิดหลอดไฟส่องลง T5 24 วัตต์ จำนวน 1 หลอด โดยปรับหรี่ 50% พบว่าค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย อยู่ที่ 260.93 ลักซ์ และค่าความสม่ำเสมอของปริมาณแสงสว่างแบบเฉลี่ย อยู่ที่ 0.95

ตารางที่ 4.33 แสดงประสิทธิภาพแสงสว่างของโคมไฟโดยวัดค่าการส่องสว่างที่ระนาบงานในแนวนอนบนโต๊ะในแนวที่ 2 (Horizontal Work Plane–Z2) ซึ่งพิจารณาจากกรณี T5 24W DOWN DIM 50% เป็นหลัก

Lighting Performance : Horizontal Work Plane : WORK PLANE ON DESK AT Z2 LINE										
CASE	CONDITION OF TASK–AMBIENT LUMINAIRE						ILLUMINANCE (lx)			
	24W HO		14W HE							
	DOWN	DIM (%)	UP1	DIM (%)	UP2	DIM (%)	E_{min}	E_{max}	E_{ave}	U_m
11	ON	50	ON	0	ON	0	340.20	392.00	358.40	0.95
12	ON	50	ON	0	ON	50	328.20	380.00	348.73	0.94
13	ON	50	ON	0	ON	100	319.20	367.00	336.40	0.95
14	ON	50	ON	50	ON	50	308.00	360.00	325.40	0.95
15	ON	50	ON	50	ON	100	298.20	351.00	318.73	0.94
16	ON	50	ON	100	ON	100	300.20	356.00	320.07	0.94
17	ON	50	ON	0	OFF	–	319.00	377.00	341.40	0.93
18	ON	50	ON	50	OFF	–	210.00	359.00	292.73	0.72
19	ON	50	ON	100	OFF	–	295.20	345.00	313.07	0.94
20	ON	50	OFF	–	OFF	–	297.20	347.00	314.07	0.95

จากการวัดค่าการส่องสว่างของโคมไฟต้นแบบที่ระนาบงานในแนวนอนบนโต๊ะในแนวที่ 2 (Horizontal Work Plane–Z2) ซึ่งวัดเฉพาะ 3 จุด บนโต๊ะทำงาน (D4, D5, D6) พบว่า

กรณีที่ 11 เมื่อเปิดหลอดไฟส่องลง T5 24 วัตต์ จำนวน 1 หลอดและหลอดไฟส่องขึ้น T5 14 วัตต์ จำนวน 2 หลอด โดยปรับหรี่เฉพาะหลอดไฟส่องลง 1 หลอด 50% พบว่าค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย อยู่ที่ 358.40 ลักซ์ และค่าความสม่ำเสมอของปริมาณแสงสว่างแบบเฉลี่ย อยู่ที่ 0.95

กรณีที่ 14 เมื่อเปิดหลอดไฟส่องลง T5 24 วัตต์ จำนวน 1 หลอดและหลอดไฟส่องขึ้น T5 14 วัตต์ จำนวน 2 หลอด โดยปรับหรี่ทั้ง 3 หลอด 50% พบว่าค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย อยู่ที่ 325.40 ลักซ์ และค่าความสม่ำเสมอของปริมาณแสงสว่างแบบเฉลี่ย อยู่ที่ 0.95

ศูนย์วิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กรณีที่ 18 เมื่อเปิดหลอดไฟส่องลง T5 24 วัตต์ จำนวน 1 หลอดและหลอดไฟส่องขึ้น T5 14 วัตต์ จำนวน 1 หลอด โดยปรับหรี่ทั้ง 2 หลอด 50% พบว่าค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย อยู่ที่ 292.73 ลักซ์ และค่าความสม่ำเสมอของปริมาณแสงสว่างแบบเฉลี่ย อยู่ที่ 0.72

กรณีที่ 20 เมื่อเปิดหลอดไฟส่องลง T5 24 วัตต์ จำนวน 1 หลอด โดยปรับหรี่ 50% พบว่าค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย อยู่ที่ 314.07 ลักซ์ และค่าความสม่ำเสมอของปริมาณแสงสว่างแบบเฉลี่ย อยู่ที่ 0.95

ตารางที่ 4.34 แสดงประสิทธิภาพแสงสว่างของโคมไฟโดยวัดค่าการส่องสว่างที่ระนาบงานในแนวนอนบนโต๊ะในแนวที่ 3 (Horizontal Work Plane–Z3) ซึ่งพิจารณาจากกรณี T5 24W DOWN DIM 50% เป็นหลัก

Lighting Performance : Horizontal Work Plane : WORK PLANE ON DESK AT Z3 LINE										
CASE	CONDITION OF TASK–AMBIENT LUMINAIRE						ILLUMINANCE (lx)			
	24W HO		14W HE							
	DOWN	DIM (%)	UP1	DIM (%)	UP2	DIM (%)	E_{min}	E_{max}	E_{ave}	U_m
11	ON	50	ON	0	ON	0	299.00	331.00	314.30	0.95
12	ON	50	ON	0	ON	50	286.00	315.00	300.63	0.95
13	ON	50	ON	0	ON	100	256.90	303.00	275.97	0.93
14	ON	50	ON	50	ON	50	259.00	296.00	276.30	0.94
15	ON	50	ON	50	ON	100	254.00	280.00	265.30	0.96
16	ON	50	ON	100	ON	100	232.00	296.00	266.97	0.87
17	ON	50	ON	0	OFF	–	280.00	319.00	297.30	0.94
18	ON	50	ON	50	OFF	–	263.00	297.00	279.97	0.94
19	ON	50	ON	100	OFF	–	252.00	275.00	262.97	0.96
20	ON	50	OFF	–	OFF	–	190.00	280.00	241.30	0.79

จากการวัดค่าการส่องสว่างของโคมไฟต้นแบบที่ระนาบงานในแนวนอนบนโต๊ะในแนวที่ 3 (Horizontal Work Plane–Z3) ซึ่งวัดเฉพาะ 3 จุด บนโต๊ะทำงาน (D7, D8, D9) พบว่า

กรณีที่ 11 เมื่อเปิดหลอดไฟส่องลง T5 24 วัตต์ จำนวน 1 หลอดและหลอดไฟส่องขึ้น T5 14 วัตต์ จำนวน 2 หลอด โดยปรับหรี่เฉพาะหลอดไฟส่องลง 1 หลอด 50% พบว่าค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย อยู่ที่ 314.30 ลักซ์ และค่าความสม่ำเสมอของปริมาณแสงสว่างแบบเฉลี่ย อยู่ที่ 0.95

กรณีที่ 14 เมื่อเปิดหลอดไฟส่องลง T5 24 วัตต์ จำนวน 1 หลอดและหลอดไฟส่องขึ้น T5 14 วัตต์ จำนวน 2 หลอด โดยปรับหรี่ทั้ง 3 หลอด 50% พบว่าค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย อยู่ที่ 276.30 ลักซ์ และค่าความสม่ำเสมอของปริมาณแสงสว่างแบบเฉลี่ย อยู่ที่ 0.94

กรณีที่ 18 เมื่อเปิดหลอดไฟส่องลง T5 24 วัตต์ จำนวน 1 หลอดและหลอดไฟส่องขึ้น T5 14 วัตต์ จำนวน 1 หลอด โดยปรับหรี่ทั้ง 2 หลอด 50% พบว่าค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย อยู่ที่ 279.97 ลักซ์ และค่าความสม่ำเสมอของปริมาณแสงสว่างแบบเฉลี่ย อยู่ที่ 0.94

กรณีที่ 20 เมื่อเปิดหลอดไฟส่องลง T5 24 วัตต์ จำนวน 1 หลอด โดยปรับหรี่ 50% พบว่าค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย อยู่ที่ 241.30 ลักซ์ และค่าความสม่ำเสมอของปริมาณแสงสว่างแบบเฉลี่ย อยู่ที่ 0.79

4.3.1.3 ประสิทธิภาพแสงสว่างของโคมไฟพิจารณาจากกรณี T5 24W DOWN DIM 100%

การวัดค่าการส่องสว่างของโคมไฟต้นแบบในกรณีนี้ จะพิจารณาจากการปรับหรี่หลอดฟลูออเรสเซนต์ T5 24W จำนวน 1 หลอด ให้มีแสงสว่างคงที่ที่ 100% ซึ่งอยู่ในการให้แสงสว่างชุดที่ 2 สำหรับแสงส่องลง เป็นหลัก แล้วจึงปรับหรี่หรือเปิด–ปิดหลอดฟลูออเรสเซนต์ T5 14W ทั้ง 2 หลอด ซึ่งอยู่ในการให้แสงสว่างชุดที่ 1 สำหรับแสงส่องขึ้น ให้เกิดเป็นเงื่อนไขที่แตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 4.35–ตารางที่ 4.39

ตารางที่ 4.35 แสดงประสิทธิภาพแสงสว่างของโคมไฟโดยวัดค่าการส่องสว่างที่ระนาบงานในแนวนอนบนโต๊ะ (Horizontal Work Plane) ซึ่งพิจารณาจากกรณี T5 24W DOWN DIM 100% เป็นหลัก

Lighting Performance : Horizontal Work Plane : WORK PLANE ON DESK										
CASE	CONDITION OF TASK–AMBIENT LUMINAIRE						ILLUMINANCE (lx)			
	24W HO		14W HE							
	DOWN	DIM (%)	UP1	DIM (%)	UP2	DIM (%)	E_{min}	E_{max}	E_{ave}	U_m
21	ON	100	ON	0	ON	0	40.00	74.90	60.54	0.66
22	ON	100	ON	0	ON	50	33.10	55.00	45.36	0.73
23	ON	100	ON	0	ON	100	23.10	38.00	31.41	0.74
24	ON	100	ON	50	ON	50	24.00	39.00	32.19	0.75
25	ON	100	ON	50	ON	100	14.10	23.00	19.80	0.71
26	ON	100	ON	100	ON	100	3.00	11.10	8.01	0.37
27	ON	100	ON	0	OFF	–	24.00	40.90	33.59	0.71
28	ON	100	ON	50	OFF	–	10.10	21.00	15.90	0.64
29	ON	100	ON	100	OFF	–	3.40	11.00	7.12	0.48
30	ON	100	OFF	–	OFF	–	3.00	9.90	6.30	0.48

จากการวัดค่าการส่องสว่างของโคมไฟต้นแบบที่ระนาบงานในแนวนอนบนโต๊ะ (Horizontal Work Plane) ทั้ง 9 จุด บนโต๊ะทำงาน (D1–D9) ดังแสดงในตารางที่ 4.35 พบว่า

กรณีที่ 21 เมื่อเปิดหลอดไฟส่องลง T5 24 วัตต์ จำนวน 1 หลอดและหลอดไฟส่องขึ้น T5 14 วัตต์ จำนวน 2 หลอด โดยปรับหรี่เฉพาะหลอดไฟส่องลง 1 หลอด 100% พบว่าค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย อยู่ที่ 60.54 ลักซ์ และค่าความสม่ำเสมอของปริมาณแสงสว่างแบบเฉลี่ย อยู่ที่ 0.66

กรณีที่ 24 เมื่อเปิดหลอดไฟส่องลง T5 24 วัตต์ จำนวน 1 หลอดและหลอดไฟส่องขึ้น T5 14 วัตต์ จำนวน 2 หลอด โดยปรับหรี่หลอดไฟส่องลง 100% และปรับหรี่หลอดไฟส่องขึ้นทั้ง 2 หลอด 50% พบว่าค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย อยู่ที่ 32.19 ลักซ์ และค่าความสม่ำเสมอของปริมาณแสงสว่างแบบเฉลี่ย อยู่ที่ 0.75

ตารางที่ 4.36 แสดงประสิทธิภาพแสงสว่างของโคมไฟโดยวัดค่าการส่องสว่างที่ระนาบงานในแนวนอนของห้อง (Horizontal Overall) ซึ่งพิจารณาจากกรณี T5 24W DOWN DIM 100% เป็นหลัก

Lighting Performance : Horizontal Work Plane : OVERALL ROOM										
CASE	CONDITION OF TASK–AMBIENT LUMINAIRE						ILLUMINANCE (lx)			
	24W HO		14W HE							
	DOWN	DIM (%)	UP1	DIM (%)	UP2	DIM (%)	E_{min}	E_{max}	E_{ave}	U_m
21	ON	100	ON	0	ON	0	3.00	135.00	64.73	0.05
22	ON	100	ON	0	ON	50	3.00	114.00	53.23	0.06
23	ON	100	ON	0	ON	100	13.00	91.00	42.14	0.31
24	ON	100	ON	50	ON	50	4.00	92.00	37.59	0.11
25	ON	100	ON	50	ON	100	3.00	81.00	28.57	0.11
26	ON	100	ON	100	ON	100	3.00	69.00	21.57	0.14
27	ON	100	ON	0	OFF	–	4.00	96.00	45.26	0.09
28	ON	100	ON	50	OFF	–	4.00	76.00	24.06	0.17
29	ON	100	ON	100	OFF	–	2.00	55.00	17.07	0.12
30	ON	100	OFF	–	OFF	–	3.00	57.00	17.64	0.17

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากการวัดค่าการส่องสว่างของโคมไฟต้นแบบที่ระนาบงานในแนวนอนของห้อง (Horizontal Overall) ทั้ง 7 จุด (F1–F3, R1–R2 และ L1–L2) โดยรอบโต๊ะทำงานพบว่า

กรณีที่ 21 เมื่อเปิดหลอดไฟส่องลง T5 24 วัตต์ จำนวน 1 หลอดและหลอดไฟส่องขึ้น T5 14 วัตต์ จำนวน 2 หลอด โดยปรับหรี่เฉพาะหลอดไฟส่องลง 1 หลอด 100% พบว่าค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย อยู่ที่ 64.73 ลักซ์ และค่าความสม่ำเสมอของปริมาณแสงสว่างแบบเฉลี่ย อยู่ที่ 0.05

กรณีที่ 24 เมื่อเปิดหลอดไฟส่องลง T5 24 วัตต์ จำนวน 1 หลอดและหลอดไฟส่องขึ้น T5 14 วัตต์ จำนวน 2 หลอด โดยปรับหรี่หลอดไฟส่องลง 100% และปรับหรี่หลอดไฟส่องขึ้นทั้ง 2 หลอด 50% พบว่าค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย อยู่ที่ 37.59 ลักซ์ และค่าความสม่ำเสมอของปริมาณแสงสว่างแบบเฉลี่ย อยู่ที่ 0.11

ตารางที่ 4.37 แสดงประสิทธิภาพแสงสว่างของโคมไฟโดยวัดค่าการส่องสว่างที่ระนาบงานในแนวนอนบนโต๊ะในแนวที่ 1 (Horizontal Work Plane–Z1) ซึ่งพิจารณาจากกรณี T5 24W DOWN DIM 100% เป็นหลัก

Lighting Performance : Horizontal Work Plane : WORK PLANE ON DESK AT Z1 LINE										
CASE	CONDITION OF TASK–AMBIENT LUMINAIRE						ILLUMINANCE (lx)			
	24W HO		14W HE							
	DOWN	DIM (%)	UP1	DIM (%)	UP2	DIM (%)	E_{min}	E_{max}	E_{ave}	U_m
21	ON	100	ON	0	ON	0	40.00	46.70	43.93	0.91
22	ON	100	ON	0	ON	50	33.10	36.00	34.37	0.96
23	ON	100	ON	0	ON	100	23.10	25.50	24.53	0.94
24	ON	100	ON	50	ON	50	24.00	27.50	25.20	0.95
25	ON	100	ON	50	ON	100	14.10	16.60	15.23	0.93
26	ON	100	ON	100	ON	100	3.00	7.50	5.20	0.58
27	ON	100	ON	0	OFF	–	24.00	27.10	25.40	0.94
28	ON	100	ON	50	OFF	–	10.10	13.90	12.00	0.84
29	ON	100	ON	100	OFF	–	4.00	8.00	6.03	0.66
30	ON	100	OFF	–	OFF	–	3.00	5.50	4.20	0.71

จากการวัดค่าการส่องสว่างของโคมไฟต้นแบบที่ระนาบงานในแนวนอนบนโต๊ะในแนวที่ 1 (Horizontal Work Plane–Z1) ซึ่งวัดเฉพาะ 3 จุด บนโต๊ะทำงาน (D1, D2, D3) พบว่า

กรณีที่ 21 เมื่อเปิดหลอดไฟส่องลง T5 24 วัตต์ จำนวน 1 หลอดและหลอดไฟส่องขึ้น T5 14 วัตต์ จำนวน 2 หลอด โดยปรับหรี่เฉพาะหลอดไฟส่องลง 1 หลอด 100% พบว่าค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย อยู่ที่ 43.93 ลักซ์ และค่าความสม่ำเสมอของปริมาณแสงสว่างแบบเฉลี่ย อยู่ที่ 0.91

กรณีที่ 24 เมื่อเปิดหลอดไฟส่องลง T5 24 วัตต์ จำนวน 1 หลอดและหลอดไฟส่องขึ้น T5 14 วัตต์ จำนวน 2 หลอด โดยปรับหรี่หลอดไฟส่องลง 100% และปรับหรี่หลอดไฟส่องขึ้นทั้ง 2 หลอด 50% พบว่าค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย อยู่ที่ 25.20 ลักซ์ และค่าความสม่ำเสมอของปริมาณแสงสว่างแบบเฉลี่ย อยู่ที่ 0.95

ตารางที่ 4.38 แสดงประสิทธิภาพแสงสว่างของโคมไฟโดยวัดค่าการส่องสว่างที่ระนาบงานในแนวนอนบนโต๊ะในแนวที่ 2 (Horizontal Work Plane–Z2) ซึ่งพิจารณาจากกรณี T5 24W DOWN DIM 100% เป็นหลัก

Lighting Performance : Horizontal Work Plane : WORK PLANE ON DESK AT Z2 LINE										
CASE	CONDITION OF TASK–AMBIENT LUMINAIRE						ILLUMINANCE (lx)			
	24W HO		14W HE							
	DOWN	DIM (%)	UP1	DIM (%)	UP2	DIM (%)	E_{min}	E_{max}	E_{ave}	U_m
21	ON	100	ON	0	ON	0	62.20	71.00	65.40	0.95
22	ON	100	ON	0	ON	50	40.20	52.00	47.40	0.85
23	ON	100	ON	0	ON	100	26.20	38.00	33.07	0.79
24	ON	100	ON	50	ON	50	28.20	39.00	33.73	0.84
25	ON	100	ON	50	ON	100	20.60	22.00	21.20	0.97
26	ON	100	ON	100	ON	100	5.40	11.00	8.13	0.66
27	ON	100	ON	0	OFF	–	28.20	39.00	35.07	0.80
28	ON	100	ON	50	OFF	–	14.20	20.00	17.73	0.80
29	ON	100	ON	100	OFF	–	7.60	11.00	9.53	0.80
30	ON	100	OFF	–	OFF	–	7.00	9.00	7.73	0.91

จากการวัดค่าการส่องสว่างของโคมไฟต้นแบบที่ระนาบงานในแนวนอนบนโต๊ะในแนวที่ 2 (Horizontal Work Plane–Z1) ซึ่งวัดเฉพาะ 3 จุด บนโต๊ะทำงาน (D4, D5, D6) พบว่า

กรณีที่ 21 เมื่อเปิดหลอดไฟส่องลง T5 24 วัตต์ จำนวน 1 หลอดและหลอดไฟส่องขึ้น T5 14 วัตต์ จำนวน 2 หลอด โดยปรับหรี่เฉพาะหลอดไฟส่องลง 1 หลอด 100% พบว่าค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย อยู่ที่ 65.40 ลักซ์ และค่าความสม่ำเสมอของปริมาณแสงสว่างแบบเฉลี่ย อยู่ที่ 0.95

กรณีที่ 24 เมื่อเปิดหลอดไฟส่องลง T5 24 วัตต์ จำนวน 1 หลอดและหลอดไฟส่องขึ้น T5 14 วัตต์ จำนวน 2 หลอด โดยปรับหรี่หลอดไฟส่องลง 100% และปรับหรี่หลอดไฟส่องขึ้นทั้ง 2 หลอด 50% พบว่าค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย อยู่ที่ 33.73 ลักซ์ และค่าความสม่ำเสมอของปริมาณแสงสว่างแบบเฉลี่ย อยู่ที่ 0.84

ตารางที่ 4.39 แสดงประสิทธิภาพแสงสว่างของโคมไฟโดยวัดค่าการส่องสว่างที่ระนาบงานในแนวนอนบนโต๊ะในแนวที่ 3 (Horizontal Work Plane–Z3) ซึ่งพิจารณาจากกรณี T5 24W DOWN DIM 100% เป็นหลัก

Lighting Performance : Horizontal Work Plane : WORK PLANE ON DESK AT Z3 LINE										
CASE	CONDITION OF TASK–AMBIENT LUMINAIRE						ILLUMINANCE (lx)			
	24W HO		14W HE							
	DOWN	DIM (%)	UP1	DIM (%)	UP2	DIM (%)	E_{min}	E_{max}	E_{ave}	U_m
21	ON	100	ON	0	ON	0	69.00	74.90	72.30	0.95
22	ON	100	ON	0	ON	50	52.90	55.00	54.30	0.97
23	ON	100	ON	0	ON	100	35.90	37.00	36.63	0.98
24	ON	100	ON	50	ON	50	37.00	38.00	37.63	0.98
25	ON	100	ON	50	ON	100	22.90	23.00	22.97	1.00
26	ON	100	ON	100	ON	100	10.00	11.10	10.70	0.93
27	ON	100	ON	0	OFF	–	40.00	40.90	40.30	0.99
28	ON	100	ON	50	OFF	–	15.90	21.00	17.97	0.88
29	ON	100	ON	100	OFF	–	3.40	8.00	5.80	0.59
30	ON	100	OFF	–	OFF	–	5.00	9.90	6.97	0.72

จากการวัดค่าการส่องสว่างของโคมไฟต้นแบบที่ระนาบงานในแนวนอนบนโต๊ะในแนวที่ 3 (Horizontal Work Plane–Z3) ซึ่งวัดเฉพาะ 3 จุด บนโต๊ะทำงาน (D7, D8, D9) พบว่า

กรณีที่ 21 เมื่อเปิดหลอดไฟส่องลง T5 24 วัตต์ จำนวน 1 หลอดและหลอดไฟส่องขึ้น T5 14 วัตต์ จำนวน 2 หลอด โดยปรับหรี่เฉพาะหลอดไฟส่องลง 1 หลอด 100% พบว่าค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย อยู่ที่ 72.30 ลักซ์ และค่าความสม่ำเสมอของปริมาณแสงสว่างแบบเฉลี่ย อยู่ที่ 0.95

กรณีที่ 24 เมื่อเปิดหลอดไฟส่องลง T5 24 วัตต์ จำนวน 1 หลอดและหลอดไฟส่องขึ้น T5 14 วัตต์ จำนวน 2 หลอด โดยปรับหรี่หลอดไฟส่องลง 100% และปรับหรี่หลอดไฟส่องขึ้นทั้ง 2 หลอด 50% พบว่าค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย อยู่ที่ 37.63 ลักซ์ และค่าความสม่ำเสมอของปริมาณแสงสว่างแบบเฉลี่ย อยู่ที่ 0.98

4.3.1.4 **ประสิทธิภาพแสงสว่างของโคมไฟพิจารณาจากกรณี T5 14W UP**

การวัดค่าการส่องสว่างของโคมไฟต้นแบบในกรณีนี้ จะพิจารณาจากการปรับหรี่หรือเปิด–ปิดหลอดฟลูออเรสเซนต์ T5 14W จำนวน 2 หลอด ซึ่งอยู่ในการให้แสงสว่างชุดที่ 1 สำหรับแสงส่องขึ้น เพียง

อย่างเดียว โดยปิดหลอดฟลูออเรสเซนต์ T5 24W จำนวน 1 หลอด ซึ่งอยู่ในการให้แสงสว่างชุดที่ 2 สำหรับแสงส่องลง เอาไว้ ให้เกิดเป็นเงื่อนไขที่แตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 4.40–ตารางที่ 4.44

ตารางที่ 4.40 แสดงประสิทธิภาพแสงสว่างของโคมไฟโดยวัดค่าการส่องสว่างที่ระนาบงานในแนวนอนบนโต๊ะ (Horizontal Work Plane) ซึ่งพิจารณาจากกรณี T5 14W UP เพียงอย่างเดียว

Lighting Performance : Horizontal Work Plane : WORK PLANE ON DESK										
CASE	CONDITION OF TASK–AMBIENT LUMINAIRE						ILLUMINANCE (lx)			
	24W HO		14W HE							
	DOWN	DIM (%)	UP1	DIM (%)	UP2	DIM (%)	E_{min}	E_{max}	E_{ave}	U_m
31	OFF	–	ON	0	ON	0	42.10	71.00	57.10	0.74
32	OFF	–	ON	0	ON	50	26.10	50.90	36.86	0.71
33	OFF	–	ON	0	ON	100	18.00	34.00	26.03	0.69
34	OFF	–	ON	0	OFF	–	17.10	32.90	26.11	0.65
35	OFF	–	ON	50	ON	50	12.00	31.00	23.24	0.52
36	OFF	–	ON	50	ON	100	3.10	14.00	10.00	0.31
37	OFF	–	ON	50	OFF	–	5.10	20.00	11.30	0.45
38	OFF	–	ON	100	ON	100	0.80	6.00	2.76	0.29
39	OFF	–	ON	100	OFF	–	0.00	2.00	1.02	0.00
40	OFF	–	OFF	–	OFF	–	0.00	0.00	0.00	0.00

จากการวัดค่าการส่องสว่างของโคมไฟต้นแบบที่ระนาบงานในแนวนอนบนโต๊ะ (Horizontal Work Plane) ทั้ง 9 จุด บนโต๊ะทำงาน (D1–D9) พบว่า

กรณีที่ 31 เมื่อเปิดเฉพาะหลอดไฟส่องขึ้น T5 14 วัตต์ จำนวน 2 หลอด โดยไม่ปรับหรี่ พบว่าค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย อยู่ที่ 57.10 ลักซ์ และค่าความสม่ำเสมอของปริมาณแสงสว่างแบบเฉลี่ย อยู่ที่ 0.74

กรณีที่ 35 เมื่อเปิดเฉพาะหลอดไฟส่องขึ้น T5 14 วัตต์ จำนวน 2 หลอด โดยปรับหรี่ทั้ง 2 หลอด 50% พบว่าค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย อยู่ที่ 23.24 ลักซ์ และค่าความสม่ำเสมอของปริมาณแสงสว่างแบบเฉลี่ย อยู่ที่ 0.52

กรณีที่ 34 เมื่อเปิดเฉพาะหลอดไฟส่องขึ้น T5 14 วัตต์ จำนวน 1 หลอด โดยไม่ปรับหรี่ พบว่าค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย อยู่ที่ 26.11 ลักซ์ และค่าความสม่ำเสมอของปริมาณแสงสว่างแบบเฉลี่ย อยู่ที่ 0.65

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.41 แสดงประสิทธิภาพแสงสว่างของโคมไฟโดยวัดค่าการส่องสว่างที่ระนาบงานในแนวนอนของห้อง (Horizontal Overall) ซึ่งพิจารณาจากกรณี T5 14W UP เพียงอย่างเดียว

Lighting Performance : Horizontal Work Plane : OVERALL ROOM										
CASE	CONDITION OF TASK–AMBIENT LUMINAIRE						ILLUMINANCE (lx)			
	24W HO		14W HE							
	DOWN	DIM (%)	UP1	DIM (%)	UP2	DIM (%)	E_{min}	E_{max}	E_{ave}	U_m
31	OFF	–	ON	0	ON	0	6.00	135.00	70.17	0.09
32	OFF	–	ON	0	ON	50	23.00	105.00	52.77	0.44
33	OFF	–	ON	0	ON	100	7.00	98.00	40.04	0.17
34	OFF	–	ON	0	OFF	–	5.00	89.00	31.63	0.16
35	OFF	–	ON	50	ON	50	1.00	104.00	38.44	0.03
36	OFF	–	ON	50	ON	100	5.00	77.00	27.26	0.18
37	OFF	–	ON	50	OFF	–	6.00	75.00	25.61	0.23
38	OFF	–	ON	100	ON	100	2.00	59.00	16.34	0.12
39	OFF	–	ON	100	OFF	–	0.50	60.00	11.21	0.04
40	OFF	–	OFF	–	OFF	–	0.00	0.00	0.00	0.00

จากการวัดค่าการส่องสว่างของโคมไฟต้นแบบที่ระนาบงานในแนวนอนของห้อง (Horizontal Overall) ทั้ง 7 จุด (F1–F3, R1–R2 และ L1–L2) โดยรอบโต๊ะทำงานพบว่า

กรณีที่ 31 เมื่อเปิดเฉพาะหลอดไฟส่องขึ้น T5 14 วัตต์ จำนวน 2 หลอด โดยไม่ปรับหรี่ พบว่าค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย อยู่ที่ 70.17 ลักซ์ และค่าความสม่ำเสมอของปริมาณแสงสว่างแบบเฉลี่ย อยู่ที่ 0.08

กรณีที่ 35 เมื่อเปิดเฉพาะหลอดไฟส่องขึ้น T5 14 วัตต์ จำนวน 2 หลอด โดยปรับหรี่ทั้ง 2 หลอด 50% พบว่าค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย อยู่ที่ 38.44 ลักซ์ และค่าความสม่ำเสมอของปริมาณแสงสว่างแบบเฉลี่ย อยู่ที่ 0.03

กรณีที่ 34 เมื่อเปิดเฉพาะหลอดไฟส่องขึ้น T5 14 วัตต์ จำนวน 1 หลอด โดยไม่ปรับหรี่ พบว่าค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย อยู่ที่ 31.63 ลักซ์ และค่าความสม่ำเสมอของปริมาณแสงสว่างแบบเฉลี่ย อยู่ที่ 0.16

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.42 แสดงประสิทธิภาพแสงสว่างของโคมไฟโดยวัดค่าการส่องสว่างที่ระนาบงานในแนวนอนบนโต๊ะในแนวที่ 1 (Horizontal Work Plane–Z1) ซึ่งพิจารณาจากกรณี T5 14W UP เพียงอย่างเดียว

Lighting Performance : Horizontal Work Plane : WORK PLANE ON DESK AT Z1 LINE										
CASE	CONDITION OF TASK–AMBIENT LUMINAIRE						ILLUMINANCE (lx)			
	24W HO		14W HE							
	DOWN	DIM (%)	UP1	DIM (%)	UP2	DIM (%)	E_{min}	E_{max}	E_{ave}	U_m
31	OFF	–	ON	0	ON	0	42.10	47.00	44.27	0.95
32	OFF	–	ON	0	ON	50	26.10	29.00	27.87	0.94
33	OFF	–	ON	0	ON	100	18.00	20.10	18.73	0.96
34	OFF	–	ON	0	OFF	–	17.10	21.80	18.97	0.90
35	OFF	–	ON	50	ON	50	12.00	21.50	16.53	0.73
36	OFF	–	ON	50	ON	100	3.10	9.30	5.80	0.53
37	OFF	–	ON	50	OFF	–	5.10	8.00	6.97	0.73
38	OFF	–	ON	100	ON	100	1.00	2.30	1.60	0.63
39	OFF	–	ON	100	OFF	–	0.70	1.10	0.93	0.75
40	OFF	–	OFF	–	OFF	–	0.00	0.00	0.00	0.00

จากการวัดค่าการส่องสว่างของโคมไฟต้นแบบที่ระนาบงานในแนวนอนบนโต๊ะในแนวที่ 1 (Horizontal Work Plane–Z1) ซึ่งวัดเฉพาะ 3 จุด บนโต๊ะทำงาน (D1, D2, D3) พบว่า

กรณีที่ 31 เมื่อเปิดเฉพาะหลอดไฟส่องขึ้น T5 14 วัตต์ จำนวน 2 หลอด โดยไม่ปรับหรี่ พบว่าค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย อยู่ที่ 44.27 ลักซ์ และค่าความสม่ำเสมอของปริมาณแสงสว่างแบบเฉลี่ย อยู่ที่ 0.95

กรณีที่ 35 เมื่อเปิดเฉพาะหลอดไฟส่องขึ้น T5 14 วัตต์ จำนวน 2 หลอด โดยปรับหรี่ทั้ง 2 หลอด 50% พบว่าค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย อยู่ที่ 16.53 ลักซ์ และค่าความสม่ำเสมอของปริมาณแสงสว่างแบบเฉลี่ย อยู่ที่ 0.73

กรณีที่ 34 เมื่อเปิดเฉพาะหลอดไฟส่องขึ้น T5 14 วัตต์ จำนวน 1 หลอด โดยไม่ปรับหรี่ พบว่าค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย อยู่ที่ 18.97 ลักซ์ และค่าความสม่ำเสมอของปริมาณแสงสว่างแบบเฉลี่ย อยู่ที่ 0.90

ศูนย์วิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.43 แสดงประสิทธิภาพแสงสว่างของโคมไฟโดยวัดค่าการส่องสว่างที่ระนาบงานในแนวนอนบนโต๊ะในแนวที่ 2 (Horizontal Work Plane–Z2) ซึ่งพิจารณาจากกรณี T5 14W UP เพียงอย่างเดียว

Lighting Performance : Horizontal Work Plane : WORK PLANE ON DESK AT Z2 LINE										
CASE	CONDITION OF TASK–AMBIENT LUMINAIRE						ILLUMINANCE (lx)			
	24W HO		14W HE							
	DOWN	DIM (%)	UP1	DIM (%)	UP2	DIM (%)	E_{min}	E_{max}	E_{ave}	U_m
31	OFF	–	ON	0	ON	0	53.20	62.00	57.40	0.93
32	OFF	–	ON	0	ON	50	30.20	39.00	35.40	0.85
33	OFF	–	ON	0	ON	100	21.20	30.00	26.07	0.81
34	OFF	–	ON	0	OFF	–	24.20	30.00	27.40	0.88
35	OFF	–	ON	50	ON	50	22.70	25.00	23.90	0.95
36	OFF	–	ON	50	ON	100	10.00	12.00	10.90	0.92
37	OFF	–	ON	50	OFF	–	10.90	20.00	14.63	0.74
38	OFF	–	ON	100	ON	100	0.80	6.00	2.60	0.31
39	OFF	–	ON	100	OFF	–	1.00	2.00	1.40	0.71
40	OFF	–	OFF	–	OFF	–	0.00	0.00	0.00	0.00

จากการวัดค่าการส่องสว่างของโคมไฟต้นแบบที่ระนาบงานในแนวนอนบนโต๊ะในแนวที่ 2 (Horizontal Work Plane–Z2) ซึ่งวัดเฉพาะ 3 จุด บนโต๊ะทำงาน (D4, D5, D6) พบว่า

กรณีที่ 31 เมื่อเปิดเฉพาะหลอดไฟส่องขึ้น T5 14 วัตต์ จำนวน 2 หลอด โดยไม่ปรับหรี่ พบว่าค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย อยู่ที่ 57.40 ลักซ์ และค่าความสม่ำเสมอของปริมาณแสงสว่างแบบเฉลี่ย อยู่ที่ 0.93

กรณีที่ 35 เมื่อเปิดเฉพาะหลอดไฟส่องขึ้น T5 14 วัตต์ จำนวน 2 หลอด โดยปรับหรี่ทั้ง 2 หลอด 50% พบว่าค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย อยู่ที่ 23.90 ลักซ์ และค่าความสม่ำเสมอของปริมาณแสงสว่างแบบเฉลี่ย อยู่ที่ 0.95

กรณีที่ 34 เมื่อเปิดเฉพาะหลอดไฟส่องขึ้น T5 14 วัตต์ จำนวน 1 หลอด โดยไม่ปรับหรี่ พบว่าค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย อยู่ที่ 27.40 ลักซ์ และค่าความสม่ำเสมอของปริมาณแสงสว่างแบบเฉลี่ย อยู่ที่ 0.88

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.44 แสดงประสิทธิภาพแสงสว่างของโคมไฟโดยวัดค่าการส่องสว่างที่ระนาบงานในแนวนอนบนโต๊ะในแนวที่ 3 (Horizontal Work Plane–Z3) ซึ่งพิจารณาจากกรณี T5 14W UP เพียงอย่างเดียว

Lighting Performance : Horizontal Work Plane : WORK PLANE ON DESK AT Z3 LINE										
CASE	CONDITION OF TASK–AMBIENT LUMINAIRE						ILLUMINANCE (lx)			
	24W HO		14W HE							
	DOWN	DIM (%)	UP1	DIM (%)	UP2	DIM (%)	E_{min}	E_{max}	E_{ave}	U_m
31	OFF	–	ON	0	ON	0	67	71	69.63	0.96
32	OFF	–	ON	0	ON	50	45	50.9	47.30	0.95
33	OFF	–	ON	0	ON	100	32.9	34	33.30	0.99
34	OFF	–	ON	0	OFF	–	31	32.9	31.97	0.97
35	OFF	–	ON	50	ON	50	27	31	29.30	0.92
36	OFF	–	ON	50	ON	100	12	14	13.30	0.90
37	OFF	–	ON	50	OFF	–	6	16.9	12.30	0.49
38	OFF	–	ON	100	ON	100	3	5	4.07	0.74
39	OFF	–	ON	100	OFF	–	0	2	0.73	0.00
40	OFF	–	OFF	–	OFF	–	0	0	0.00	0.00

จากการวัดค่าการส่องสว่างของโคมไฟต้นแบบที่ระนาบงานในแนวนอนบนโต๊ะในแนวที่ 3 (Horizontal Work Plane–Z3) ซึ่งวัดเฉพาะ 3 จุด บนโต๊ะทำงาน (D7, D8, D9) พบว่า

กรณีที่ 31 เมื่อเปิดเฉพาะหลอดไฟส่องขึ้น T5 14 วัตต์ จำนวน 2 หลอด โดยไม่ปรับหรี่ พบว่าค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย อยู่ที่ 69.63 ลักซ์ และค่าความสม่ำเสมอของปริมาณแสงสว่างแบบเฉลี่ย อยู่ที่ 0.96

กรณีที่ 35 เมื่อเปิดเฉพาะหลอดไฟส่องขึ้น T5 14 วัตต์ จำนวน 2 หลอด โดยปรับหรี่ทั้ง 2 หลอด 50% พบว่าค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย อยู่ที่ 29.30 ลักซ์ และค่าความสม่ำเสมอของปริมาณแสงสว่างแบบเฉลี่ย อยู่ที่ 0.92

กรณีที่ 34 เมื่อเปิดเฉพาะหลอดไฟส่องขึ้น T5 14 วัตต์ จำนวน 1 หลอด โดยไม่ปรับหรี่ พบว่าค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย อยู่ที่ 31.97 ลักซ์ และค่าความสม่ำเสมอของปริมาณแสงสว่างแบบเฉลี่ย อยู่ที่ 0.97

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย / อภิปรายผล / ข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยชิ้นนี้ใช้ยุทธวิธีการวิจัยเชิงจำลองสถานการณ์ (Simulation Research) ร่วมกับการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) เพื่อออกแบบและพัฒนาต้นแบบ (Prototype) ของโคมไฟประหยัดพลังงานซึ่งใช้เทคนิคการให้แสงเฉพาะที่เพื่อเสริมการให้แสงในบริเวณทั่วไป (Task–Ambient Luminaire) สำหรับอาคารสำนักงาน โดยขั้นตอนวิธีการดำเนินการวิจัยได้แบ่งออกเป็น 2 ส่วนใหญ่ ได้แก่ ส่วนที่ 1 การทบทวนและพัฒนาเกณฑ์ในการออกแบบระบบแสงสว่าง และ ส่วนที่ 2 การออกแบบพัฒนาโคมไฟประหยัดพลังงานซึ่งใช้เทคนิคการให้แสงเฉพาะที่เพื่อเสริมการให้แสงในบริเวณทั่วไปสำหรับอาคารสำนักงาน และทดสอบประสิทธิภาพการให้แสงสว่าง ซึ่งในส่วนของการพัฒนาโคมไฟนี้ได้ออกเป็น 3 ส่วนย่อย ได้แก่ ส่วนที่ 1 การออกแบบโคมไฟขั้นต้นด้วยการจำลองสภาพการให้แสงสว่างเสมือนจริงด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ส่วนที่ 2 การสร้างโคมไฟเท่าขนาดจริงเพื่อใช้ทดสอบประสิทธิภาพการให้แสงสว่างในขั้นต้น และส่วนที่ 3 การออกแบบพัฒนาโคมไฟเพื่อนำไปสร้างจริงเพื่อใช้ทดสอบประสิทธิภาพการให้แสงสว่าง

การออกแบบโคมไฟขั้นต้นด้วยการจำลองสภาพการให้แสงสว่างเสมือนจริงด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ (Computer Simulation) ได้ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการจำลองสภาพแสงสว่างภายในอาคาร คือ DIALux 4.6 เป็นเครื่องมือ โดยในขั้นแรกได้ทำการจำลองห้องทำงานเดี่ยว กว้าง x ยาว x สูง คือ 3.00 x 3.00 x 3.00 เมตร ซึ่งมีพื้นที่ 9.00 ตารางเมตร ซึ่งวัสดุภายในห้องทำงานมีค่าการสะท้อนแสงของเพดาน–ผนัง–พื้น (Room Reflectance) เท่ากับ 70% – 50% – 20% ภายในมีโต๊ะทำงาน กว้าง x ยาว คือ 0.60 X 1.20 เมตร ซึ่งมีระนาบทำงานบนโต๊ะสูง 0.75 เมตร พร้อมผนังกั้น จำนวน 1 ชุด ที่ใช้ติดตั้งโคมไฟจำลองซึ่งมีระยะห่างทางตั้งที่ติดตั้ง (Installed Vertical Height, VH) คือ 0.50, 0.60, 0.70, 0.80, 0.90, 1.00 เมตร และระยะห่างทางนอนที่ติดตั้ง (Installed Horizontal Length, HL) คือ 0.05, 0.15, 0.30 เมตร เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพแสงสว่าง (Lighting Performance) ของหลอดฟลูออเรสเซนต์ T5 14 W HE และ T5 24 W HO ในทิศทางของการติดตั้ง 3 รูปแบบ คือ แสงส่องขึ้น (Up Light), แสงส่องลง (Down Light) และแสงส่องขึ้น–ส่องลง (Up–Down Light) ผลการทดสอบพบว่าระยะในการติดตั้งโคมไฟกับผนังกั้นสำเร็จรูปของโต๊ะทำงานที่เหมาะสมนั้น มีค่าระยะห่างทางตั้งที่ 0.50–0.70 เมตร และระยะห่างทางนอนที่ 0.30 เมตร เมื่อใช้หลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ T5 24 W HO ในทิศทางของการติดตั้งรูปแบบแสงส่องขึ้น–ส่องลง ซึ่งให้ค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย (Average Illuminance, E_{ave}) ที่ 553–795 ลักซ์ ซึ่งตอบสนองต่อเกณฑ์ค่าการส่องสว่างภายในอาคารสำนักงานทั้งในส่วนการใช้งานทั้งงานด้านเอกสารและงานด้านคอมพิวเตอร์ที่ 300–500 ลักซ์ และให้ค่าความสม่ำเสมอของปริมาณแสงสว่างแบบเฉลี่ย (Average Uniformity, U_m) ที่ 0.2–0.36 ซึ่งอาจต่ำกว่าเกณฑ์ค่าความสม่ำเสมอของปริมาณแสงสว่างแบบเฉลี่ย สำหรับการใช้งานบนโต๊ะทำงานทั่วไปที่ 0.5–0.7

ในขั้นที่สองได้ทำการจำลองห้องทำงานรวม กว้าง X ยาว X สูง คือ 4.50 X 6.00 X 3.00 เมตร ซึ่งมีพื้นที่ 27.00 ตารางเมตร ซึ่งวัสดุภายในห้องทำงานมีค่าการสะท้อนแสงของเพดาน–ผนัง–พื้น (Room Reflectance) เท่ากับ 70%–50%–20% ภายในมีโต๊ะทำงาน กว้าง x ยาว คือ 0.60 X 1.20 เมตร ซึ่งมีระนาบทำงานบนโต๊ะสูง 0.75 เมตร พร้อมผนังกั้น จำนวน 8 ชุด เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพพลังงาน (Energy Performance) ระหว่างเทคนิคการให้แสงเฉพาะที่เพื่อเสริมการให้แสงในบริเวณทั่วไป (Task–Ambient Lighting) และเทคนิคการให้

แสงสว่างในพื้นที่ใช้งานในลักษณะทั่วไป (Uniform Lighting) โดยทำการสร้างห้องทำงานรวมที่ใช้เทคนิคการให้แสงเฉพาะที่เพื่อเสริมการให้แสงในบริเวณทั่วไปขึ้นมาก่อน เพื่อหาค่าเฉลี่ยของค่าการส่องสว่างที่ระนาบแนวนอนที่ระดับโต๊ะทำงานตรงบริเวณพื้นที่ทางเดินทั้ง 3 พื้นที่ คือ พื้นที่ทางเดินที่ 1 – พื้นที่ทางเดินที่ 3 (Area 1 – Area 3) มาใช้เป็นเกณฑ์ในการออกแบบติดตั้งจำนวนโคมไฟภายในห้องทำงานรวมที่ใช้เทคนิคการให้แสงสว่างในพื้นที่ใช้งานในลักษณะทั่วไป ภายในโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการจำลองสภาพแสงสว่างภายในอาคาร คือ DIALux 4.6 เพื่อให้ได้ค่าเฉลี่ยของค่าการส่องสว่างที่ระนาบแนวนอนที่ระดับโต๊ะทำงานตรงบริเวณพื้นที่ทางเดินทั้ง 3 พื้นที่ ที่มีค่าเท่ากันที่ 373 ลักซ์ ผลการทดสอบพบว่าค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างภายใน (Lighting Power Density, LPD) ของห้องทำงานรวมที่ใช้เทคนิคการให้แสงเฉพาะที่เพื่อเสริมการให้แสงในบริเวณทั่วไป มีค่า 7.11 วัตต์/ตารางเมตร และห้องทำงานรวมที่ใช้เทคนิคการให้แสงสว่างในพื้นที่ใช้งานในลักษณะทั่วไป มีค่า 13.33 วัตต์/ตารางเมตร โดยมีค่าน้อยกว่าค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างภายใน สำหรับอาคารสำนักงาน ที่มีค่า 14 วัตต์/ตารางเมตร ดังนั้นห้องทำงานรวมที่ใช้เทคนิคการให้แสงเฉพาะที่เพื่อเสริมการให้แสงในบริเวณทั่วไปจึงมีค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างภายในที่น้อยกว่าห้องทำงานรวมที่ใช้เทคนิคการให้แสงสว่างในพื้นที่ใช้งานในลักษณะทั่วไป 46.7%

การสร้างโคมไฟเท่าขนาดจริงเพื่อใช้ทดสอบประสิทธิภาพการให้แสงสว่างในขั้นต้น (Full–Scale Mock–Up) ได้ทำการสร้างโคมไฟเท่าขนาดจริงจากท่อพลาสติกพีวีซี ซึ่งได้ยึดเกณฑ์ระยะห่างทางตั้งและระยะห่างทางนอนที่ติดตั้งที่ได้จากขั้นตอนการออกแบบโคมไฟขั้นต้นด้วยการจำลองสภาพการให้แสงสว่างเสมือนจริงด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ โดยระยะห่างทางตั้งที่ติดตั้ง (Installed Vertical Height, VH) สามารถปรับได้ ±0.10 เมตร และระยะห่างทางนอนที่ติดตั้ง (Installed Horizontal Length, HL) สามารถปรับได้ ±0.10 เมตร นอกจากนี้ยังได้สร้างตัวกระจายแสงอย่างง่ายจากวัสดุจำพวกแผ่นอลูมิเนียมที่มีค่าการสะท้อนแสง (Reflectance) ที่ 87% ขึ้นมาติดตั้งเสริมในส่วนของการให้แสงสว่างของโคมไฟทั้ง 2 ชุด คือ ชุดที่ 1 สำหรับแสงส่องขึ้นเพื่อการให้แสงสว่างในบริเวณทั่วไป (Ambient Lighting) ซึ่งเป็นตัวกระจายแสงในลักษณะสมมาตร (Symmetry Reflector) ช่วยกระจายแสงในลักษณะวงกว้างมากที่สุด และชุดที่ 2 สำหรับแสงส่องลงเพื่อการให้แสงสว่างเฉพาะบริเวณพื้นที่ทำงานบนโต๊ะ (Task Lighting) ซึ่งเป็นตัวกระจายแสงในลักษณะอสมมาตร (Asymmetry Reflector) ช่วยกระจายแสงในลักษณะตัดแสงที่จะสะท้อนไปสู่หน้าจอคอมพิวเตอร์ ผลการทดสอบพบว่า การเพิ่มตัวกระจายแสงเข้ามาในชุดโคมไฟนั้น จะทำให้ค่าการส่องสว่างแบบเฉลี่ย (E_{ave}) มีค่าเพิ่มขึ้น 57.74% แต่อาจจะทำให้ค่าความสม่ำเสมอของปริมาณแสงสว่างแบบเฉลี่ย (U_m) มีค่าลดลง 34.37%

การออกแบบพัฒนาโคมไฟเพื่อนำไปสร้างจริงเพื่อใช้ทดสอบประสิทธิภาพการให้แสงสว่าง (Design Development of Final Prototype) ได้ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ AutoCAD 2007, Google SketchUp 6.0 และ Photopia 3.0 เป็นเครื่องมือในการออกแบบพัฒนารูปแบบของโคมไฟและตัวกระจายแสง ซึ่งได้ยึดเกณฑ์ระยะห่างทางตั้งและระยะห่างทางนอนที่ติดตั้งที่ได้จากขั้นตอนการออกแบบโคมไฟขั้นต้นด้วยการจำลองสภาพการให้แสงสว่างเสมือนจริงด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ โดยระยะห่างทางตั้งที่ติดตั้ง (Installed Vertical Height, VH) สามารถปรับได้ ±0.10 เมตร และระยะห่างทางนอนที่ติดตั้ง(Installed Horizontal Length, HL) สามารถปรับได้ ±0.10 เมตร โคมไฟต้นแบบนี้แบ่งการให้แสงสว่างออกเป็น 2 ชุด จากจำนวนหลอดฟลูออเรสเซนต์ 3

หลอด ที่แยกการควบคุมอิสระจากกัน ได้แก่ ชุดที่ 1 คือ โคมไฟสำหรับการให้แสงสว่างชนิดแสงส่องขึ้น ได้ใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ T5 14 W HE จำนวน 2 หลอด ซึ่งสามารถปรับหรี่ได้ด้วยบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Ballast) พร้อมสวิตช์ปรับหรี่ชนิดอนาล็อก (Analog Dimming Switch) รวมทั้งมีตัวกระจายแสงในลักษณะสมมาตร (Symmetry Reflector) ช่วยกระจายแสงในลักษณะวงกว้างมากที่สุด เพื่อการให้แสงสว่างในบริเวณทั่วไป และชุดที่ 2 คือ โคมไฟสำหรับการการให้แสงสว่างชนิดแสงส่องลงได้ใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ T5 24W HO จำนวน 1 หลอด ซึ่งสามารถปรับหรี่ได้ด้วยบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Ballast) พร้อมสวิตช์ปรับหรี่ชนิดดิจิตอล (Digital Dimming Switch) รวมทั้งมีตัวกระจายแสงในลักษณะอสมมาตร (Asymmetry Reflector) ช่วยกระจายแสงในลักษณะตัดแสงที่จะสะท้อนไปสู่หน้าจอคอมพิวเตอร์ เพื่อการให้แสงสว่างเฉพาะบริเวณพื้นที่ทำงานบนโต๊ะ ผลการทดสอบพบว่า เมื่อพิจารณาที่ระนาบงานในแนวนอนบนโต๊ะ การเปิดหลอดฟลูออเรสเซนต์ทั้ง 3 หลอด โดยไม่ปรับหรี่ ได้ค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย 739.77 ลักซ์ ในสภาวะที่ 1 เมื่อปรับหรี่หลอดไฟส่องลง T5 24 วัตต์ จาก 0% เป็น 50% ได้ค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย 323.43 ลักซ์ ซึ่งลดลงจากปกติ 56.28% ในสภาวะที่ 2 เมื่อปรับหรี่หลอดไฟส่องขึ้น T5 14 วัตต์ ทั้ง 2 หลอด จาก 0% เป็น 50% ได้ค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย 672.66 ลักซ์ ซึ่งลดลงจากปกติ 9% ในสภาวะที่ 3 เมื่อเปิดหลอดไฟส่องลง T5 24 W HO เพียง 1 หลอด ได้ค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย 640.99 ลักซ์ ซึ่งลดลงจากปกติ 13.35% ในสภาวะที่ 4 เมื่อเปิดหลอดไฟส่องขึ้น T5 14 W HE เพียง 2 หลอด ได้ค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย 57.10 ลักซ์ ซึ่งลดลงจากปกติ 92.28%

5.2 อภิปรายผล

งานวิจัยชิ้นนี้ได้ทำการออกแบบและพัฒนาต้นแบบ (Prototype) ของโคมไฟประหยัดพลังงานซึ่งใช้เทคนิคการให้แสงเฉพาะที่เพื่อเสริมการให้แสงในบริเวณทั่วไป (Task–Ambient Luminaire) สำหรับอาคารสำนักงานและทดสอบประสิทธิภาพการให้แสงสว่าง โดยได้แบ่งขั้นตอนการอภิปรายผล ออกเป็น 3 ส่วนใหญ่ ได้แก่ ส่วนที่ 1 การออกแบบโคมไฟขั้นต้นด้วยการจำลองสภาพการให้แสงสว่างเสมือนจริงด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์, ส่วนที่ 2 การสร้างโคมไฟเท่าขนาดจริงเพื่อใช้ทดสอบประสิทธิภาพการให้แสงสว่างในขั้นต้น และส่วนที่ 3 การออกแบบพัฒนาโคมไฟเพื่อนำไปสร้างจริงเพื่อใช้ทดสอบประสิทธิภาพการให้แสงสว่าง

ส่วนที่ 1 การออกแบบโคมไฟขั้นต้นด้วยการจำลองสภาพการให้แสงสว่างเสมือนจริงด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ประกอบด้วยการวัดค่าการส่องสว่างในสถานที่จริงเพื่อเปรียบเทียบกับการจำลองสภาพเสมือนจริงของสถานที่จริงในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ซึ่งมีผลการอภิปรายในการปรับเทียบเพื่อทดสอบความถูกต้องระหว่างกรณีศึกษาที่ 1 และกรณีศึกษาที่ 5 , การจำลองสภาพเสมือนจริงของโคมไฟที่ใช้เทคนิคการให้แสงเฉพาะที่เพื่อเสริมการให้แสงในบริเวณทั่วไปในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนที่ 1 การจำลองห้องทำงานเดี่ยวเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพแสงสว่าง (Lighting Performance) ซึ่งมีผลการอภิปรายในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพแสงสว่างระหว่างการใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ T5 14 W HE และ T5 24 W HO และส่วนที่ 2 การจำลองห้องทำงานรวมเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพพลังงาน (Energy Performance) ซึ่งมีผลการอภิปรายในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพพลังงานและประสิทธิภาพแสงสว่างระหว่างเทคนิคการให้แสงเฉพาะที่เพื่อเสริมการให้แสงในบริเวณทั่วไป (Task–Ambient Lighting) และเทคนิคการให้แสงสว่างในพื้นที่ใช้งานในลักษณะทั่วไป (Uniform Lighting)

ส่วนที่ 2 การสร้างโคมไฟเท่าขนาดจริงเพื่อใช้ทดสอบประสิทธิภาพการให้แสงสว่างในขั้นต้น ประกอบด้วยการเปรียบเทียบประสิทธิภาพแสงสว่างระหว่างโคมไฟเท่าขนาดจริงแบบที่ไม่มีตัวกระจายแสงและแบบที่มีตัวกระจายแสง

ส่วนที่ 3 การออกแบบพัฒนาโคมไฟเพื่อนำไปสร้างจริงเพื่อใช้ทดสอบประสิทธิภาพการให้แสงสว่าง ประกอบด้วยการเปรียบเทียบประสิทธิภาพแสงสว่างจากการใช้งานเปิด–ปิด (ON–OFF) และปรับหรี่ 3 ระดับ (DIM 0%–50%–100%)

5.2.1 การออกแบบโคมไฟขั้นต้นด้วยการจำลองสภาพการให้แสงสว่างเสมือนจริงด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ (Computer Simulation)

ขั้นตอนการออกแบบโคมไฟขั้นต้นด้วยการจำลองสภาพการให้แสงสว่างเสมือนจริงด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ได้แบ่งผลการอภิปรายออกเป็น 2 ส่วนหลัก คือ

1) การวัดค่าการส่องสว่างในสถานที่จริงเพื่อเปรียบเทียบกับการจำลองสภาพเสมือนจริงของสถานที่จริงในโปรแกรมคอมพิวเตอร์

2) การจำลองสภาพเสมือนจริงของโคมไฟที่ใช้เทคนิคการให้แสงเฉพาะที่เพื่อเสริมการให้แสงในบริเวณทั่วไปในโปรแกรมคอมพิวเตอร์

5.2.1.1 การวัดค่าการส่องสว่างในสถานที่จริงเพื่อเปรียบเทียบกับการจำลองสภาพเสมือนจริงของสถานที่จริงในโปรแกรมคอมพิวเตอร์

ในส่วนนี้จะทำการศึกษาโดยการวัดค่าการส่องสว่างเฉพาะแสงส่องลง (Down Light) ตามลักษณะการติดตั้งโคมไฟในสถานที่จริง ร่วมกับการจำลองค่าการส่องสว่างเฉพาะแสงส่องลง (Down Light) จากโปรแกรมคอมพิวเตอร์อย่างง่ายสำหรับการจำลองสภาพแสงสว่างภายในอาคาร คือ DIALux 4.6 Light เป็นจำนวนทั้งสิ้น 5 กรณีศึกษา โดยจะทำการปรับเทียบเพื่อทดสอบความถูกต้อง (Calibration) ระหว่างกรณีศึกษาที่ 1 และกรณีศึกษาที่ 2

5.2.1.1.1 การปรับเทียบเพื่อทดสอบความถูกต้องระหว่างกรณีศึกษาที่ 1 และกรณีศึกษาที่ 2

เมื่อนำค่าการส่องสว่างเฉพาะแสงส่องลง ที่ระนาบแนวนอนที่ระดับโต๊ะทำงานเฉพาะพื้นที่โต๊ะทำงานของโต๊ะทำงานจำนวน 9 ตัว จากกรณีที่ 1 ซึ่งเป็นค่าการส่องสว่างจากการวัดได้จริงในสถานที่จริง และกรณีที่ 2 ซึ่งเป็นค่าการส่องสว่างซึ่งเกิดจากการจำลองสภาพเสมือนจริงของสถานที่จริง มาเปรียบเทียบกันเพื่อทำการปรับเทียบเพื่อทดสอบความถูกต้อง (Calibration) ระหว่างการวัดค่าการส่องสว่างในสถานที่จริงและการวัดค่าการส่องสว่างจากการจำลองสภาพเสมือนจริง พบว่า

กรณีศึกษาที่ 1 มีค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย (E_{ave}) มีค่า 563.5 ลักซ์

กรณีศึกษาที่ 2 ค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย (E_{ave}) มีค่า 596.3 ลักซ์

เมื่อนำมาเปรียบเทียบกันที่ค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย (E_{ave}) แล้ว ในกรณีที่ 2 มีค่ามากกว่า ในกรณีที่ 1 คือ 5.82 % ซึ่งในการปรับเทียบเพื่อทดสอบความถูกต้อง (Calibration) นั้นควรมีความผิดพลาด (Error) ไม่เกิน ± 10% ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าการนำโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการจำลองสภาพแสงสว่างภายในอาคาร คือ DIALux 4.6 เข้ามาใช้ในการทำวิจัยนั้นมีความเชื่อถือได้ (Validity)

5.2.1.2 การจำลองสภาพเสมือนจริงของโคมไฟที่ใช้เทคนิคการให้แสงเฉพาะที่เพื่อเสริมการให้แสงในบริเวณทั่วไปในโปรแกรมคอมพิวเตอร์

ในส่วนนี้จะทำการศึกษาโดยการจำลองสภาพเสมือนจริงของโคมไฟที่ใช้เทคนิคการให้แสงเฉพาะที่เพื่อเสริมการให้แสงในบริเวณทั่วไป (Task–Ambient Lighting) เพื่อดูผลการจำลองประสิทธิภาพแสงสว่าง (Lighting Performance) และการจำลองสภาพเสมือนจริงของห้องทำงานรวมที่ได้มีการใช้เทคนิคการให้แสงสว่างที่แตกต่างกัน เพื่อดูผลการจำลองประสิทธิภาพพลังงาน (Energy Performance) ซึ่งจะเปรียบเทียบระหว่างเทคนิคการให้แสงเฉพาะที่เพื่อเสริมการให้แสงในบริเวณทั่วไป (Task–Ambient Lighting) และเทคนิคการให้แสงสว่างในพื้นที่ใช้งานในลักษณะทั่วไป (Uniform Lighting)

5.2.1.2.1 การจำลองห้องทำงานเดี่ยวเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพแสงสว่าง (Lighting Performance) ของโคมไฟ

ผลวิจัยจากการจำลองห้องทำงานเดี่ยวขนาด 9.00 ตารางเมตร มีโต๊ะทำงานที่มีความสูงจากพื้น–ระนาบทำงาน (Work Plane, WP) = 0.75 เมตร พร้อมผนังกั้น จำนวน 1 ชุด โดยจะทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพแสงสว่าง (Lighting Performance) ระหว่างการใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ T5 14 W HE และ T5 24 W HO ของโคมไฟที่ใช้เทคนิคการให้แสงเฉพาะที่เพื่อเสริมการให้แสงในบริเวณทั่วไป (Task–Ambient Luminaire)

5.2.1.2.1.1 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพแสงสว่างระหว่างการใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ T5 14 W HE และ T5 24 W HO

เมื่อนำค่าการส่องสว่างจากการจำลองสภาพเสมือนจริงของโคมไฟที่มีรูปแบบการให้แสงสว่างทั้งแสงส่องขึ้น–ส่องลง ที่ระนาบแนวนอนที่ระดับโต๊ะทำงานเฉพาะพื้นที่โต๊ะทำงานของโคมไฟที่ติดตั้งกับผนังกั้นสำเร็จรูปซึ่งใช้แบ่งพื้นที่ของโต๊ะทำงาน ที่มีระยะห่างทางตั้งที่ติดตั้ง 0.50–1.00 เมตร และระยะห่างทางนอนที่ติดตั้ง 0.05–0.30 เมตร ซึ่งได้จากการจำลองสภาพเสมือนจริงของโคมไฟที่ได้ใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ T5 14 W HE และ T5 24 W HO มาเปรียบเทียบกัน สามารถแยกการวิเคราะห์ออกได้เป็น 5 กรณี ดังนี้

5.2.1.2.1.1.1 ผลกระทบของประเภทของหลอดฟลูออเรสเซนต์ต่อประสิทธิภาพแสงสว่าง

จากการพิจารณาค่าการส่องสว่างของโคมไฟทั้งแสงส่องขึ้น–ส่องลง พบว่าโคมไฟที่ใช้หลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ T5 24 W HO เมื่อติดตั้งที่ระยะห่างทางตั้งที่ 0.50–1.00 เมตร และระยะห่างทางนอนที่ 0.05–0.30 เมตร ให้ค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย 320–795 ลักซ์ ซึ่งตอบสนองต่อเกณฑ์ค่าการส่องสว่างภายในอาคารสำนักงาน ทั้งในส่วนงานด้านเอกสารและงานด้าน

คอมพิวเตอร์ ในขณะที่โคมไฟที่ใช้หลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ T5 14 W HE เมื่อติดตั้งที่ระยะห่างทางตั้งที่ 0.50 เมตร และระยะห่างทางนอนที่ 0.15–0.30 เมตร ให้ค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย 312–318 ลักซ์ ซึ่งตอบสนองต่อเกณฑ์ค่าการส่องสว่างภายในอาคารสำนักงานเพียงในส่วนงานด้านเอกสาร 300 ลักซ์ แต่ไม่ตอบสนองต่องานด้านคอมพิวเตอร์

5.2.1.2.1.1.2 ผลกระทบของระยะห่างในการติดตั้งโคมไฟกับผนังกั้นต่อประสิทธิภาพแสงสว่าง

จากการพิจารณาค่าการส่องสว่างของโคมไฟทั้งแสงส่องขึ้น–ส่องลง พบว่าโคมไฟที่ใช้หลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ T5 24 W HO เมื่อติดตั้งที่ระยะห่างทางตั้งที่ 0.50–1.00 เมตร และระยะห่างทางนอนที่ 0.30 เมตร เนื่องจากที่ระยะห่างทางนอนในการติดตั้งที่ระยะ 0.05–0.15 เมตร ไม่ตอบสนองต่อการใช้วางหน้าจอคอมพิวเตอร์ แต่ได้ทำการจำลองสำหรับในกรณีที่บนโต๊ะมีเฉพาะการทำงานประเภทงานด้านเอกสาร

จากระยะห่างทางตั้งและระยะห่างทางนอนที่เหมาะสมสำหรับการใช้งานทั้งงานด้านเอกสารและงานด้านคอมพิวเตอร์นั้น คือ ระยะห่างทางตั้งที่ 0.50–1.00 เมตร และระยะห่างทางนอนที่ 0.30 เมตร ให้ค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย 350–800 ลักซ์ ซึ่งค่าการส่องสว่างนี้ตอบสนองต่อเกณฑ์ค่าการส่องสว่างภายในอาคารสำนักงาน ทั้งในส่วนงานด้านเอกสารและงานด้านคอมพิวเตอร์ ในขณะที่ระยะห่างทางตั้งและระยะห่างทางนอนที่เหมาะสมสำหรับการใช้งานด้านเอกสารเพียงอย่างเดียวนั้น คือ ระยะห่างทางตั้งที่ 0.50–1.00 เมตร และระยะห่างทางนอนที่ 0.05–0.30 เมตร ให้ค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย 320–800 ลักซ์

5.2.1.2.1.1.3 ผลกระทบของรูปแบบของการติดตั้งหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ต่อประสิทธิภาพแสงสว่าง

จากการพิจารณาค่าการส่องสว่างของการติดตั้งหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ของโคมไฟที่ใช้เทคนิคการให้แสงเฉพาะที่เพื่อเสริมการให้แสงในบริเวณทั่วไปนั้น พบว่าเมื่อมีการเพิ่มการติดตั้งหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์เพื่อแสงส่องขึ้นเพิ่มขึ้นมาจากหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์เพื่อแสงส่องลงที่มีอยู่เดิมนั้น จะช่วยเพิ่มค่าการส่องสว่างขึ้นมา 8–16% ในกรณีการใช้หลอด T5 14 W HE และ 4–10% ในกรณีการใช้หลอด T5 24 W HO

5.2.1.2.1.1.4 ผลกระทบของระยะห่างในการติดตั้งโคมไฟกับผนังกั้นต่อค่าความสม่ำเสมอของปริมาณแสงสว่างแบบเฉลี่ย

จากการพิจารณาค่าการส่องสว่างกับค่าความสม่ำเสมอของปริมาณแสงสว่างแบบเฉลี่ยของโคมไฟทั้งแสงส่องขึ้น–ส่องลง พบว่าโคมไฟที่ใช้หลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ T5 14 W HO เมื่อติดตั้งที่ระยะห่างทางตั้งที่ 0.90–1.00 เมตร และระยะห่างทางนอนที่ 0.05–0.30 เมตร ให้ค่าการส่องสว่างกับค่าความสม่ำเสมอของปริมาณแสงสว่างแบบเฉลี่ย 0.53–0.63 ลักซ์ ซึ่งตอบสนองต่อเกณฑ์ค่าความสม่ำเสมอของปริมาณแสงสว่างแบบเฉลี่ย สำหรับการใช้งานบนโต๊ะทำงานทั่วไปที่มีค่า 0.5–0.7 ในขณะที่โคมไฟที่ใช้หลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ T5 24 W HO เมื่อติดตั้งที่ระยะห่างทางตั้งที่ 1.00 เมตร และระยะห่างทางนอนที่ 0.15–0.30 เมตร ให้ค่าการส่องสว่างกับค่าความสม่ำเสมอของปริมาณแสงสว่างแบบเฉลี่ย

0.51–0.55 ซึ่งตอบสนองต่อเกณฑ์ค่าความสม่ำเสมอของปริมาณแสงสว่างแบบเฉลี่ย สำหรับการใช้งานบนโต๊ะทำงานทั่วไปที่มีค่า 0.5–0.7

5.2.1.2.1.1.5 ระยะในการติดตั้งโคมไฟกับผนังกั้นสำเร็จรูปของโต๊ะทำงานที่เหมาะสม

จากการศึกษาในขั้นตอนการจำลองสภาพเสมือนจริงของโคมไฟที่ใช้เทคนิคการให้แสงเฉพาะที่เพื่อเสริมการให้แสงในบริเวณทั่วไปในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ พบว่าระยะในการติดตั้งโคมไฟกับผนังกั้นสำเร็จรูปของโต๊ะทำงานที่เหมาะสมนั้นมีค่าระยะห่างทางตั้งที่ 0.50–0.70 เมตร และระยะห่างทางนอนที่ 0.30 เมตร สำหรับกรณีโคมไฟที่ใช้หลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ T5 24 W HO ซึ่งให้ค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย 553–795 ลักซ์ ซึ่งตอบสนองต่อเกณฑ์ค่าการส่องสว่างภายในอาคารสำนักงาน โดยในขั้นต่อไปนั้นโคมไฟจะต้องสามารถปรับระยะห่างทางตั้งได้อย่างน้อย ±0.10 เมตร เพื่อตอบสนองต่อการนำโคมไฟต้นแบบไปติดตั้งบนผนังกั้นระหว่างโต๊ะทำงานซึ่งโดยทั่วไปจะมีความสูงโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 0.60 เมตร และตอบสนองต่อค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ยที่ต้องการ ทั้งในส่วนการใช้งานทั้งงานด้านเอกสารและงานด้านคอมพิวเตอร์ ซึ่งต้องการค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย 300–500 ลักซ์

5.2.1.2.2 การจำลองห้องทำงานรวมเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพพลังงาน (Energy Performance) ของเทคนิคการให้แสงสว่าง

ผลวิจัยจากการจำลองห้องทำงานรวมขนาด 27.00 ตารางเมตร มีโต๊ะทำงานขนาดที่มีความสูงจากพื้น–ระนาบทำงาน (Work Plane, WP) = 0.75 เมตร พร้อมผนังกั้น จำนวน 8 ชุด โดยจะทำการเปรียบประสิทธิภาพพลังงาน (Energy Performance) ระหว่างเทคนิคการให้แสงเฉพาะที่เพื่อเสริมการให้แสงในบริเวณทั่วไป (Task–Ambient Lighting) และเทคนิคการให้แสงสว่างในพื้นที่ใช้งานในลักษณะทั่วไป (Uniform Lighting)

5.2.1.2.2.1 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพพลังงานและประสิทธิภาพแสงสว่างระหว่างเทคนิคการให้แสงทั้งสองประเภท

เมื่อนำค่าการส่องสว่างจากการจำลองสภาพเสมือนจริงของห้องทำงานรวมที่ใช้เทคนิคการให้แสงเฉพาะที่เพื่อเสริมการให้แสงในบริเวณทั่วไป และห้องทำงานรวมที่ใช้เทคนิคการให้แสงสว่างในพื้นที่ใช้งานในลักษณะทั่วไป มาเปรียบเทียบกัน สามารถแยกการวิเคราะห์ออกได้เป็นกรณี ดังนี้

5.2.1.2.2.1.1 ผลกระทบของเทคนิคการให้แสงสว่างต่อประสิทธิภาพพลังงาน

จากการพิจารณาค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างภายในของห้องทำงานรวมขนาดเท่ากัน 27 ตารางเมตร โดยห้องทำงานรวมที่ใช้เทคนิคการให้แสงเฉพาะที่เพื่อเสริมการให้แสงในบริเวณทั่วไป มีค่า 7.11 วัตต์ / ตารางเมตร และห้องทำงานรวมที่ใช้เทคนิคการให้แสงสว่างในพื้นที่ใช้งานในลักษณะทั่วไป มีค่า 13.33 วัตต์ / ตารางเมตร ดังนั้นห้องทำงานรวมที่ใช้เทคนิคการให้แสง

เฉพาะที่เพื่อเสริมการให้แสงในบริเวณทั่วไปจึงมีค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างภายในที่น้อยกว่าห้องทำงานรวมที่ใช้เทคนิคการให้แสงสว่างในพื้นที่ใช้งานในลักษณะทั่วไป 46.7%

ห้องทำงานรวมที่ใช้เทคนิคการให้แสงสว่างในพื้นที่ใช้งานในลักษณะทั่วไป ต้องใช้จำนวนหลอดฟลูออเรสเซนต์ T5 24 W HO เป็นจำนวน 15 หลอด สำหรับการให้แสงในบริเวณทั่วไป (Ambient Lighting) มากกว่าห้องทำงานรวมที่ใช้เทคนิคการให้แสงเฉพาะที่เพื่อเสริมการให้แสงในบริเวณทั่วไป ซึ่งใช้เพียง 8 หลอด สำหรับการให้แสงในบริเวณทั่วไป (Ambient Lighting) เพื่อให้ได้ค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย (E_{ave}) ของพื้นที่ทางเดินทั้ง 3 พื้นที่ ที่ 373 ลักซ์ เท่ากันทั้ง 2 ห้อง ดังนั้นห้องทำงานรวมที่ใช้เทคนิคการให้แสงเฉพาะที่เพื่อเสริมการให้แสงในบริเวณทั่วไป จึงมีค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างภายในที่มีประสิทธิภาพพลังงานที่ดีกว่า ซึ่งมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์ค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างภายใน (Lighting Power Density, LPD) สำหรับอาคารสำนักงาน ซึ่งจะต้องมีค่าไม่เกิน 14 วัตต์ / ตารางเมตร

5.2.1.2.2.1.2 **ผลกระทบของเทคนิคการให้แสงสว่างต่อประสิทธิภาพแสงสว่าง เมื่อพิจารณาที่โต๊ะทำงานทั้ง 8 ชุด**

จากค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย (E_{ave}) และค่าความสม่ำเสมอของปริมาณแสงสว่างแบบเฉลี่ย (U_m) ซึ่งพิจารณาที่ระนาบแนวนอนที่ระดับโต๊ะทำงาน เฉพาะพื้นที่โต๊ะทำงานของโต๊ะทำงานทั้ง 8 ชุด แบ่งออกเป็นห้องทำงานที่ใช้เทคนิคการให้แสงเฉพาะที่เพื่อเสริมการให้แสงในบริเวณทั่วไปและห้องทำงานที่ใช้เทคนิคการให้แสงสว่างในพื้นที่ใช้งานในลักษณะทั่วไป พบว่า

ห้องทำงานที่ใช้เทคนิคการให้แสงเฉพาะที่เพื่อเสริมการให้แสงในบริเวณทั่วไป ในกรณีที่พิจารณาจากโต๊ะตัวที่ 1–โต๊ะตัวที่ 8 มีค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย (E_{ave}) อยู่ที่ระหว่าง 808–846 ลักซ์ และมีค่าความสม่ำเสมอของปริมาณแสงสว่างแบบเฉลี่ย (U_m) 0.5–0.52 ส่วนในกรณีที่พิจารณาจากโต๊ะทุกตัวรวมกัน มีค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย (E_{ave}) 826 ลักซ์ และมีค่าความสม่ำเสมอของปริมาณแสงสว่างแบบเฉลี่ย (U_m) 0.51 ในขณะที่ห้องทำงานที่ใช้เทคนิคการให้แสงสว่างในพื้นที่ใช้งานในลักษณะทั่วไป ในกรณีที่พิจารณาจากโต๊ะตัวที่ 1–โต๊ะตัวที่ 8 มีค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย (E_{ave}) อยู่ที่ระหว่าง 321–405 ลักซ์ และมีค่าความสม่ำเสมอของปริมาณแสงสว่างแบบเฉลี่ย (U_m) 0.75–0.90 ส่วนในกรณีที่พิจารณาจากโต๊ะทุกตัวรวมกัน มีค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย (E_{ave}) 364 ลักซ์ และมีค่าความสม่ำเสมอของปริมาณแสงสว่างแบบเฉลี่ย (U_m) 0.84

ห้องทำงานที่ใช้เทคนิคการให้แสงเฉพาะที่เพื่อเสริมการให้แสงในบริเวณทั่วไปนั้น มีค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย (E_{ave}) ที่โต๊ะตัวที่ 1–โต๊ะตัวที่ 8 ที่ค่อนข้างใกล้เคียงกัน แม้ว่าจะมีค่าความสม่ำเสมอของปริมาณแสงสว่างแบบเฉลี่ย (U_m) ที่ค่อนข้างต่ำ โดยเมื่อพิจารณาค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย (E_{ave}) ของโต๊ะตัวที่มีค่ามากที่สุด มีค่ามากกว่า โต๊ะตัวที่มีค่าน้อยที่สุด 4.7% ในขณะที่ห้องทำงานที่ใช้เทคนิคการให้แสงสว่างในพื้นที่ใช้งานในลักษณะทั่วไป มีค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย (E_{ave}) ที่โต๊ะตัวที่ 1–โต๊ะตัวที่ 8 ที่ค่อนข้างแตกต่างกัน แม้ว่าจะมีค่าความสม่ำเสมอของปริมาณแสงสว่างแบบเฉลี่ย (U_m) ที่ค่อนข้างสูง โดยเมื่อพิจารณาค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย (E_{ave}) ของโต๊ะตัวที่มีค่ามากที่สุด มีค่ามากกว่า โต๊ะตัวที่มีค่าน้อยที่สุด 26.17%

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.2.1.2.2.1.3 ผลกระทบของเทคนิคการให้แสงสว่างต่อประสิทธิภาพแสงสว่าง เมื่อพิจารณาที่พื้นที่ทางเดิน 3 ทาง

จากค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย (E_{ave}) และค่าความสม่ำเสมอของปริมาณแสงสว่างแบบเฉลี่ย (U_m) ซึ่งพิจารณาที่ระนาบแนวนอนที่ระดับโต๊ะทำงาน เฉพาะพื้นที่ทางเดิน 3 ทาง แบ่งออกเป็น ห้องทำงานที่ใช้เทคนิคการให้แสงเฉพาะที่เพื่อเสริมการให้แสงในบริเวณทั่วไป และห้องทำงานที่ใช้เทคนิคการให้แสงสว่างในพื้นที่ใช้งานในลักษณะทั่วไป พบว่า

ห้องทำงานที่ใช้เทคนิคการให้แสงเฉพาะที่เพื่อเสริมการให้แสงในบริเวณทั่วไป ในกรณีที่พิจารณาจากพื้นที่ทางเดินด้านข้างโต๊ะติดกับผนังห้องทำงาน (A1) มีค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย (E_{ave}) 207 ลักซ์ และมีค่าความสม่ำเสมอของปริมาณแสงสว่างแบบเฉลี่ย (U_m) 0.65, พื้นที่ทางเดินด้านหลังโต๊ะติดกับผนังห้องทำงาน (A2) มีค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย (E_{ave}) ค่า 270 ลักซ์ และมีค่าความสม่ำเสมอของปริมาณแสงสว่างแบบเฉลี่ย (U_m) 0.46, พื้นที่ทางเดินตรงกลางระหว่างโต๊ะ (A3) มีค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย (E_{ave}) 350 ลักซ์ และมีค่าความสม่ำเสมอของปริมาณแสงสว่างแบบเฉลี่ย (U_m) 0.49 และเมื่อพิจารณาจากพื้นที่ทางเดินทั้ง 3 ทางรวมกัน มีค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย (E_{ave}) 373 ลักซ์ และค่าความสม่ำเสมอของปริมาณแสงสว่างแบบเฉลี่ย (U_m) 0.53 ในขณะที่ห้องทำงานที่ใช้เทคนิคการให้แสงสว่างในพื้นที่ใช้งานในลักษณะทั่วไป ในกรณีที่พิจารณาจากพื้นที่ทางเดินด้านข้างโต๊ะติดกับผนังห้องทำงาน (A1) มีค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย (E_{ave}) 345 ลักซ์ และมีค่าความสม่ำเสมอของปริมาณแสงสว่างแบบเฉลี่ย (U_m) 0.81, พื้นที่ทางเดินด้านหลังโต๊ะติดกับผนังห้องทำงาน (A2) มีค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย (E_{ave}) ค่า 341 ลักซ์ และมีค่าความสม่ำเสมอของปริมาณแสงสว่างแบบเฉลี่ย (U_m) 0.79, พื้นที่ทางเดินตรงกลางระหว่างโต๊ะ (A3) มีค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย (E_{ave}) 433 ลักซ์ และมีค่าความสม่ำเสมอของปริมาณแสงสว่างแบบเฉลี่ย (U_m) 0.85 และเมื่อพิจารณาจากพื้นที่ทางเดินทั้ง 3 ทางรวมกัน มีค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย (E_{ave}) 373 ลักซ์ และค่าความสม่ำเสมอของปริมาณแสงสว่างแบบเฉลี่ย (U_m) 0.81

ห้องทำงานที่ใช้เทคนิคการให้แสงเฉพาะที่เพื่อเสริมการให้แสงในบริเวณทั่วไปนั้น มีค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย (E_{ave}) ที่พื้นที่ทางเดิน 3 ทาง ที่ค่อนข้างแตกต่างกัน และมีค่าความสม่ำเสมอของปริมาณแสงสว่างแบบเฉลี่ย (U_m) ที่ค่อนข้างต่ำ โดยเมื่อพิจารณาค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย (E_{ave}) ของพื้นที่ทางเดินที่มีค่ามากที่สุด มีค่ามากกว่า พื้นที่ทางเดินมีค่าน้อยที่สุด 69.08% ในขณะที่ห้องทำงานที่ใช้เทคนิคการให้แสงสว่างในพื้นที่ใช้งานในลักษณะทั่วไป มีค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย (E_{ave}) ที่โต๊ะพื้นที่ทางเดิน 3 ทาง ที่ค่อนข้างใกล้เคียงกัน และมีค่าความสม่ำเสมอของปริมาณแสงสว่างแบบเฉลี่ย (U_m) ที่ค่อนข้างสูง โดยเมื่อพิจารณาค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย (E_{ave}) ของพื้นที่ทางเดินที่มีค่ามากที่สุด มีค่ามากกว่า พื้นที่ทางเดินที่มีค่าน้อยที่สุด 26.98%

5.2.2 การสร้างโคมไฟเท่าขนาดจริงเพื่อใช้ทดสอบประสิทธิภาพการให้แสงสว่างในขั้นต้น (Full–Scale Mock–Up)

ขั้นตอนการสร้างโคมไฟเท่าขนาดจริงเพื่อใช้ทดสอบประสิทธิภาพการให้แสงสว่างในขั้นต้นนี้ ได้ทำการทดลองสร้างโคมไฟเท่าขนาดจริง (Full–Scale Mock–Up) และได้ทดลองสร้างตัวกระจายแสง เพื่อนำผลการทดสอบประสิทธิภาพแสงสว่างที่ได้มาเปรียบเทียบกันระหว่างโคมไฟเท่าขนาดจริงแบบที่ไม่มีตัวกระจายแสงและโคมไฟเท่าขนาดจริงแบบที่มีตัวกระจายแสง

5.2.2.1 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพแสงสว่างระหว่างโคมไฟเท่าขนาดจริงแบบที่ไม่มีตัวกระจายแสงและแบบที่มีตัวกระจายแสง

เมื่อนำค่าการส่องสว่างจากการทดสอบประสิทธิภาพแสงสว่างระหว่างโคมไฟเท่าขนาดจริงแบบที่ไม่มีตัวกระจายแสงและโคมไฟเท่าขนาดจริงแบบที่มีตัวกระจายแสง มาเปรียบเทียบกัน สามารถวิเคราะห์ได้ ดังนี้

จากการพิจารณาโคมไฟเท่าขนาดจริงแบบที่ไม่มีตัวกระจายแสง ในกรณีการให้แสงสว่างทั้งแสงส่องขึ้น–ส่องลง พบว่า มีค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย (E_{ave}) มีค่า 487.19 ลักซ์ และค่าความสม่ำเสมอของปริมาณแสงสว่างแบบเฉลี่ย (U_m) ของทั้ง 9 จุด มีค่า 0.86 ในขณะที่โคมไฟเท่าขนาดจริงแบบที่มีตัวกระจายแสงมีค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย (E_{ave}) ของทั้ง 9 จุด มีค่า 1153.04 ลักซ์ และค่าความสม่ำเสมอของปริมาณแสงสว่างแบบเฉลี่ย (U_m) ของทั้ง 9 จุด มีค่า 0.64 ดังนั้นการเพิ่มตัวกระจายแสงเข้ามาในชุดโคมไฟนั้น จะทำให้ค่าการส่องสว่างมีค่าเพิ่มขึ้น 57.74% แต่อาจจะทำให้ค่าความสม่ำเสมอของปริมาณแสงสว่างแบบเฉลี่ย (U_m) มีค่าลดลง 34.37%

5.2.3 การออกแบบพัฒนาโคมไฟเพื่อนำไปสร้างจริงเพื่อใช้ทดสอบประสิทธิภาพการให้แสงสว่าง (Design Development of Final Prototype)

ขั้นตอนการออกแบบพัฒนาโคมไฟเพื่อนำไปสร้างจริงเพื่อใช้ทดสอบประสิทธิภาพการให้แสงสว่างได้ทำการสร้างโคมไฟต้นแบบที่ได้มีการให้แสงสว่างแบ่งออกเป็น 2 ชุด คือ ชุดที่ 1 สำหรับแสงส่องขึ้นเพื่อการให้แสงสว่างในบริเวณทั่วไป ซึ่งเป็นตัวกระจายแสงในลักษณะสมมาตร (Symmetry Reflector) ช่วยกระจายแสงในลักษณะวงกว้างมากที่สุด และชุดที่ 2 สำหรับแสงส่องลงเพื่อการให้แสงสว่างเฉพาะบริเวณพื้นที่ทำงานบนโต๊ะซึ่งเป็นตัวกระจายแสงในลักษณะอสมมาตร (Asymmetry Reflector) ช่วยกระจายแสงในลักษณะตัดแสงที่จะสะท้อนไปสู่หน้าจอคอมพิวเตอร์ ซึ่งการอภิปรายนั้นจะเป็นผลจากการทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพแสงสว่างจากการใช้งานเปิด–ปิด (ON–OFF) และปรับหรี่ 3 ระดับ (DIM 0%–50%–100%)

5.2.3.1 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพแสงสว่างจากการใช้งานเปิด–ปิด (ON–OFF) **และปรับหรี่ 3 ระดับ** (DIM 0%–50%–100%)

เมื่อนำค่าการส่องสว่างจากการทดสอบประสิทธิภาพแสงสว่างจากการใช้งานเปิด–ปิด (ON–OFF) และปรับหรี่ 3 ระดับ (DIM 0%–50%–100%) หลอดฟลูออเรสเซนต์ทั้ง 3 หลอด ที่ใช้เป็นแหล่งกำเนิดแสงสว่างของโคมไฟทั้ง 2 ชุด คือ ชุดที่ 1 ใช้ T5 14W HE เป็นจำนวน 2 หลอด สำหรับแสงส่องขึ้นเพื่อการให้แสงสว่างในบริเวณทั่วไป ซึ่งเป็นตัวกระจายแสงในลักษณะสมมาตร (Symmetry Reflector) ช่วยกระจายแสงในลักษณะวงกว้างมากที่สุด และชุดที่ 2 ใช้ T5 24W HO เป็นจำนวน 1 หลอด สำหรับแสงส่องลงเพื่อการให้แสงสว่างเฉพาะบริเวณพื้นที่ทำงานบนโต๊ะ ซึ่งเป็นตัวกระจายแสงในลักษณะอสมมาตร (Asymmetry Reflector) ของโคมไฟต้นแบบที่ใช้เทคนิคการให้แสงเฉพาะที่เพื่อเสริมการให้แสงในบริเวณทั่วไป (Final Prototype of Task-Ambient Luminaire) โดยสามารถแยกการวิเคราะห์ออกได้เป็นกรณี ดังนี้

5.2.3.1.1 ผลกระทบของเทคนิคการให้แสงสว่างต่อประสิทธิภาพแสงสว่างเมื่อพิจารณาที่ระนาบงานในแนวนอนบนโต๊ะ (Horizontal Work Plane)

เมื่อนำค่าการส่องสว่างค่าการส่องสว่างจากการทดสอบประสิทธิภาพแสงสว่างที่วัดได้ที่ระนาบงานในแนวนอนบนโต๊ะ ทั้ง 9 จุด บนโต๊ะทำงาน มาเปรียบเทียบกันจากการใช้งานเปิด–ปิด (ON–OFF) และปรับหรี่ 3 ระดับ (DIM 0%–50%–100%)

5.2.3.1.1.1 การปรับหรี่ T5 24 W HO (DOWN1) **จำนวน 1 หลอด จาก 0% เป็น 50%**

จากกรณีที่ 1 เมื่อเปิดหลอดไฟส่องลง T5 24 วัตต์ จำนวน 1 หลอดและหลอดไฟส่องขึ้น T5 14 วัตต์ จำนวน 2 หลอด โดยไม่ปรับหรี่ทั้ง 3 หลอด พบว่าค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย อยู่ที่ 739.77 ลักซ์ และค่าความสม่ำเสมอของปริมาณแสงสว่างแบบเฉลี่ย อยู่ที่ 0.84

จากกรณีที่ 11 เมื่อเปิดหลอดไฟส่องลง T5 24 วัตต์ จำนวน 1 หลอดและหลอดไฟส่องขึ้น T5 14 วัตต์ จำนวน 2 หลอด โดยปรับหรี่เฉพาะหลอดไฟส่องลง 1 หลอด 50% พบว่าค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย อยู่ที่ 323.43 ลักซ์ และค่าความสม่ำเสมอของปริมาณแสงสว่างแบบเฉลี่ย อยู่ที่ 0.84

การปรับหรี่หลอดไฟส่องลง T5 24 วัตต์ จาก 0% เป็น 50% นั้น ทำให้ค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย ลดลง 56.28% และค่าความสม่ำเสมอของปริมาณแสงสว่างแบบเฉลี่ย ลดลงเพียง 0.5%

5.2.3.1.1.2 การปรับหรี่ T5 14 W HE (UP1+UP2) **จำนวน 2 หลอด จาก 0% เป็น 50%**

จากกรณีที่ 1 เมื่อเปิดหลอดไฟส่องลง T5 24 วัตต์ จำนวน 1 หลอดและหลอดไฟส่องขึ้น T5 14 วัตต์ จำนวน 2 หลอด โดยไม่ปรับหรี่ทั้ง 3 หลอด พบว่าค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย อยู่ที่ 739.77 ลักซ์ และค่าความสม่ำเสมอของปริมาณแสงสว่างแบบเฉลี่ย อยู่ที่ 0.84

จากกรณีที่ 4 เมื่อเปิดหลอดไฟส่องลง T5 24 วัตต์ จำนวน 1 หลอดและหลอดไฟส่องขึ้น T5 14 วัตต์ จำนวน 2 หลอด โดยปรับหรี่เฉพาะหลอดไฟส่องขึ้นทั้ง 2 หลอด 50%

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พบว่าค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย อยู่ที่ 672.66 ลักซ์ และค่าความสม่ำเสมอของปริมาณแสงสว่างแบบเฉลี่ย อยู่ที่ 0.79

การปรับหรี่หลอดไฟส่องขึ้น T5 14 วัตต์ ทั้ง 2 หลอด จาก 0% เป็น 50% นั้นทำให้ค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย ลดลง 9% และค่าความสม่ำเสมอของปริมาณแสงสว่างแบบเฉลี่ย ลดลง 6.56%

5.2.3.1.1.3 การเปิด T5 24 W HO (DOWN1) เพียงหลอดเดียว

จากกรณีที่ 1 เมื่อเปิดหลอดไฟส่องลง T5 24 วัตต์ จำนวน 1 หลอดและหลอดไฟส่องขึ้น T5 14 วัตต์ จำนวน 2 หลอด โดยไม่ปรับหรี่ทั้ง 3 หลอด พบว่าค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย อยู่ที่ 739.77 ลักซ์ และค่าความสม่ำเสมอของปริมาณแสงสว่างแบบเฉลี่ย อยู่ที่ 0.84

จากกรณีที่ 10 เมื่อเปิดหลอดไฟส่องลง T5 24 วัตต์ จำนวน 1 หลอด โดยไม่ปรับหรี่ พบว่าค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย อยู่ที่ 640.99 ลักซ์ และค่าความสม่ำเสมอของปริมาณแสงสว่างแบบเฉลี่ย อยู่ที่ 0.87

การเปิดหลอดไฟส่องลง T5 24 วัตต์ เพียง 1 หลอด นั้นทำให้ค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย ลดลง 13.35% แต่ค่าความสม่ำเสมอของปริมาณแสงสว่างแบบเฉลี่ย เพิ่มขึ้น 3.04%

5.2.3.1.1.4 การเปิด T5 24 W HO (DOWN1) เพียง 1 หลอด และการปรับจาก 0% เป็น 50%

จากกรณีที่ 10 เมื่อเปิดหลอดไฟส่องลง T5 24 วัตต์ จำนวน 1 หลอด โดยไม่ปรับหรี่ พบว่าค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย อยู่ที่ 640.99 ลักซ์ และค่าความสม่ำเสมอของปริมาณแสงสว่างแบบเฉลี่ย อยู่ที่ 0.87

จากกรณีที่ 20 เมื่อเปิดหลอดไฟส่องลง T5 24 วัตต์ จำนวน 1 หลอด โดยปรับหรี่ 50% พบว่าค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย อยู่ที่ 272.10 ลักซ์ และค่าความสม่ำเสมอของปริมาณแสงสว่างแบบเฉลี่ย อยู่ที่ 0.70

การเปิดหลอดไฟส่องลง T5 24 วัตต์ เพียง 1 หลอด และปรับหรี่จาก 0% เป็น 50% นั้นทำให้ค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย ลดลง 57.55% และค่าความสม่ำเสมอของปริมาณแสงสว่างแบบเฉลี่ย ลดลง 19.79%

5.2.3.1.1.5 การเปิด T5 14 W HE (UP1+UP2) เพียง 2 หลอด

จากกรณีที่ 1 เมื่อเปิดหลอดไฟส่องลง T5 24 วัตต์ จำนวน 1 หลอดและหลอดไฟส่องขึ้น T5 14 วัตต์ จำนวน 2 หลอด โดยไม่ปรับหรี่ทั้ง 3 หลอด พบว่าค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย อยู่ที่ 739.77 ลักซ์ และค่าความสม่ำเสมอของปริมาณแสงสว่างแบบเฉลี่ย อยู่ที่ 0.84

จากกรณีที่ 31 เมื่อเปิดเฉพาะหลอดไฟส่องขึ้น T5 14 วัตต์ จำนวน 2 หลอด โดยไม่ปรับหรี่ พบว่าค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย อยู่ที่ 57.10 ลักซ์ และค่าความสม่ำเสมอของปริมาณแสงสว่างแบบเฉลี่ย อยู่ที่ 0.74

การเปิดหลอดไฟส่องขึ้น T5 14 วัตต์ เพียง 2 หลอด นั้นทำให้ค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย ลดลง 92.28% และค่าความสม่ำเสมอของปริมาณแสงสว่างแบบเฉลี่ย ลดลง 12.73%

5.2.3.1.1.6 การเปิด T5 14 W HE (UP1+UP2) เพียง 2 หลอด และปรับหรี่จาก 0% เป็น 50%

จากกรณีที่ 31 เมื่อเปิดเฉพาะหลอดไฟส่องขึ้น T5 14 วัตต์ จำนวน 2 หลอด โดยไม่ปรับหรี่ พบว่าค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย อยู่ที่ 57.10 ลักซ์ และค่าความสม่ำเสมอของปริมาณแสงสว่างแบบเฉลี่ย อยู่ที่ 0.74

จากกรณีที่ 35 เมื่อเปิดเฉพาะหลอดไฟส่องขึ้น T5 14 วัตต์ จำนวน 2 หลอด โดยปรับหรี่ทั้ง 2 หลอด 50% พบว่าค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย อยู่ที่ 23.24 ลักซ์ และค่าความสม่ำเสมอของปริมาณแสงสว่างแบบเฉลี่ย อยู่ที่ 0.52

การเปิดหลอดไฟส่องขึ้น T5 14 วัตต์ เพียง 2 หลอด และปรับหรี่จาก 0% เป็น 50% นั้นทำให้ค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย ลดลง 59.29% และค่าความสม่ำเสมอของปริมาณแสงสว่างแบบเฉลี่ย ลดลง 29.98%

5.2.3.1.2 ผลกระทบของเทคนิคการให้แสงสว่างต่อประสิทธิภาพแสงสว่าง เมื่อพิจารณาที่ระนาบงานในแนวนอนของห้อง (Horizontal Overall)

เมื่อนำค่าการส่องสว่างค่าการส่องสว่างจากการทดสอบประสิทธิภาพแสงสว่างที่วัดได้ที่ระนาบงานในแนวนอนของห้อง 7 จุด โดยรอบโต๊ะทำงาน มาเปรียบเทียบกันจากการใช้งานเปิด–ปิด (ON–OFF) และปรับหรี่ 3 ระดับ (DIM 0%–50%–100%)

5.2.3.1.2.1 การปรับหรี่ T5 24 W HO (DOWN1) จำนวน 1 หลอด จาก 0% เป็น 50%

จากกรณีที่ 1 เมื่อเปิดหลอดไฟส่องลง T5 24 วัตต์ จำนวน 1 หลอดและหลอดไฟส่องขึ้น T5 14 วัตต์ จำนวน 2 หลอด โดยไม่ปรับหรี่ทั้ง 3 หลอด พบว่าค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย อยู่ที่ 184.64 ลักซ์ และค่าความสม่ำเสมอของปริมาณแสงสว่างแบบเฉลี่ย อยู่ที่ 0.18

จากกรณีที่ 11 เมื่อเปิดหลอดไฟส่องลง T5 24 วัตต์ จำนวน 1 หลอดและหลอดไฟส่องขึ้น T5 14 วัตต์ จำนวน 2 หลอด โดยปรับหรี่เฉพาะหลอดไฟส่องลง 1 หลอด 50% พบว่าค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย อยู่ที่ 115.21 ลักซ์ และค่าความสม่ำเสมอของปริมาณแสงสว่างแบบเฉลี่ย อยู่ที่ 0.59

การปรับหรี่หลอดไฟส่องลง T5 24 วัตต์ จาก 0% เป็น 50% นั้นทำให้ค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย ลดลง 60.26% แต่ค่าความสม่ำเสมอของปริมาณแสงสว่างแบบเฉลี่ย เพิ่มขึ้น 69.72%

5.2.3.1.2.2 การปรับหรี่ T5 14 W HE (UP1+UP2) จำนวน 2 หลอด จาก 0% เป็น 50%

จากกรณีที่ 1 เมื่อเปิดหลอดไฟส่องลง T5 24 วัตต์ จำนวน 1 หลอดและหลอดไฟส่องขึ้น T5 14 วัตต์ จำนวน 2 หลอด โดยไม่ปรับหรี่ทั้ง 3 หลอด พบว่าค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย อยู่ที่ 184.64 ลักซ์ และค่าความสม่ำเสมอของปริมาณแสงสว่างแบบเฉลี่ย อยู่ที่ 0.18

จากกรณีที่ 4 เมื่อเปิดหลอดไฟส่องลง T5 24 วัตต์ จำนวน 1 หลอดและหลอดไฟส่องขึ้น T5 14 วัตต์ จำนวน 2 หลอด โดยปรับหรี่เฉพาะหลอดไฟส่องขึ้นทั้ง 2 หลอด 50% พบว่าค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย อยู่ที่ 167.21 ลักซ์ และค่าความสม่ำเสมอของปริมาณแสงสว่างแบบเฉลี่ย อยู่ที่ 0.10

การปรับหรี่หลอดไฟส่องลง T5 14 วัตต์ ทั้ง 2 หลอด จาก 0% เป็น 50% นั้นทำให้ค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย ลดลง 10.42% และค่าความสม่ำเสมอของปริมาณแสงสว่างแบบเฉลี่ย ลดลง 86.78%

5.2.3.1.2.3 **การเปิด T5 24 W HO (DOWN1) เพียงหลอดเดียว**

จากกรณีที่ 1 เมื่อเปิดหลอดไฟส่องลง T5 24 วัตต์ จำนวน 1 หลอดและหลอดไฟส่องขึ้น T5 14 วัตต์ จำนวน 2 หลอด โดยไม่ปรับหรี่ทั้ง 3 หลอด พบว่าค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย อยู่ที่ 184.64 ลักซ์ และค่าความสม่ำเสมอของปริมาณแสงสว่างแบบเฉลี่ย อยู่ที่ 0.18

จากกรณีที่ 10 เมื่อเปิดหลอดไฟส่องลง T5 24 วัตต์ จำนวน 1 หลอด โดยไม่ปรับหรี่ พบว่าค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย อยู่ที่ 128.66 ลักซ์ และค่าความสม่ำเสมอของปริมาณแสงสว่างแบบเฉลี่ย อยู่ที่ 0.29

การเปิดหลอดไฟส่องลง T5 24 วัตต์ เพียง 1 หลอด นั้นทำให้ค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย ลดลง 30.32% แต่ค่าความสม่ำเสมอของปริมาณแสงสว่างแบบเฉลี่ย เพิ่มขึ้น 60.91%

5.2.3.1.2.4 **การเปิด T5 24 W HO (DOWN1) เพียง 1 หลอด และการปรับจาก 0% เป็น 50%**

จากกรณีที่ 10 เมื่อเปิดหลอดไฟส่องลง T5 24 วัตต์ จำนวน 1 หลอด โดยไม่ปรับหรี่ พบว่าค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย อยู่ที่ 128.66 ลักซ์ และค่าความสม่ำเสมอของปริมาณแสงสว่างแบบเฉลี่ย อยู่ที่ 0.29

จากกรณีที่ 20 เมื่อเปิดหลอดไฟส่องลง T5 24 วัตต์ จำนวน 1 หลอด โดยปรับหรี่ 50% พบว่าค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย อยู่ที่ 65.13 ลักซ์ และค่าความสม่ำเสมอของปริมาณแสงสว่างแบบเฉลี่ย อยู่ที่ 0.05

การเปิดหลอดไฟส่องลง T5 24 วัตต์ เพียง 1 หลอด และปรับหรี่จาก 0% เป็น 50% นั้นทำให้ค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย ลดลง 49.38% และค่าความสม่ำเสมอของปริมาณแสงสว่างแบบเฉลี่ย ลดลง 83.98%

5.2.3.1.2.5 **การเปิด T5 14 W HE (UP1+UP2) เพียง 2 หลอด**

จากกรณีที่ 1 เมื่อเปิดหลอดไฟส่องลง T5 24 วัตต์ จำนวน 1 หลอดและหลอดไฟส่องขึ้น T5 14 วัตต์ จำนวน 2 หลอด โดยไม่ปรับหรี่ทั้ง 3 หลอด พบว่าค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย อยู่ที่ 184.64 ลักซ์ และค่าความสม่ำเสมอของปริมาณแสงสว่างแบบเฉลี่ย อยู่ที่ 0.18

จากกรณีที่ 31 เมื่อเปิดเฉพาะหลอดไฟส่องขึ้น T5 14 วัตต์ จำนวน 2 หลอด โดยไม่ปรับหรี่ พบว่าค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย อยู่ที่ 70.17 ลักซ์ และค่าความสม่ำเสมอของปริมาณแสงสว่างแบบเฉลี่ย อยู่ที่ 0.09

การเปิดหลอดไฟส่องขึ้น T5 14 วัตต์ เพียง 2 หลอด นั้นทำให้ค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย ลดลง 62% และค่าความสม่ำเสมอของปริมาณแสงสว่างแบบเฉลี่ย ลดลง 52.16%

5.2.3.1.2.6 การเปิด T5 14 W HE (UP1+UP2) เพียง 2 หลอด และปรับหรี่จาก 0% เป็น 50%

จากกรณีที่ 31 เมื่อเปิดเฉพาะหลอดไฟส่องขึ้น T5 14 วัตต์ จำนวน 2 หลอด โดยไม่ปรับหรี่ พบว่าค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย อยู่ที่ 70.17 ลักซ์ และค่าความสม่ำเสมอของปริมาณแสงสว่างแบบเฉลี่ย อยู่ที่ 0.09

จากกรณีที่ 35 เมื่อเปิดเฉพาะหลอดไฟส่องขึ้น T5 14 วัตต์ จำนวน 2 หลอด โดยปรับหรี่ทั้ง 2 หลอด 50% พบว่าค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย อยู่ที่ 38.44 ลักซ์ และค่าความสม่ำเสมอของปริมาณแสงสว่างแบบเฉลี่ย อยู่ที่ 0.03

การเปิดหลอดไฟส่องขึ้น T5 14 วัตต์ เพียง 2 หลอด และปรับหรี่จาก 0% เป็น 50% นั้นทำให้ค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย ลดลง 45.22% และค่าความสม่ำเสมอของปริมาณแสงสว่างแบบเฉลี่ย ลดลง 69.58%

5.2.3.1.3 ผลกระทบของเทคนิคการให้แสงสว่างต่อประสิทธิภาพแสงสว่าง เมื่อพิจารณาที่อัตราส่วนความส่องสว่างของระนาบงานในแนวนอนบนโต๊ะต่อระนาบงานในแนวนอนของห้อง

เมื่อนำค่าการส่องสว่างค่าการส่องสว่างจากการทดสอบประสิทธิภาพแสงสว่างที่วัดได้จากระนาบงานในแนวนอนบนโต๊ะ (Horizontal Work Plane) และระนาบงานในแนวนอนของห้อง (Horizontal Overall) มาเปรียบเทียบเพื่อหาอัตราส่วนความส่องสว่าง (Illuminance Ratio) ของระนาบงานในแนวนอนบนโต๊ะต่อระนาบงานในแนวนอนของห้อง (Task-to-Immediate Surround) จากการใช้งานเปิด–ปิด (ON–OFF) และปรับหรี่ 3 ระดับ (DIM 0%–50%–100%)

5.2.3.1.3.1 การไม่ปรับหรี่ทั้ง 3 หลอด

จากกรณีที่ 1 ของค่าการส่องสว่างจากระนาบงานในแนวนอนบนโต๊ะ เมื่อเปิดหลอดไฟส่องลง T5 24 วัตต์ จำนวน 1 หลอดและหลอดไฟส่องขึ้น T5 14 วัตต์ จำนวน 2 หลอด โดยไม่ปรับหรี่ทั้ง 3 หลอด พบว่าค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย อยู่ที่ 739.77 ลักซ์

จากกรณีที่ 1 ของค่าการส่องสว่างจากระนาบงานในแนวนอนของห้อง เมื่อเปิดหลอดไฟส่องลง T5 24 วัตต์ จำนวน 1 หลอดและหลอดไฟส่องขึ้น T5 14 วัตต์ จำนวน 2 หลอด โดยไม่ปรับหรี่ทั้ง 3 หลอด พบว่าค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย อยู่ที่ 184.64 ลักซ์

การไม่ปรับหรี่ทั้ง 3 หลอด นั้น ทำให้อัตราส่วนความส่องสว่างของระนาบงานในแนวนอนบนโต๊ะต่อระนาบงานในแนวนอนของห้อง อยู่ที่ 4 : 1

5.2.3.1.3.2 การปรับหรี่เฉพาะ T5 24 W HO (DOWN1) จำนวน 1 หลอด จาก 0% เป็น 50%

จากกรณีที่ 11 ของค่าการส่องสว่างจากระนาบงานในแนวนอนบนโต๊ะ เมื่อเปิดหลอดไฟส่องลง T5 24 วัตต์ จำนวน 1 หลอดและหลอดไฟส่องขึ้น T5 14 วัตต์ จำนวน 2 หลอด โดยปรับหรี่เฉพาะหลอดไฟส่องลง 1 หลอด 50% พบว่าค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย อยู่ที่ 323.43 ลักซ์

จากกรณีที่ 11 ของค่าการส่องสว่างจากระนาบงานในแนวนอนของห้อง เมื่อเปิดหลอดไฟส่องลง T5 24 วัตต์ จำนวน 1 หลอดและหลอดไฟส่องขึ้น T5 14 วัตต์ จำนวน 2 หลอด โดยปรับหรี่เฉพาะหลอดไฟส่องลง 1 หลอด 50% พบว่าค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย อยู่ที่ 115.21 ลักซ์

การปรับหรี่เฉพาะหลอดไฟส่องลง T5 24 วัตต์ จาก 0% เป็น 50% นั้น ทำให้อัตราส่วนความส่องสว่างของระนาบงานในแนวนอนบนโต๊ะต่อระนาบงานในแนวนอนของห้อง อยู่ที่ 2.8 : 1

5.2.3.1.3.3 การปรับหรี่ T5 14 W HE (UP1+UP2) จำนวน 2 หลอด จาก 0% เป็น 50%

จากกรณีที่ 4 ของค่าการส่องสว่างจากระนาบงานในแนวนอนบนโต๊ะ เมื่อเปิดหลอดไฟส่องลง T5 24 วัตต์ จำนวน 1 หลอดและหลอดไฟส่องขึ้น T5 14 วัตต์ จำนวน 2 หลอด โดยปรับหรี่เฉพาะหลอดไฟส่องขึ้นทั้ง 2 หลอด 50% พบว่าค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย อยู่ที่ 672.66 ลักซ์

จากกรณีที่ 4 ของค่าการส่องสว่างจากระนาบงานในแนวนอนของห้อง เมื่อเปิดหลอดไฟส่องลง T5 24 วัตต์ จำนวน 1 หลอดและหลอดไฟส่องขึ้น T5 14 วัตต์ จำนวน 2 หลอด โดยปรับหรี่เฉพาะหลอดไฟส่องขึ้นทั้ง 2 หลอด 50% พบว่าค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย อยู่ที่ 167.21 ลักซ์

การปรับหรี่หลอดไฟส่องลง T5 14 วัตต์ ทั้ง 2 หลอด จาก 0% เป็น 50% นั้นทำให้อัตราส่วนความส่องสว่างของระนาบงานในแนวนอนบนโต๊ะต่อระนาบงานในแนวนอนของห้อง อยู่ที่ 4 : 1

5.2.3.1.3.4 การเปิด T5 24 W HO (DOWN1) เพียงหลอดเดียว

จากกรณีที่ 10 ของค่าการส่องสว่างจากระนาบงานในแนวนอนบนโต๊ะ เมื่อเปิดหลอดไฟส่องลง T5 24 วัตต์ จำนวน 1 หลอด โดยไม่ปรับหรี่ พบว่าค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย อยู่ที่ 640.99 ลักซ์

จากกรณีที่ 10 ของค่าการส่องสว่างจากระนาบงานในแนวนอนของห้อง เมื่อเปิดหลอดไฟส่องลง T5 24 วัตต์ จำนวน 1 หลอด โดยไม่ปรับหรี่ พบว่าค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย อยู่ที่ 128.66 ลักซ์

การเปิด T5 24 W HO (DOWN1) เพียงหลอดเดียวนั้นทำให้อัตราส่วนความส่องสว่างของระนาบงานในแนวนอนบนโต๊ะต่อระนาบงานในแนวนอนของห้อง อยู่ที่ 4.9 : 1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.2.3.1.3.5 **การเปิด T5 14 W HE (UP1+UP2) เพียง 2 หลอด**

จากกรณีที่ 31 ของค่าการส่องสว่างจากระนาบงานในแนวนอนบนโต๊ะ เมื่อเปิดเฉพาะหลอดไฟส่องขึ้น T5 14 วัตต์ จำนวน 2 หลอด โดยไม่ปรับหรี่ พบว่าค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย อยู่ที่ 57.10 ลักซ์

จากกรณีที่ 31 ของค่าการส่องสว่างจากระนาบงานในแนวนอนของห้อง เมื่อเปิดเฉพาะหลอดไฟส่องขึ้น T5 14 วัตต์ จำนวน 2 หลอด โดยไม่ปรับหรี่ พบว่าค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย อยู่ที่ 70.17 ลักซ์

การเปิด T5 14 W HO (UP1+UP2) เพียง 2 หลอด นั้นทำให้อัตราส่วนความส่องสว่างของระนาบงานในแนวนอนบนโต๊ะต่อระนาบงานในแนวนอนของห้อง อยู่ที่ 0.81 : 1

5.3 การนำไปใช้

ต้นแบบโคมไฟประหยัดพลังงานซึ่งใช้เทคนิคการให้แสงเฉพาะที่เพื่อเสริมการให้แสงในบริเวณทั่วไป (Prototype of Energy–Efficient Task–Ambient Luminaire) สำหรับการนำไปใช้ภายในอาคารสำนักงานซึ่งใช้ติดตั้งกับผนังกั้นสำเร็จรูปของโต๊ะทำงาน ได้แบ่งการใช้งานออกเป็นข้อดี ข้อเสีย และข้อจำกัด ดังนี้

5.3.1 ข้อดี

5.3.1.1 การประหยัดพลังงาน

การเปลี่ยนจากการใช้เทคนิคการให้แสงสว่างในพื้นที่ใช้งานในลักษณะทั่วไป (Uniform Lighting) มาเป็นการใช้เทคนิคการให้แสงเฉพาะที่เพื่อเสริมการให้แสงในบริเวณทั่วไป (Task–Ambient Lighting) สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ใช้สำหรับระบบแสงสว่างโดยมีค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างภายใน (Lighting Power Density, LPD) ที่ลดต่ำลง 46.7%

5.3.1.2 การติดตั้งโคมไฟ

โคมไฟนั้นได้ออกแบบเพื่อใช้ในการติดตั้งกับผนังกั้นสำเร็จรูปของโต๊ะทำงาน โดยได้กำหนดให้ระยะห่างทางตั้งและระยะห่างทางนอน สามารถปรับได้เลื่อนได้ ± 0.10 เมตร เพื่อตอบสนองกับสรีระและความต้องการด้านปริมาณแสงสว่างของผู้ใช้งาน และตอบสนองกับระยะความสูงของผนังกั้นสำเร็จรูปซึ่งใช้แบ่งพื้นที่ของโต๊ะทำงานที่มีใช้งานทั่วไปภายในอาคารสำนักงาน ซึ่งมีความสูง 0.25 – 0.75 เมตร จากระนาบทำงาน ซึ่งมีความสูง 0.75 เมตร

5.3.1.3 ลักษณะการให้แสงสว่าง

โคมไฟนั้นได้แบ่งลักษณะการให้แสงสว่างออกเป็น 2 ชุด จากจำนวนหลอดฟลูออเรสเซนต์ 3 หลอด ที่แยกการควบคุมอิสระจากกัน ได้แก่ ชุดที่ 1 คือ โคมไฟสำหรับการให้แสงสว่างชนิดแสงส่องขึ้น และชุดที่ 2 คือ โคมไฟสำหรับการการให้แสงสว่างชนิดแสงส่องลง ซึ่งจากการที่โคมไฟสามารถปรับหรี่ได้นั้น เพื่อตอบสนองกับความต้องการด้านปริมาณแสงสว่างของผู้ใช้งาน เช่น ความพึงพอใจในความต้องการแสงสว่างมากหรือน้อยที่แตกต่างกัน และตอบสนองกับลักษณะการใช้งานของผู้ใช้งาน เช่น สัดส่วนในการนั่งทำงานที่โต๊ะในแต่ละวัน ลักษณะการทำงานด้านเอกสารหรืองานด้านคอมพิวเตอร์

5.3.1.4 **การแยกระบบ**

โคมไฟนั้นได้แยกระบบโดยการแยกอิเล็กทรอนิกส์บัลลาสต์พร้อมสวิซต์ปรับหรี่ จำนวน 3 ชุด ออกจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ สำหรับการให้แสงสว่างชนิดแสงส่องขึ้น จำนวน 2 หลอด และสำหรับการการให้แสงสว่างชนิดแสงส่องลง จำนวน 1 หลอด เพื่อทำให้เกิดความอิสระในการออกแบบรูปลักษณ์ของโคมไฟ

5.3.2 **ข้อเสีย / ข้อจำกัด**

5.3.2.1 **การใช้งานภายในห้องทำงานรวม**

หากนำเทคนิคการให้แสงเฉพาะที่เพื่อเสริมการให้แสงในบริเวณทั่วไป (Task–Ambient Lighting) มาใช้ภายในห้องทำงานรวมภายในสำนักงาน (Open-Plan Office) ที่ต้องการความสม่ำเสมอของแสงสว่างในพื้นที่ เพื่อทดแทนเทคนิคการให้แสงสว่างในพื้นที่ใช้งานในลักษณะทั่วไป (Uniform Lighting) ที่มีการใช้งานอยู่เดิมในลักษณะทั่วไปนั้น ในการใช้งานเมื่อเปิดหลอดฟลูออเรสเซนต์สำหรับส่องขึ้น (Up Light) เพื่อการให้แสงในบริเวณทั่วไป (Ambient Lighting) ไม่ครบทุกตำแหน่งโต๊ะ ในกรณีที่โคมไฟได้ติดตั้งกับผนังกั้นสำเร็จรูปซึ่งใช้แบ่งพื้นที่ของโต๊ะทำงานทุกตัวภายในอาคารสำนักงานแบบเปิด อาจทำให้เกิดเงามืด (Veiling) บนฝ้าเพดาน (Ceiling) ส่งผลให้ประสิทธิภาพในการมองเห็น (Visual Performance) ของผู้ใช้งานอาจลดลง

หากนำเทคนิคการให้แสงเฉพาะที่เพื่อเสริมการให้แสงในบริเวณทั่วไป (Task–Ambient Lighting) มาใช้ภายในห้องทำงานรวมภายในสำนักงาน (Open-Plan Office) ที่ต้องการความสม่ำเสมอของแสงสว่างในพื้นที่ มาใช้เป็นส่วนเสริมในการให้แสงสว่างให้กับพื้นที่ นอกเหนือจากเทคนิคการให้แสงสว่างในพื้นที่ใช้งานในลักษณะทั่วไป (Uniform Lighting) ที่มีการใช้งานอยู่เดิมในลักษณะทั่วไปนั้น อาจช่วยให้ลดจำนวนหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่ติดตั้งบนเพดานเพื่อการให้แสงในบริเวณทั่วไป (Ambient Lighting)

5.3.2.2 **การใช้งานภายในห้องทำงานส่วนตัว**

หากนำเทคนิคการให้แสงเฉพาะที่เพื่อเสริมการให้แสงในบริเวณทั่วไป (Task–Ambient Lighting) มาใช้ภายในห้องทำงานส่วนตัว (Private Office) ที่ไม่ต้องการความสม่ำเสมอของแสงสว่างในพื้นที่อาจมีความเหมาะสมกว่าการนำไปใช้งานภายในห้องทำงานรวมภายในสำนักงาน (Open-Plan Office) อีกทั้งการที่โคมไฟสามารถปรับหรี่แสงสว่างนั้น ทำให้เกิดความผ่อนคลาย (Relax) ในการใช้งานมากยิ่งขึ้น

5.3.2.3 **วัสดุภายนอกของโคมไฟ**

โคมไฟนั้นได้เลือกใช้วัสดุจำพวกสแตนเลสเป็นวัสดุหลักจึงทำให้โคมไฟมีน้ำหนักมาก ดังนั้นหากใช้วัสดุจำพวกอลูมิเนียมหรือพลาสติกอาจทำให้มีน้ำหนักที่น้อยกว่า

5.4 ข้อเสนอแนะ

งานวิจัยชิ้นนี้เป็นการออกแบบและพัฒนาต้นแบบ (Prototype) ของโคมไฟประหยัดพลังงานซึ่งใช้เทคนิคการให้แสงเฉพาะที่เพื่อเสริมการให้แสงในบริเวณทั่วไป (Task–Ambient Luminaire) สำหรับอาคารสำนักงาน โดยได้มีขั้นตอนการวิจัยที่เริ่มต้นตั้งแต่การการทบทวนและพัฒนาเกณฑ์ในการออกแบบระบบแสงสว่าง จากนั้นจึงได้นำเกณฑ์ที่ได้มาทำการออกแบบโคมไฟขั้นต้นด้วยการจำลองสภาพการให้แสงสว่างเสมือนจริงด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ควบคู่ไปกับการสร้างโคมไฟเท่าขนาดจริงเพื่อใช้ทดสอบประสิทธิภาพการให้แสงสว่างในขั้นต้น แล้วจึงนำผลการทดสอบทั้งประสิทธิภาพแสงสว่างและประสิทธิภาพพลังงานที่ได้มาเป็นตัวสนับสนุนในขั้นตอนสุดท้ายที่จะทำการออกแบบพัฒนาโคมไฟเพื่อนำไปสร้างจริง ซึ่งมีความจำเป็นต้องทำการวิจัยขั้นตอนทั้งหมดเบื้องต้นนี้ภายในระยะเวลาจำกัด ดังนั้นจึงไม่ได้มีการนำต้นแบบ (Prototype) ของโคมไฟประหยัดพลังงานซึ่งใช้เทคนิคการให้แสงเฉพาะที่เพื่อเสริมการให้แสงในบริเวณทั่วไป (Task–Ambient Luminaire) สำหรับอาคารสำนักงาน ที่สำเร็จในขั้นตอนสุดท้ายนี้ไปทดสอบการใช้ภายในอาคารสำนักงานจริง เพื่อทดสอบความพึงพอใจ (User Acceptance) ของพนักงาน โดยสามารถเปิด–ปิดหรือปรับหรี่ (User's Control of Switching and Dimming) หลอดฟลูออเรสเซนต์ทั้ง 3 หลอดของโคมไฟได้ด้วยตนเอง เพื่อให้ได้ค่าการส่องสว่างตามที่ต้องการของแต่ละบุคคลซึ่งเกี่ยวเนื่องกับสภาวะสบายทางสายตา (Visual Comfort) นอกเหนือจากการนำโคมไฟต้นแบบไปทดสอบการใช้งานภายในอาคารสำนักงานเพื่อการทดสอบความพึงพอใจที่เกี่ยวเนื่องกับสภาวะทางสายตา(Visual Comfort) และการใช้งาน (Function) จากพนักงาน ซึ่งเป็นผลตอบรับโดยตรง (Direct Feed Back) แล้ว ยังได้ผลตอบรับทางอ้อม (Indirect Feedback) ในเรื่องรูปลักษณ์ (Character) เพื่อนำมาปรับปรุงพัฒนาให้โคมไฟต้นแบบนี้มีความสวยงามตอบรับรสนิยมของผู้ใช้และสอดคล้องกับการใช้งานในชีวิตประจำวัน

งานวิจัยชิ้นนี้ได้มีการออกแบบและพัฒนาต้นแบบ (Prototype) ของโคมไฟประหยัดพลังงานซึ่งใช้เทคนิคการให้แสงเฉพาะที่เพื่อเสริมการให้แสงในบริเวณทั่วไป (Task–Ambient Luminaire) สำหรับอาคารสำนักงาน ในช่วงที่กระทรวงพลังงานได้มีการรณรงค์ให้มีการเปลี่ยนการใช้งานจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 หุน หรือเรียกว่า T8 ที่ใช้ทั่วไปมาเป็นหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 หุน (5/8") หรือเรียกว่า T5 ซึ่งช่วยลดการใช้พลังงานไฟฟ้ากว่า 30% และในปัจจุบันนี้ได้เริ่มมีการใช้เทคโนโลยีไดโอดเปล่งแสง (Light Emitting Diode, LED) ที่ช่วยประหยัดพลังงานมากยิ่งขึ้น เนื่องจากมีความต้องการด้านกำลังไฟฟ้าต่ำ และมีชั่วโมงการใช้งานยาวนาน ดังนั้นหากนำไดโอดเปล่งแสง (Light Emitting Diode, LED) มาใช้เป็นแหล่งกำเนิดแสงสว่างนั้น อาจช่วยให้เกิดความหลากหลายในด้านการออกแบบรูปลักษณ์ของโคมไฟให้มีความยืดหยุ่นมากยิ่งขึ้น และนอกจากใช้สวิตซ์ปรับหรี่ (Dimming Switch) เพื่อช่วยในการเปิด–ปิดและปรับหรี่แล้ว ยังอาจเพิ่มการใช้งานระบบการตรวจสอบการใช้พื้นที่ (Occupancy Sensor) เพื่อช่วยในการปรับหรี่แสงสว่างลงหากไม่มีผู้ใช้งานในบริเวณที่ใช้งานภายในรัศมีและระยะเวลาที่กำหนดเพื่อเป็นการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าซึ่งช่วยประหยัดพลังงานเพิ่มมากยิ่งขึ้น

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

ณวรา นราราษฎร์. **การประเมินสภาวะสบายตาจากค่าความส่องสว่างและอุณหภูมิสีจาก โคมฟลูออเรสเซนต์**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาสถาปัตยกรรม ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2550.

ฝ่ายบริหารและแผนงานด้านการใช้ไฟฟ้า กฟผ.. ข้อมูลหลอดผอมใหม่ เบอร์ 5. **เครือข่ายร่วมลดภาวะโลกร้อนใช้หลอด T5**[ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://dsm.egat.co.th/t5/index.php[2552, กรกฎาคม

พิบูลย์ ดิษฐอุดม. **การออกแบบระบบแสงสว่าง**. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2535.

ภาษาอังกฤษ

AcuityBrands™ Lighting. **ASHRAE 90.1-2004 Definitions**[Online]. Available from: http://www.acuitybrandslighting.com/sustainability/ASHRAE-Definitions.htm [2009, Dec 20]

Copyright© LIGHTOLIER, **LIGHTOLIER - Lighting that Makes a Difference**[Online] (Available from: http://www.lightolier.com/)[2010, January 15]

Copyright© Tambient 2005. Single Workstation - Linear T5. **Task Ambient Luminaires**[Online]. Available from: http://tambient.com/main/TaskAmbient[2008, July 18]

Copyright© 2008 SAMSUNG. LCD monitor. **SAMSUNG Product**[Online]. Available from: http://www.samsung.com[2008, July 18]

Egan, M. D., and Olgyay, V. W. **Architectural lighting**, 2nd ed. Boston: McGraw-Hill, 2002.

Kaufman, J. E. **IES Lighting Handbook 1981: Reference Volume**. New York: Illuminating Engineering Society of North America, 1981.

Panero, J., and Zelnik, M. **Human dimension & interior space: a source book of design reference standards**. New York: Whitney Library of Design, 1979.

The_donn. **Simulation Quality Assurance: Illuminance and Uniformity**[Online]. Available from: http://www.aecsimqa.net/en/node/19 [2009, Dec 20]

บรรณานุกรม

ภาษาไทย

ชำนาญ ห่อเกียรติ. **เทคนิคการส่องสว่าง**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2540.

ตรึงใจ บูรณสมภพ. **การออกแบบอาคารที่มีประสิทธิภาพในการ ประหยัดพลังงาน: Design of Energy-Efficient Buildings**. กรุงเทพฯ: อมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง, 2539.

น้ำผึ้ง สายหงษ์ และ อวิรุทธ์ ศรีสุธาพรรณ. แนวทางการออกแบบแสงสว่างในห้องเรียนสื่อผสม. **วารสารวิจัยและสาระสถาปัตยกรรม/การผังเมือง** 5, 1 (เมษายน 2551): 67 – 81.

พรรณชลัท สุริโยธิน. **วัสดุและการก่อสร้าง: หลอดไฟฟ้า**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2547.

พิรัส พัชรเศวต และ พรรณชลัท สุริโยธิน. **แสงสร้างสรรค์**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: ศูนย์ตำรา และเอกสารวิชาการ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2547.

วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม, กระทรวง. กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน. **คู่มือการอนุรักษ์พลังงานในอาคาร**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, 2538.

สมาคมไฟฟ้าแสงสว่างแห่งประเทศไทย. ข้อแนะนำการส่องสว่างสำหรับห้องที่มีจอคอมพิวเตอร์. **TIEA – GD** 002 (2000): 1 – 28.

สมาคมไฟฟ้าแสงสว่างแห่งประเทศไทย. ข้อแนะนำระดับความส่องสว่างภายในอาคารของประเทศไทย. **TIEA – GD** 003 (2003): 11 – 25.

สมาคมสถาปนิกสยามในพระบรมราชูปถัมภ์. **สร้างสรรค์ อาคารสบาย**. กรุงเทพฯ: สมาคมสถาปนิกสยามในพระบรมราชูปถัมภ์, 2547

ภาษาอังกฤษ

Akashi, Y., and Boyce, P. R. A field Study of Illuminance Reduction. **Energy and Buildings** 38 (2006): 588 – 599.

Australian Standard. Interior Lighting Part 1: General Principles and Recommendations. **AS 1680.1** (1990): 16.

Bernecker, C. A., Davis, R. G., Webster, M. P., and Webster, J. P. Task Lighting in Open Office: A Visual Confort Perspective. **Journal of the Illuminating Engineering Society** (1993): 18 – 25.

Boyce, R. R. **Human Factor in Lighting**, 2nd ed. New York: Taylor & Francis, 2003.

Boyce, P. R., and others. Lighting Quality and Office Work: Two Field Simulation Experiments. **Lighting Res. Technol**. 38, 3 (2006): 191 – 223.

Boyce, P. R., and others. Occupant Use of Switching and Dimming Controls in Offices. **Lighting Res. Technol**. 38, 4 (2006): 358 – 378.

Brown, G. Z., and Dekay, M. **Sun, Wind & Light: Architectural Design Strategies**, 2nd ed. New York: John Wiley & Sons, 2001.

Caton, N. A. **Task – Ambient Lighting: A Sustainable Design Method Investigation**. Master's Thesis, Department of Architectural Engineering and Construction Science, College of Engineering, Kansas State University, 2007.

Chung, T. M., and Burnett, J. Lighting Quality Surveys in Office Premises. **Indoor and Built Environment** 9 (2000): 335 – 341.

Evans, B. H. **Daylight in Architecture**. New York: McGraw – Hill, 1981.

Fetters, J. L. **The Handbook of Lighting Surveys & Audits**. New York: CRC, 1997.

Flynn, J. E., and Segil, A. W. **Architectural Interior Systems**. New York: VAN NOSTRAND REINHOLD, 1970.

Gordon, G., and Nuckolls, J. L. **Interior Lighting for Designers**, 3rd ed. New York: John Wiley & Sons, 1995

Interior lighting design hand-book. London: The Lighting Industry Federation, 1967.

International Standards. Lighting of Indoor Work Places. **ISO 8995** (2002): 9 – 17.

Karlen, M., and Benya, J. R. **Lighting Design Basics**. New York: John Wiley & Sons, 2004.

Lechner, N. **Heating, Cooling, Lighting: Design Methods for Architects**. New York: John Wiley & Sons, 1991.

Levy, A. W., and Wotton, E. An Appraisal of Task – Ambient Lighting Systems. **Energy and Buildings** 2 (1979): 259 – 270.

Lighting Research Center. **Technical Guide for Effective, Energy – Efficient Lighting**. New York: NYSERDA, (n.d.)

Loe, D. L. Quantifying Lighting Energy Efficiency: A Discussion Document. **Lighting Res. Technol**. 35, 4 (2003): 319 – 329.

Loe, D. Task and Building Lighting: The Link between Lighting Quality and Energy Efficiency. **Right Light** 4, 1 (1997): 11 – 15.

Manav, B. An Experimental Study on the Appraisal of the Visual Environment at Offices in Relation to Colour Temperature and Illuminance. **Building and Environment**. 42 (2007): 970 – 983.

Moore, T., and Carter, D. J. A Qualitative Study of Occupant Controlled Office Lighting. **Lighting Res. Technol**. 35, 4 (2003): 297 – 317.

Moore, T. and Carter, D. J. A Study of Opinion in Offices with and without User Controlled Lighting. **Lighting Res. Technol**. 36, 2 (2004): 131 – 146.

Moore, T., Carter, D. J., and Slater, A. I. User Attitudes Toward Occupant Controlled Office Lighting. **Lighting Res. Technol**. 34, 3 (2002): 207 – 219.

Newsham, G., Veitch, J., Arsenault, C., and Duval, C. Lighting for VDT Workstations 2: Effect of Control and Lighting Design on Task Performance, and Chosen Photometric Conditions. **IRC Research Report RR – 166** (2004): 1 – 62.

Newsham, G. R., and Sander, D. M. The Effects of Office Design on Workstation Lighting: Simulation Results. **IRC – RR – 143** (2003): 1 – 72.

New Zealand Standard. Code of Practice for Interior Lighting Design. **NZS 6703** (1984): 36 – 55.

Osterhaus, W. K. E. Office Lighting: A review of 80 Years of Standards and Recommendations. **LBL—35036** (1993): 1 – 11.

Phillips, D. and Howard, J. **Lighting in architectural design**. New York: McGraw-Hill, 1964.

Pierpoint, W. Task – Ambient Office Lighting. **Technical Report Civil Engineering Laboratory** (1980): 1 – 37.

Rubinstein, F., Kiliccote, S., Loffeld, J., Pettler, P., Snook, J., and Vistron. Performance of Personal Workspace Controls: Final Report. **LBNL – 57688** (n.d.): 1 – 21.

Saitoh, M., Chairman. Committee Report: Task and Ambient Lighting Systems Committee. **J. Light & Vis. Env**. 22, 1 (1998): 63 – 68.

Singapore Standard. Code of Practice for Artificial Lighting in Buildings. **CP 38** (1999): 58 – 63.

Shieh, K. K., and Lin, C. C. Effects of Screen Type, Ambient Illumination, and Color Combination on VDT Visual Performance and Subjective Preference. **International Journal of Industrial Ergonomics** 26 (2000): 527 – 536.

Slater, A. I., Perry, M.J., and Carter, D. J. Illuminance Difference Between Desks: Limits of Acceptability. **Lighting Res. Technol**. 25, 3 (1993): 91 – 103.

Slater, A. I., and Boyce, P. Illuminance Uniformity on Desks: Where is the Limit? **Lighting Res. Technol**. 22, 4 (1990): 165 – 174.

Society of Light and Lighting. **Code for Lighting**. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2002.

Sorcar, P. C. **Architectural lighting for commercial interiors**. New York: John Wiley & Sons, 1987.

South African National Standards. Interior Lighting Part 1: Artificial Lighting of Interiors. **SANS 10114 – 1**, 3rd ed. (2005): 14 – 32.

Steffy, G. R. **Lighting the Electronic Office**. New York: VAN NOSTRAND REINHOLD, 1995.

Stein, B., and Reynolds, J. S. **Mechanical and electrical equipment for buildings**, 7th ed. New York: John Wiley & Sons, 1992.

Steven V. Szokolay, S. V. **Introduction to architectural science: The basis of sustainable design**. Amsterdam: Elsevier, 2005.

Uchida, A., and Ohtani, Y. Fundamental Study of Shadow Characteristics under Task Ambient Lighting. . **J. Light & Vis. Env**. 24, 1 (2000): 50 – 18.

Veitch, J. A., and Newsham, G. R. Lighting Quality and Energy – Efficiency Effects on Task Performance, Mood, Health, Satisfaction, and Comfort. **Journal of the Illuminating Engineering Society** (1998): 107 – 129.

Veitch, J. A., and Newsham, G. R. Preferred Luminous Conditions in Open – Plan Offices: Research and Practice Recommendations. **International Journal of Lighting Research and Technology** 32, 4 (2000): 100 – 212.

Veitch, J. A. Psychological Processes Influencing Lighting Quality. **Journal of the Illuminating Engineering Society** 30,1 (2001): 124 – 140.

Wright, M., Hill, S., and Cook, G. Office Task Lighting: A User Study of Six Task Lights by Five Workers with Low Vision. **British Journal of Visual Impairment** 17 (1999): 117 – 120.

Yamakawa, K., Watabe, K., Inanuma, M., Sakata, K., and Takeda, H. A Study on the Practical Use of a Task and Ambient Lighting System in an Office. **J. Light & Vis. Env**. 24, 2 (2000): 15 – 18.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

คำศัพท์และคำนิยามเกี่ยวกับแสง

1. **ปริมาณแสง** (Luminous Flux, ϕ)

คือ รังสีหรือกำลังของแสงที่ถูกปล่อยออกมาจากแหล่งกำเนิดแสง ใน 1 หน่วยเวลา เป็นการบอกค่าพลังงานหรือกำลังของแสงจากแหล่งกำเนิดแสงในรูปแบบของเส้นแรงที่ออกมาจากแหล่งกำเนิด หรืออาจเปรียบเทียบได้ว่าเป็นอัตราการไหล (Rate of Flow) ของพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่แสดงออกมาในรูปของกำลังไฟฟ้า มีหน่วยเป็น วัตต์ (Watt, W) แต่สำหรับแสงสว่างจะหมายถึงค่าที่วัดออกมาเป็นปริมาณแสงที่ปล่อยออกมาจากแหล่งกำเนิด มีหน่วยเป็น ลูเมน (Lumen, lm) โดยปริมาณแสง 680 ลูเมน ที่เกิดจากลำของรังสีหนึ่ง ๆ ที่ความยาวคลื่น 0.555 ไมครอน จะมีพลังงาน 1 วัตต์ เป็นค่าที่มากที่สุดสำหรับตาของมนุษย์ในการมองเห็น

เทียน ให้ปริมาณแสง 12.57 ลูเมน

หลอดไส้ 100 วัตต์ ให้ปริมาณแสง 1,360 ลูเมน

หลอดฟลูออเรสเซนต์ 36 วัตต์ ให้ปริมาณแสง 2,500 ลูเมน

2. **ประสิทธิผลของแสง** (Luminous Efficacy, η)

คือ อัตราส่วนของปริมาณแสง (ϕ) ที่ปล่อยออกมาจากแหล่งกำเนิดต่อพลังงานที่ใช้ เพื่อให้ได้แสงปริมาณนั้นออกมา มีหน่วยเป็น ลูเมนต่อวัตต์ (Lumen/Watt, lm/W) หลอดไส้เป็นหลอดไฟที่มีประสิทธิผลของแสงต่ำเพราะกำลังไฟฟ้าที่ให้กับหลอดไฟ ส่วนใหญ่เปลี่ยนไปเป็นความร้อน แต่ให้ปริมาณแสงออกมาน้อย

หลอดไส้ 100 วัตต์ มีประสิทธิผลของแสง 13.6 ลูเมนต่อวัตต์

หลอดฟลูออเรสเซนต์ 36 วัตต์ มีประสิทธิผลของแสง 70 ลูเมนต่อวัตต์

โดยความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแสงและพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ ดังสมการ

$$\eta = \phi/W$$

3. Solid Angle (ω) **หรือ** (Ω)

คือ การวัดสัดส่วนของพื้นที่ผิวทรงกลมที่ครอบคลุมด้วยพื้นที่สมมติรูปทรงกรวยที่มีส่วนที่แหลมที่สุดของกรวยอยู่ที่ จุดศูนย์กลางของทรงกลมนั้นๆ หรือ อัตราส่วนระหว่างพื้นที่ผิวส่วนที่พิจารณาของทรงกลม (A) ต่อรัศมีของทรงกลมนั้นๆยกกำลังสอง (r^2) มีหน่วยเป็น สเตอเรเดียน (Steradian, sr)

$$\omega = A/r^2$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4. ความเข้มแสง (Luminous Intensity, I)

คือ ค่าที่ใช้บอกความมากน้อยของปริมาณแสงที่ปล่อยออกมาจากแหล่งกำเนิดแสงในทิศทางใดทิศทางหนึ่ง ดังนั้น ความเข้มแสง (I) หรือในอดีตเรียกว่า “แรงเทียน” (Candlepower) ก็คือ ปริมาณแสง (ϕ) ในหน่วยลูเมน (Lumen, lm) จากแหล่งกำเนิดแสงที่วัดได้ใน Solid Angle ใดๆ (ω) มีหน่วยเป็น ลูเมนต่อสเตอเรเดียน (lm/sr) หรือ แคนเดลา (Candela, cd)

$$I = \phi/\omega$$

ในการพิจารณาลักษณะนี้ใช้สำหรับการพิจารณาแหล่งกำเนิดแสงที่มีขนาดเล็กมากจนถือว่าแหล่งกำเนิดแสงนั้นเป็นจุด (Point Source) หากพิจารณาโดยการนำแหล่งกำเนิดแสงที่เล็กมากจนเสมือนจุดและมีค่าความเข้มแห่งการว่องสว่างสม่ำเสมอทุกทิศทางเท่ากับ 1 แคนเดลา มาวางไว้ที่จุดศูนย์กลางของทรงกลมรัศมี 1 หน่วย ปริมาณแสงที่พุ่งไปตกลงบนทุก ๆ หนึ่งตารางหน่วยพื้นที่บนพื้นผิวของทรงกลมนี้จะมีค่าเท่ากับ 1 ลูเมน และเนื่องจากพื้นที่ผิวของทรงกลมรัศมี 1 หน่วยมีค่าเท่ากับ 12.57 ตารางหน่วยพื้นที่ ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่า ความเข้มแห่งการส่องสว่าง 1 แคนเดลา จะสามารถเปล่งปริมาณเส้นแรงของแสงออกมาได้เท่ากับ 12.57 ลูเมน

5. ความส่องสว่าง (Illuminance, E)

คือ ปริมาณแสง (ϕ) ที่ตกกระทบลงบน 1 หน่วยพื้นที่ใดๆ (A) จะได้ความส่องสว่าง (E) มีหน่วยเป็น ลูเมนต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ (Lumen per Unit Area) เมื่อวัดค่าความส่องสว่างบนระนาบที่ห่างจากเทียนออกมา 1 เมตร จะมีค่าเท่ากับ 1 ลักซ์

บนโต๊ะทำงานในสำนักงานธรรมดาทั่วไป เท่ากับ 500 ลักซ์

บนพื้นดินในที่โล่งเมื่อท้องฟ้าหลัว เท่ากับ 10,000 ลักซ์

บนพื้นดินในที่โล่งเมื่อท้องฟ้าสดใส เท่ากับ 100,000 ลักซ์

$$E = \phi/A$$

หากพิจารณาแหล่งกำเนิดแสงที่เป็นจุด (Point Source) ในทรงกลม เมื่อทรงกลมสมมติมีรัศมี 1 ฟุต ปริมาณแสง 1 ลูเมน ที่ตกกระทบพื้นผิวทรงกลมในพื้นที่ 1 ตารางฟุต ความส่องสว่างจะมีค่า 1 ลูเมนต่อตารางฟุต (lm/ft^2) หรือ 1 ฟุตแคนเดิล (Footcandle, fc) ในทำนองเดียวกันหากทรงกลมมีรัศมี 1 เมตร ปริมาณ แสง 1 ลูเมน ที่ตกกระทบพื้นผิวทรงกลมในพื้นที่ 1 ตารางเมตร ความส่องสว่างจะมีค่า 1 ลูเมนต่อตารางเมตร (lm/m^2) หรือ 1 ลักซ์ (lux, lx) โดยที่1 ฟุตแคนเดิล เท่ากับ 10.76 ลักซ์

ถ้าแหล่งกำเนิดแสงมีขนาดเล็กมากจนถือได้ว่ามีลักษณะเป็นจุด ค่าความส่องสว่างบนพื้นผิวนั้นจะขึ้นอยู่กับ ระยะห่างและมุมของแสงที่ตกกระทบ จึงเกิดเป็นสมการหาค่าความส่องสว่างอีกสมการหนึ่ง เมื่อ

พิจารณาความเข้มแสง (I) ในทิศทางใดๆจากแหล่งกำเนิดแสง แสงที่เดินทางเป็นระยะทาง (d) มาตกกระทบพื้นผิวที่มุมใดๆ (Θ) คือ มุมระหว่างทิศทางของแสงที่ตกกระทบและเส้นตั้งฉากกับพื้นผิวนั้น)

$$E = I\cos\Theta/d^2$$

ความสัมพันธ์นี้ เรียกว่า “กฎกำลังสองผกผัน” (Inverse Square Law) ซึ่งกล่าวว่า “ค่าความส่องสว่างจะแปรผกผันกับกำลังสองของระยะทางระหว่างแหล่งกำเนิดแสงและพื้นที่รับแสง” และ “กฎของแลมเบิร์ต” (Lambert’s Law) ซึ่งกล่าวว่า “ปริมาณแสงที่ตกกระทบลงบนพื้นผิววัตถุจะแปรผันตามค่า Cos ของมุมตกกระทบ”

6. **ความสว่าง** (Luminance, L)

คือ การที่แสงตกกระทบวัตถุแล้วสะท้อนกลับหรือส่องผ่านวัตถุเข้าสู่ตาทำให้มองเห็นวัตถุนั้นได้ มีหน่วยเป็น แคนเดลาต่อตารางเมตร (cd/m^2) หรือ ฟุตแลมเบิร์ต (Footlambert, FL)

เมื่อวัตถุที่แสงตกกระทบมีพื้นผิวที่ช่วยกระจายแสง (Diffuse) ค่าความสว่างจะแปรผันตรงกับค่าความส่องสว่าง (E) และค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง (ρ) หรือค่าสัมประสิทธิ์การส่องผ่านของแสง (τ)

$$L = I \times \rho/A = E(lx) \times \rho/\pi \quad \text{หน่วย } cd/m^2$$

$$L = I \times \tau/A = E(lx) \times \tau/\pi \quad \text{หน่วย } cd/m^2$$

$$L = E(fc) \times \rho \quad \text{หน่วย FL}$$

$$L = E(fc) \times \tau \quad \text{หน่วย FL}$$

ค่าความสว่างขึ้นอยู่กับความเข้มแสง (I) ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง (ρ) หรือค่าสัมประสิทธิ์การส่องผ่านของแสง (τ) ของวัตถุ และพื้นที่ของวัตถุที่มองเห็น หรือค่าความส่องสว่าง (E) กับค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง (ρ) หรือค่าสัมประสิทธิ์การส่องผ่านของแสง (τ) ของวัตถุ

ส่วนความสัมพันธ์ระหว่าง ความสว่าง (L) พื้นที่ผิวของวัตถุที่เห็น (A) และความเข้มแสง (I)

$$I = L \times A \cos\phi$$

7. **ความจ้า** (Brightness)

คือ การตอบสนองทางด้านความคิด (Subjective Response) ต่อความสว่าง (Luminance) ในพื้นภาพที่มองเห็น (Field of View) ซึ่งขึ้นอยู่กับการปรับสภาพของดวงตาของแต่ละบุคคล และบุคคลจะรับรู้ความจ้าของพื้นผิวได้ ก็ต่อเมื่อมีการเปรียบเทียบพื้นผิวข้างเคียงที่มืดกว่าหรือสว่างกว่า

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

8. ความเปรียบต่าง (Contrast)

คือ ความสว่างของวัตถุที่ต้องการมองเทียบกับความสว่างรอบข้าง เช่น วัตถุสีขาววางบนพื้นสีดำจะมองเห็นได้ง่ายกว่าวัตถุสีดำวางบนพื้นสีดำ โดยค่าความเปรียบต่างหาได้จาก อัตราส่วนความแตกต่างของความสว่าง (Contrast Ratio) ระหว่างความสว่างของวัตถุที่พิจารณา (Target, L_t) กับความสว่างของพื้นหลังหรือสภาพแวดล้อม (Background, L_b) โดยเมื่อมีความเปรียบต่างมากจะทำให้มองเห็นวัตถุได้ง่าย แต่ถ้ามากเกินไปอาจทำให้สายตาล้าได้

$$\text{Contrast Ratio} = |(L_t - L_b)/ L_b|$$

9. แสงบาดตา (Glare)

คือ แสงที่เข้าตาแล้วทำให้มองเห็นวัตถุได้ยากลำบาก จนบางครั้งอาจถึงกับมองไม่เห็น หรือทำให้เกิดความไม่สบายตา ไม่ว่าจะเป็นแสงบาดตาที่มองเห็นโดยตรง (Direct Glare) หรือ แสงบาดตาที่มองเห็นจากการสะท้อน (Indirect Glare) ก็ตาม ความมากน้อยของความรู้สึกนั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ เช่น ขนาด ตำแหน่ง จำนวนของแหล่งกำเนิดแสง รวมทั้งความสามารถในการปรับสายตาต่อแสงนั้น โดยแสงบาดตาเมื่อพิจารณาจากผลที่เกิดขึ้นกับผู้มอง สามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ

แสงบาดตาที่ทำให้ไม่สามารถมองเห็น (Disability Glare) ซึ่งส่งผลให้ความสามารถในการมองวัตถุลดลง เกิดขึ้นเมื่อมองไปยังพื้นที่ที่สว่างหรือมืดกว่าสภาพแวดล้อมมากๆ จนเกิดความเปรียบต่างสูง หรือการมองย้อนแสง เช่น การมองแสงจากไฟหน้ารถที่วิ่งสวนมาในที่มืด, การนั่งทำงานโดยหันหน้าออกทางหน้าต่างที่มีแสงจ้าจากท้องฟ้า หรือการมองเห็นท้องฟ้าผ่านช่องแสงที่ปลายทางเดินมืดๆ เป็นต้น

แสงบาดตาที่ทำให้เกิดความไม่สบายตา (Discomfort Glare) ซึ่งไม่ได้ส่งผลให้ความสามารถในการมองวัตถุลดลง แต่รบกวนการมองเห็น เกิดขึ้นจากแหล่งกำเนิดแสงจ้าในพื้นที่ที่มองเห็นหรือกำลังพิจารณา เช่น การมองเห็นดวงโคมที่สว่างจ้าจำนวนมากบนฝ้าเพดานในมุมมองปกติ, การอ่านหนังสือในบริเวณที่มีแสงแดดส่อง หรือ การมองท้องฟ้าที่มีแสงจ้าผ่านช่องหน้าต่างออกไป

นอกจากแสงบาดตาที่พิจารณาจากผลที่เกิดขึ้นกับผู้มองแล้วยังมี **แสงบาดตาที่เกิดจากการมองภาพสะท้อนของแหล่งกำเนิดแสงทับลงบนพื้นที่ทำงาน** (Veiling Reflection) ซึ่งทำให้เกิดความยากลำบากในการทำงาน เช่น ภาพของหน้าต่างหรือหลอดไฟที่ปรากฏบนจอภาพคอมพิวเตอร์ขณะทำงาน และภาพสะท้อนของหลอดไฟบนกระดาษผิวมันทำให้เห็นตัวหนังสือยาก เป็นต้น

10. อุณหภูมิสี (Color Temperature)

คือ แสงจากแหล่งกำเนิดแสงทั่วๆไปนั้นถือว่าเป็นแสงขาว ซึ่งสามารถบอกสีของแสงนั้นได้ด้วยค่าของอุณหภูมิสีเทียบเคียง (Correlated Color Temperature, CCT) มีหน่วย เคลวิน (Kelvin, K) แต่หลอดไฟหรือแหล่งกำเนิดแสงแต่ละชนิดจะมีค่า CCT เฉพาะตัวที่แตกต่างกันออกไป ซึ่งมีการแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มใหญ่ โดยคณะกรรมการระหว่างชาติว่าด้วยแสงสว่าง (Commission Internationale de l'Eclairage, CIE) คือ

Warm < 3,300 K

Intermediate 3,300 K – 5,300 K

Cold หรือ Daylight > 5,300 K

ในกลุ่ม Intermediate ยังแบ่งออกได้เป็น Intermediate กับ Cool ซึ่งมีค่า 4,000 K – 5,300 K

11. ดัชนีเทียบสี (Color Rendering Index, CRI/R_a)

คือ ดัชนีเทียบสี หรือ ค่าความถูกต้องของสีวัตถุภายใต้แสง เป็นค่าที่ชี้ให้เป็นว่า สีของแสงจากแหล่งกำเนิดที่ส่องวัตถุนั้น จะให้ความถูกต้องของสีกับวัตถุที่เราเห็นนั้นมากน้อยเพียงใด แสงที่มีค่า CRI หรือ R_a เท่ากับ 100 หมายความว่า แสงนั้นๆให้สีที่ถูกต้องกับวัตถุโดยไม่ผิดเพี้ยน แสงธรรมชาติเป็นแสงที่ให้ความถูกต้องของสีมากที่สุด เพราะมีสีในสเปกตรัมของแสงครบทุกสี ส่วนสีของแสงจากหลอดโซเดียมความดันต่ำที่เห็นเป็นสีเหลือง มีค่า CRI หรือ R_a เท่ากับ 0 คือ เมื่อส่องไปที่วัตถุใดก็ตาม สีของวัตถุก็เพี้ยนไปหมดทุกสี จึงไม่เหมาะสมกับการนำมาใช้งานที่ต้องการความถูกต้องของสี โดยสีของแสงหลอดไฟต่างชนิดที่มีสีของแสงเหมือนกัน อาจจะมีความถูกต้องของสีต่างกันขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของสเปกตรัมของแสงนั้นๆ

12. ดัชนีบอกค่าระดับความไม่สบายตามากที่สุดที่ยอมรับได้ (Limiting Unified Glare Rating, UGR_L)

ดัชนีบอกค่าระดับความไม่สบายตามากที่สุดที่ยอมรับได้จากระบบแสงสว่าง ณ พื้นที่หรือจุดทำงาน ซึ่งค่าระดับความไม่สบายตา (Unified Glare Rating) สามารถหาได้จากสูตร Tabular Method ต่อไปนี้

$$UGR = 8 \times \text{Log}\ [(0.25/L_b) \times \Sigma(L^2 \times \omega/\rho^2)$$

13. การดูดกลืนของแสง (Absorption)

คือ ปรากฏการณ์ที่แสงถูกดูดกลืนหายเข้าไปในตัวกลางและเกิดการเปลี่ยนรูปของพลังงาน เช่น การฉายแสงขาวลงบนผนังสีแดง แสงสีอื่นๆจะถูกดูดกลืนหายเข้าไปในกำแพง ยกเว้นแสงสีแดงเท่านั้นที่สะท้อนออกมาสู่ดวงตา เราจึงเห็นผนังสีแดงและเมื่อมีการดูดกลืนพลังงานแสงเข้าไปในวัตถุใดๆ จะเกิดการเปลี่ยนรูปพลังงานแสงเป็นพลังงานความร้อน

14. สัมประสิทธิ์การดูดกลืนแสงของวัสดุ (Absorptance, α)

คือ อัตราส่วนระหว่างปริมาณแสงที่ดูดกลืนผ่านพื้นผิวเข้าไปในวัตถุต่อปริมาณแสงที่ตกลงบนพื้นผิววัตถุนั้นๆ หรือ ความส่องสว่างที่ดูดกลืนผ่านพื้นผิวเข้าไปในวัตถุต่อความส่องสว่างที่ตกกระทบวัตถุนั้น โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 0 – 1 หรืออาจเทียบเป็นค่าระหว่าง 0 – 100 % ก็ได้

15. การสะท้อน (Reflection)

คือ พฤติกรรมของแสงที่กระทบบนตัวกลางแล้วสะท้อนกลับออกมา โดยที่ความถี่ของคลื่นแสงนั้นไม่เปลี่ยนไป ซึ่งแบ่งตามลักษณะการสะท้อน ได้เป็น

การสะท้อนแบบเสมือนกระจกเงา (Specular Reflection) เกิดขึ้นเมื่อแสงตกกระทบบนตัวกลางที่เป็นวัสดุทึบแสง (Opaque Material) มีลักษณะผิวเรียบมันวาว (Polished Surface) การสะท้อนจะมีมุมของแสงที่ตกกระทบ (Angle of Incident) เท่ากับมุมของแสงที่สะท้อน (Angle of Reflection)

การสะท้อนแบบกระจาย (Diffuse Reflection) เกิดขึ้นเมื่อแสงตกกระทบบนตัวกลางที่มีผิวหยาบ แสงจะสะท้อนออกไปในหลายๆทิศทาง ซึ่งส่วนมากมุมของแสงสะท้อนที่กระจายออกไปนั้นจะไม่เท่ากับมุมของแสงที่ตกกระทบ หากผิววัสดุมีลักษณะหยาบอย่างสมบูรณ์ คือ หยาบทั่วกันทั้งพื้นผิว (Perfectly Diffuse Surface) แสงสะท้อนที่ได้จะมีลักษณะเป็นการกระจายแสงสมบูรณ์ (Perfectly Diffuse Reflection) เป็นการสะท้อนแสงที่ให้ความสว่างเท่าๆกันในทุกมุมสะท้อน แต่ถ้าหากผิววัตถุไม่เรียบอย่างสม่ำเสมอ (Semi Diffuse Surface) แสงสะท้อนที่ได้ก็จะมีลักษณะเป็นการสะท้อนแบบกระจัดกระจาย (Semi Diffuse Reflection) โดยทั่วไปแสงที่สะท้อนออกมาจากวัตถุมักจะมีลักษณะผสมผสานกันระหว่างการสะท้อนแบบเสมือนกระจกเงาและการสะท้อนแบบกระจาย

16. สัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของวัสดุ (Reflectance, ρ)

คือ อัตราส่วนระหว่างปริมาณแสงที่สะท้อนออกมาจากพื้นผิววัตถุต่อปริมาณแสงที่ตกลงบนพื้นผิววัตถุนั้นๆ หรือ ความส่องสว่างที่สะท้อนออกมาจากวัตถุต่อความส่องสว่างที่ตกกระทบวัตถุนั้น โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 0 – 1 หรืออาจเทียบเป็นค่าระหว่าง 0 – 100 % ก็ได้

17. การส่องผ่าน (Transmission)

คือ พฤติกรรมของแสงที่ตกกระทบด้านหนึ่งของตัวกลาง แล้วทะลุผ่านไปยังอีกด้านหนึ่ง หากไม่พิจารณาคุณสมบัติหรือลักษณะของตัวกลางที่แสงผ่านแล้ว มุมของแสงที่ตกกระทบจะเท่ากับมุมของแสงที่ทะลุผ่าน และแสงที่ผ่านออกมาจะยังมีปริมาณคงเดิม ซึ่งแบ่งตามลักษณะของตัวกลาง ได้เป็น

ตัวกลางโปร่งใส (Transparent Medium) แสงจะเกิดการหักเห (Refraction) หรือเปลี่ยนทิศทาง (Bent) ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของตัวกลาง และทะลุผ่านในลักษณะเดิมของลำแสงที่ตกกระทบ โดยยังสามารถเห็นแหล่งกำเนิดแสงที่อีกด้านหนึ่งของตัวกลางได้อย่างชัดเจน เช่น กระจกใส เป็นต้น

ตัวกลางโปร่งแสง (Translucent Medium) แสงที่ส่องผ่านจะเกิดการกระจาย (Diffuse Transmission) โดยไม่สามารถมองเห็นแหล่งกำเนิดแสงที่อีกด้านหนึ่งของตัวกลางได้อย่างชัดเจน เช่น กระจกฝ้า เป็นต้น

เมื่อแสงตกกระทบตัวกลางที่แสงส่องผ่านได้ แสงส่วนหนึ่งจะถูกดูดกลืน ส่วนหนึ่งจะสะท้อนกลับและส่วนที่เหลือจะทะลุผ่านตัวกลาง หมายความว่า ปริมาณแสงที่ตกกระทบจะเท่ากับ ปริมาณแสงที่ถูกดูดกลืนและปริมาณแสงที่สะท้อนกลับ รวมกับปริมาณแสงที่ทะลุผ่าน

$$\text{Absorptance} + \text{Reflectance} + \text{Transmittance} = 1$$

18. สัมประสิทธิ์การส่งผ่านแสงของวัสดุ (Transmittance, **T**)

คือ อัตราส่วนระหว่างปริมาณแสงที่ส่องทะลุผ่านพื้นผิววัตถุต่อปริมาณแสงที่ตกลงบนพื้นผิววัตถุนั้นๆ หรือ ความส่องสว่างที่ทะลุผ่านวัตถุออกมาต่อความส่องสว่างที่ตกกระทบวัตถุนั้น โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 0 – 1 หรือ อาจเทียบเป็นค่าระหว่าง 0 – 100 % ก็ได้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข

แบบจริงโดยจำแนกออกเป็นชิ้นส่วนต่างๆของโคมไฟประหยัดพลังงานซึ่งใช้
เทคนิคการให้แสงเฉพาะที่เพื่อเสริมการให้แสงในบริเวณทั่วไปสำหรับอาคารสำนักงาน

รายการวัสดุและจำนวนวัสดุประกอบแบบ หน้าที่ 1

ภคพร เรืองศรี (089-8631818)
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
254 ถนนพญาไท
แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน
กทม. 10330

***ตัวยึด / ตัวเสียบ / รางเลื่อน**

1. ตัวยึด1/1 จำนวน 1 ชิ้น
2. ตัวยึด1/2 จำนวน 1 ชิ้น
3. ตัวยึด2/1 จำนวน 1 ชิ้น
4. ตัวยึด2/2 จำนวน 1 ชิ้น
5. ตัวยึด3/1 จำนวน 1 ชิ้น
6. ตัวยึด3/2 จำนวน 1 ชิ้น
7. ตัวเสียบ1/1 จำนวน 1 ชิ้น
8. ตัวเสียบ1/2 จำนวน 1 ชิ้น
9. ตัวเสียบ2/1 จำนวน 1 ชิ้น
10. ตัวเสียบ2/2 จำนวน 1 ชิ้น
11. รางเลื่อนยึดกล่องโคมไฟ1/1 จำนวน 1 ชิ้น
12. รางเลื่อนยึดกล่องโคมไฟ1/2 จำนวน 1 ชิ้น

***กล่องอิเล็กทรอนิกส์บัลลาสต์และสวิตช์**

1.ฝาบน จำนวน 1 ชิ้น
2.แผ่นหลัง จำนวน 1 ชิ้น
3.แผ่นหน้า จำนวน 1 ชิ้น
4.แผ่นล่าง จำนวน 1 ชิ้น

รายการวัสดุและจำนวนวัสดุประกอบแบบ หน้าที่ 2

ภคพร เรืองศรี (089-8631818)
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
254 ถนนพญาไท
แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน
กทม. 10330

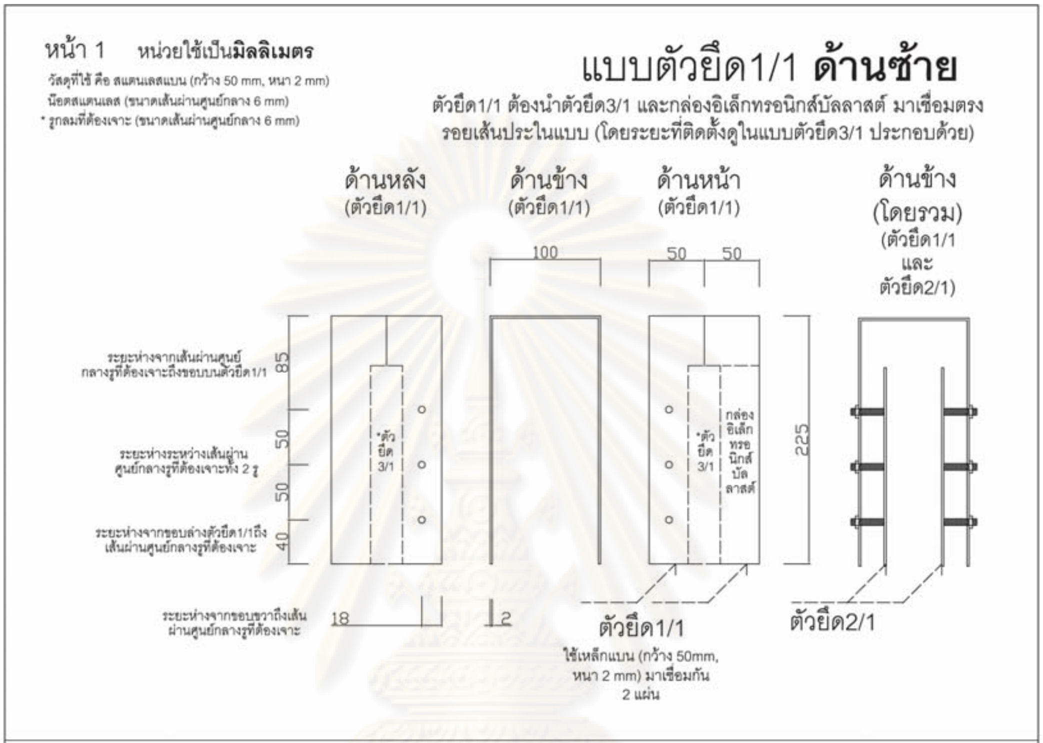
***กล่องโคมไฟ**

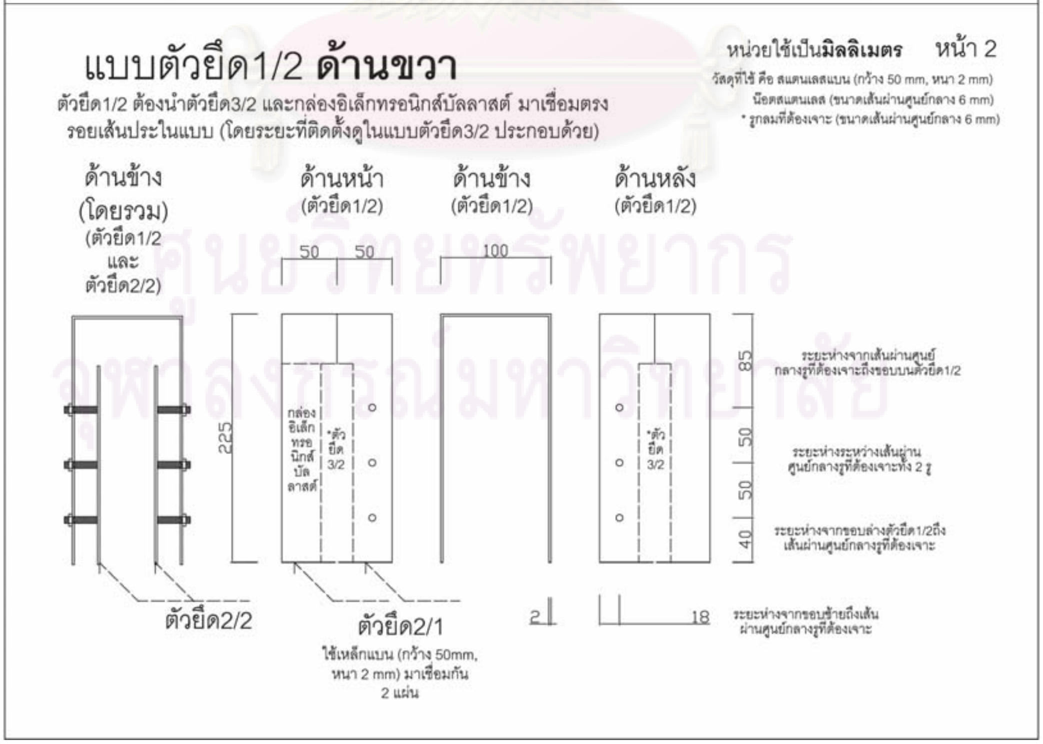
1.ฝาบน จำนวน 1 ชิ้น
2.แผ่นล่าง จำนวน 1 ชิ้น
3.แผ่นหน้า จำนวน 1 ชิ้น
4.แผ่นหลัง จำนวน 1 ชิ้น
5.แผ่นกลาง จำนวน 1 ชิ้น
6.แผ่นเสริม จำนวน 1 ชิ้น
7.แผ่นซ้าย จำนวน 1 ชิ้น
8.แผ่นขวา จำนวน 1 ชิ้น
9.แผ่นอะครีลิก 4 สี สีละ 1 ชิ้น จำนวน 4 ชิ้น

****วัสดุที่ใช้**

1.สแตนเลสแบน (กว้าง 50 mm, หนา 2 mm, ยาว 6,000 mm) จำนวน ___ เส้น
2.สแตนเลสแบน (กว้าง 25 mm, หนา 2 mm, ยาว 6,000 mm) จำนวน ___ เส้น
3.สแตนเลสฉาก (ขนาด 25 x 25 mm, หนา 2 mm, ยาว 6,000 mm) จำนวน ___ เส้น
4.สแตนเลสเหลี่ยม (ขนาด 25 x 25 mm, หนา 2 mm, ยาว 6,000 mm) จำนวน ___ เส้น
5.เพลาสแตนเลส (ขนาด 6 mm) จำนวน ___ เส้น
6.น๊อตสแตนเลส (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 mm) จำนวน ___ ชุด
7.แผ่นสแตนเลส (หนา 1 mm) ; ขัดผิวแบบ hair line จำนวน ___ แผ่น
8.บานพับสแตนเลส จำนวน ___ ชุด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย


หน้า 1 หน่วยใช้เป็น**มิลลิเมตร**
วัสดุที่ใช้ คือ สแตนเลสแบน (กว้าง 50 mm, หนา 2 mm)
น็อตสแตนเลส (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 mm)
* รูกลมที่ต้องเจาะ (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 mm)
แบบตัวยึด1/1 **ด้านซ้าย**
ตัวยึด1/1 ต้องนำตัวยึด3/1 และกล่องอิเล็กทรอนิกส์บัลลาสต์ มาเชื่อมตรง
รอยเส้นประในแบบ (โดยระยะที่ติดตั้งดูในแบบตัวยึด3/1 ประกอบด้วย)
ด้านหลัง (ตัวยึด1/1)
ด้านข้าง (ตัวยึด1/1)
ด้านหน้า (ตัวยึด1/1)
ด้านข้าง (โดยรวม) (ตัวยึด1/1 และ ตัวยึด2/1)
100
50
50
225
85
50
50
40
18
2
ระยะห่างจากเส้นผ่านศูนย์กลางรูที่ต้องเจาะถึงขอบบนตัวยึด1/1
ระยะห่างระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางรูที่ต้องเจาะทั้ง 2 รู
ระยะห่างจากขอบล่างตัวยึด1/1ถึงเส้นผ่านศูนย์กลางรูที่ต้องเจาะ
ระยะห่างจากขอบขวาถึงเส้นผ่านศูนย์กลางรูที่ต้องเจาะ
*ตัวยึด 3/1
กล่องอิเล็กทรอนิกส์บัลลาสต์
ตัวยึด1/1
ใช้เหล็กแบน (กว้าง 50mm, หนา 2 mm) มาเชื่อมกัน 2 แผ่น
ตัวยึด2/1

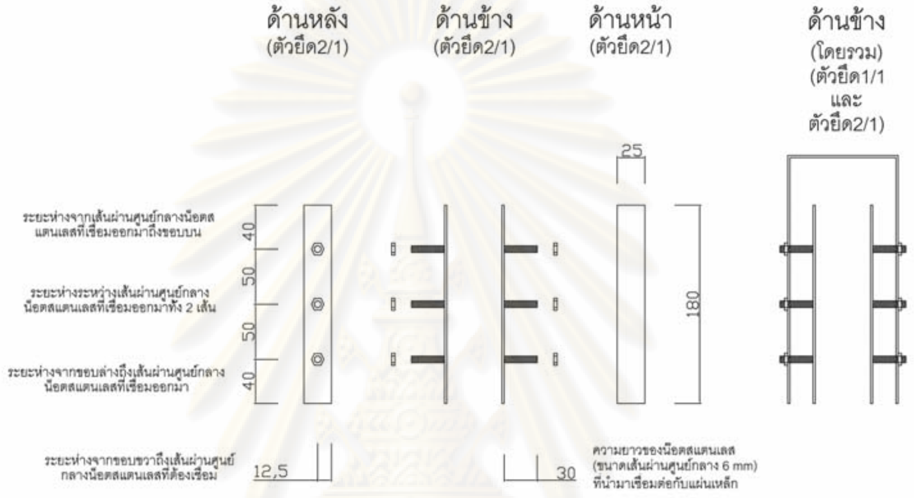

หน่วยใช้เป็น**มิลลิเมตร** หน้า 2
วัสดุที่ใช้ คือ สแตนเลสแบน (กว้าง 50 mm, หนา 2 mm)
น็อตสแตนเลส (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 mm)
* รูกลมที่ต้องเจาะ (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 mm)
แบบตัวยึด1/2 **ด้านขวา**
ตัวยึด1/2 ต้องนำตัวยึด3/2 และกล่องอิเล็กทรอนิกส์บัลลาสต์ มาเชื่อมตรง
รอยเส้นประในแบบ (โดยระยะที่ติดตั้งดูในแบบตัวยึด3/2 ประกอบด้วย)
ด้านข้าง (โดยรวม) (ตัวยึด1/2 และ ตัวยึด2/2)
ด้านหน้า (ตัวยึด1/2)
ด้านข้าง (ตัวยึด1/2)
ด้านหลัง (ตัวยึด1/2)
50
50
100
225
85
50
50
40
2
18
กล่องอิเล็กทรอนิกส์บัลลาสต์
*ตัวยึด 3/2
ระยะห่างจากเส้นผ่านศูนย์กลางรูที่ต้องเจาะถึงขอบบนตัวยึด1/2
ระยะห่างระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางรูที่ต้องเจาะทั้ง 2 รู
ระยะห่างจากขอบล่างตัวยึด1/2ถึงเส้นผ่านศูนย์กลางรูที่ต้องเจาะ
ระยะห่างจากขอบซ้ายถึงเส้นผ่านศูนย์กลางรูที่ต้องเจาะ
ตัวยึด2/2
ตัวยึด2/1
ใช้เหล็กแบน (กว้าง 50mm, หนา 2 mm) มาเชื่อมกัน 2 แผ่น

หน้า 3 หน่วยใช้เป็น**มิลลิเมตร**

วัสดุที่ใช้ คือ สแตนเลสแบน (กว้าง 25 mm, หนา 2 mm)

* น็อตสแตนเลส (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 mm)

แบบตัวยึด2/1 **ด้านซ้าย**

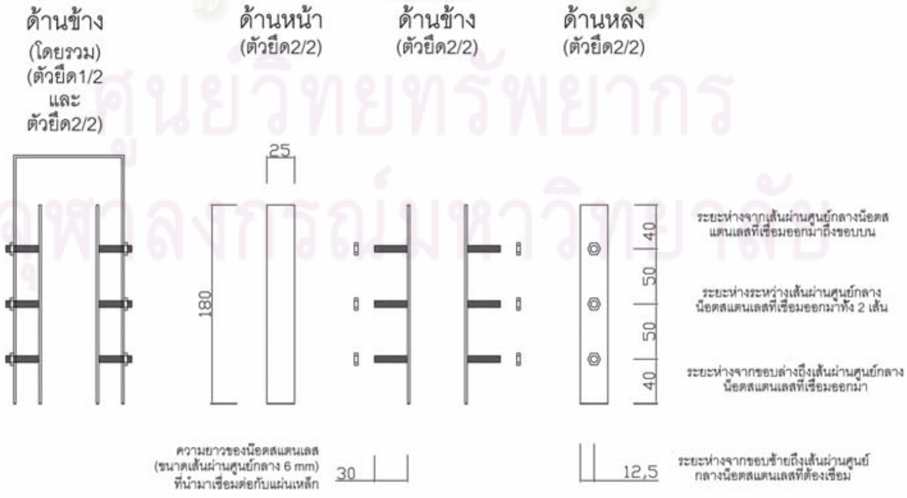


แบบตัวยึด2/2 **ด้านขวา**

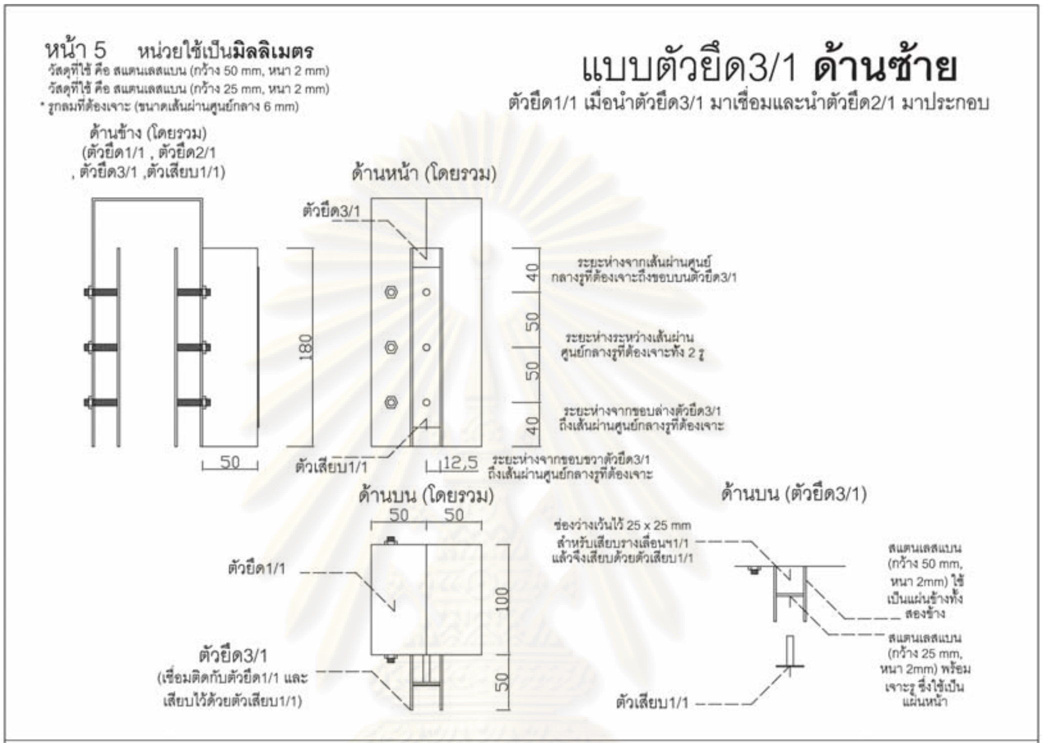
หน่วยใช้เป็น**มิลลิเมตร** หน้า 4

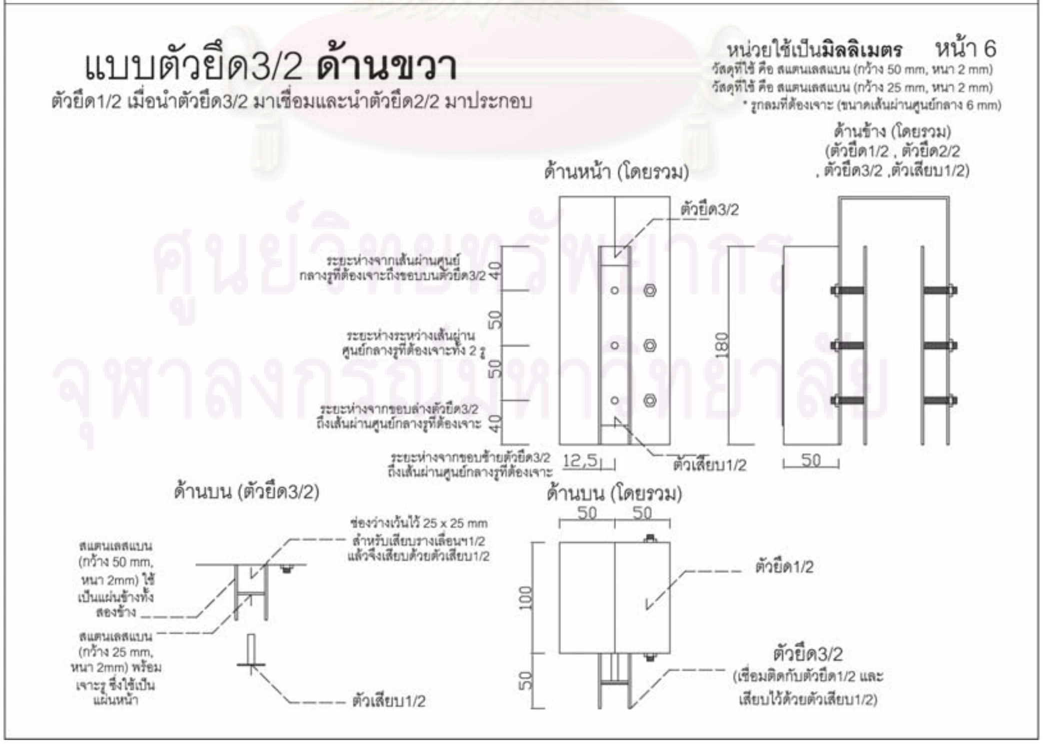
วัสดุที่ใช้ คือ สแตนเลสแบน (กว้าง 25 mm, หนา 2 mm)

* น็อตสแตนเลส (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 mm)



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย





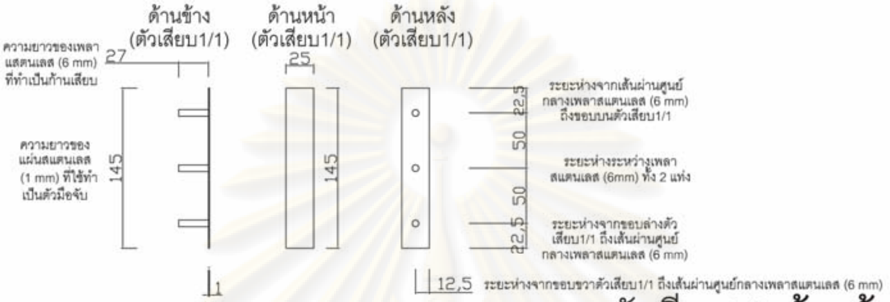
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หน้า 7 หน่วยใช้เป็น**มิลลิเมตร**

วัสดุที่ใช้ คือ แผ่นสแตนเลส (หนา 1 mm)
เพลาสแตนเลส (6mm) เพื่อทำเป็นก้านเสียบรูกลม

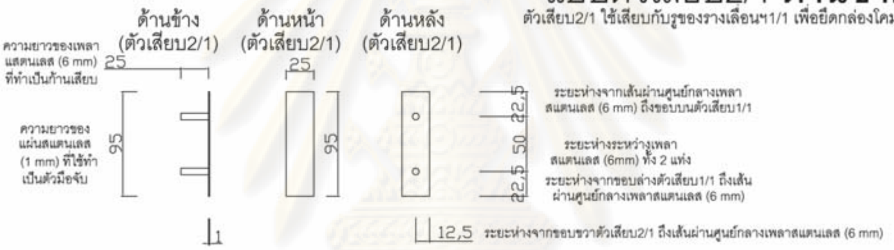
แบบตัวเสียบ1/1 **ด้านซ้าย**

ตัวเสียบ1/1 ใช้เสียบกับรูของตัวยึด3/1เพื่อยึดรางเลื่อนฯ1/1ไว้



แบบตัวเสียบ2/1 **ด้านซ้าย**

ตัวเสียบ2/1 ใช้เสียบกับรูของรางเลื่อนฯ1/1 เพื่อยึดกล่องโคมไฟไว้

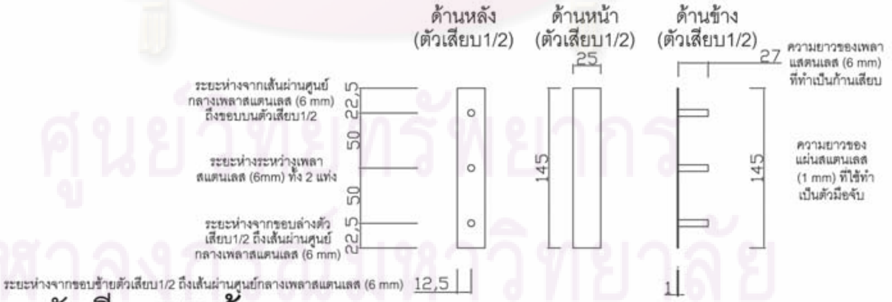


แบบตัวเสียบ1/2 **ด้านขวา**

ตัวเสียบ1/2 ใช้เสียบกับรูของตัวยึด3/2เพื่อยึดรางเลื่อนฯ1/2ไว้

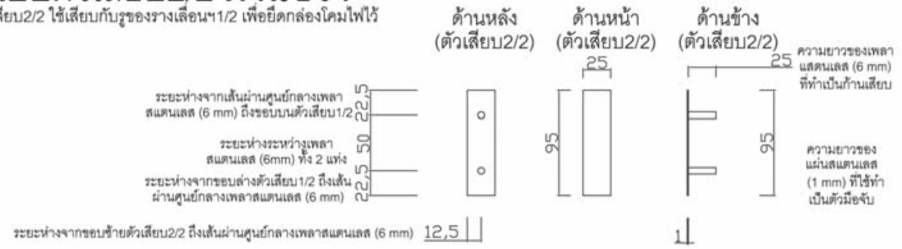
หน่วยใช้เป็น**มิลลิเมตร** หน้า 8

วัสดุที่ใช้ คือ แผ่นสแตนเลส (หนา 1 mm)
เพลาสแตนเลส (6mm) เพื่อทำเป็นก้านเสียบรูกลม



แบบตัวเสียบ2/2 **ด้านขวา**

ตัวเสียบ2/2 ใช้เสียบกับรูของรางเลื่อนฯ1/2 เพื่อยึดกล่องโคมไฟไว้

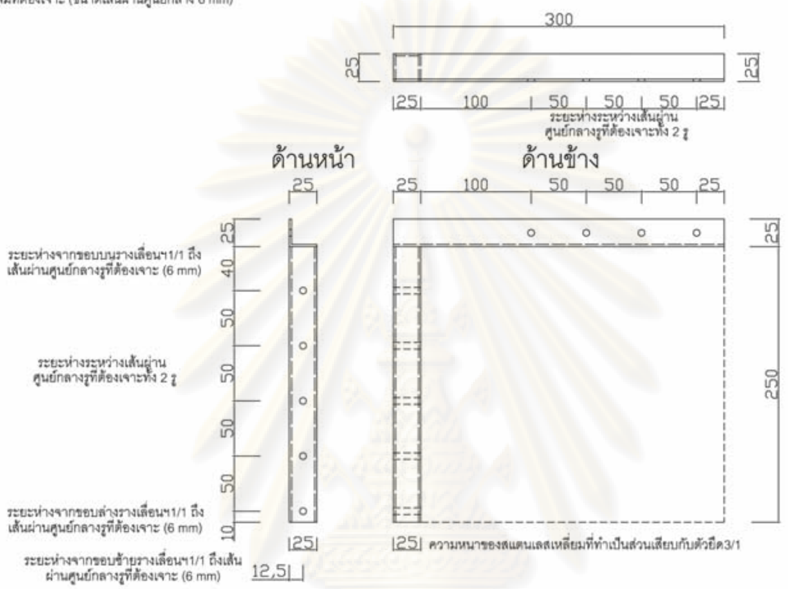


ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หน้า 9 หน่วยใช้เป็น**มิลลิเมตร**

วัสดุที่ใช้ คือ สแตนเลสฉาก (กว้าง 25 x 25 mm, หนา 2 mm)
สแตนเลสเหลี่ยม (กว้าง 25 x 25 mm, หนา 2 mm)
* รูกลมที่ต้องเจาะ (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 mm)

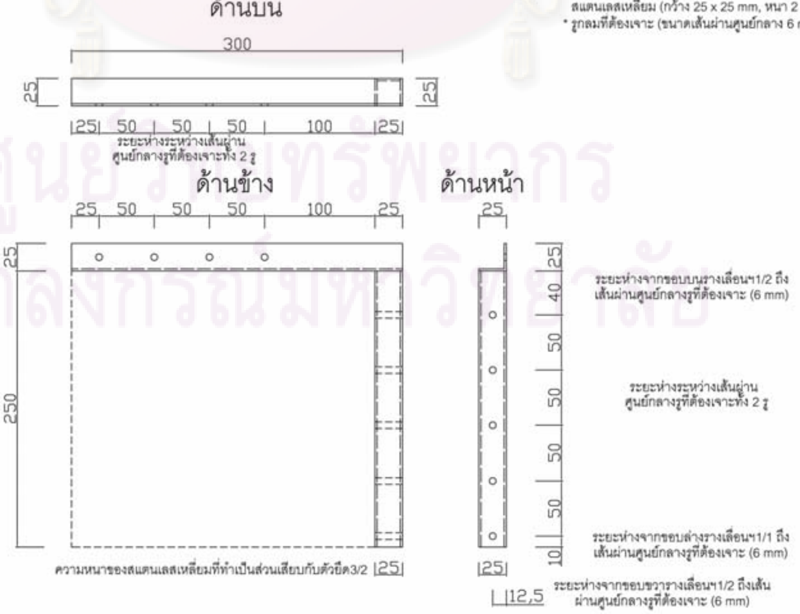
รางเลื่อนยึดกล่องโคมไฟ1/1 **ด้านซ้าย**



รางเลื่อนยึดกล่องโคมไฟ1/2 **ด้านขวา**

หน่วยใช้เป็น**มิลลิเมตร** หน้า 10

วัสดุที่ใช้ คือ สแตนเลสฉาก (กว้าง 25 x 25 mm, หนา 2 mm)
สแตนเลสเหลี่ยม (กว้าง 25 x 25 mm, หนา 2 mm)
* รูกลมที่ต้องเจาะ (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 mm)



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

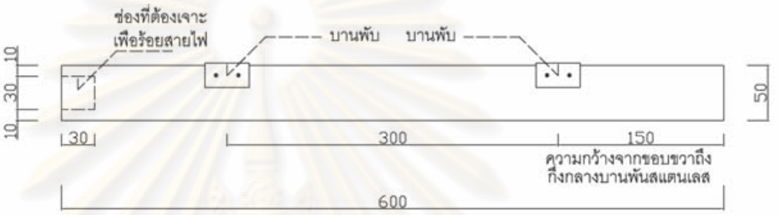
หน้า 11 หน่วยใช้เป็น**มิลลิเมตร**

วัสดุที่ใช้ คือ แผ่นสแตนเลส (หนา 1 mm)
*บานพับสแตนเลส

กล่องอิเล็กทรอนิกส์บัลลาสต์และสวิชต์ (หน้าที่1)

ฝาบน (ด้านบน) **[ฝาบน จำนวน 1 ฝา]**

[ไม่ต้องเชื่อมกับส่วนอื่นของกล่อง แต่ให้ใส่บานพับยึดกับแผ่นหลังเพราะต้องเปิด-ปิดได้]



แผ่นล่าง **[แผ่นล่าง จำนวน 1 แผ่น]**

[ต้องเชื่อมกับแผ่นหน้า,แผ่นหลัง,ตัวยึด1/1,ตัวยึด1/2,ตัวยึด3/1,ตัวยึด3/2]

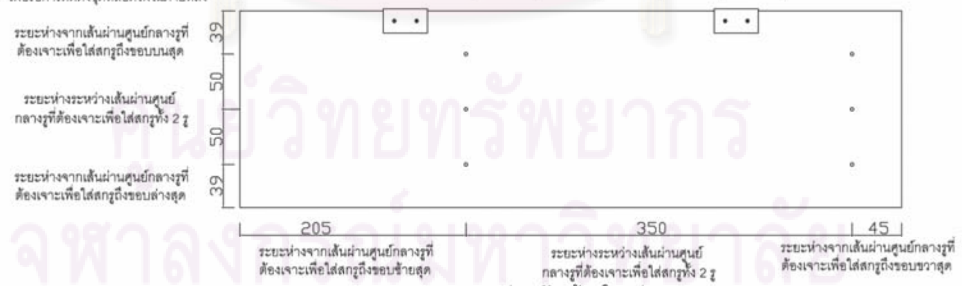
หน้า 12 หน่วยใช้เป็น**มิลลิเมตร**

วัสดุที่ใช้ คือ แผ่นสแตนเลส (หนา 1 mm)
บานพับสแตนเลส
* รูกลมที่ต้องเจาะ (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 mm)
เพื่อรอการติดตั้งชุดหลอดไฟในภายหลัง

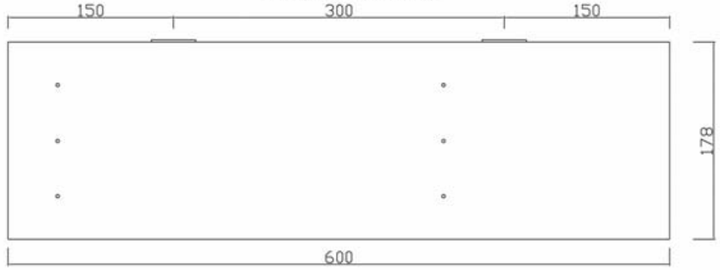
กล่องอิเล็กทรอนิกส์บัลลาสต์และสวิชต์ (หน้าที่2)

แผ่นหลัง (ด้านนอกกล่อง) **[แผ่นหลัง จำนวน 1 แผ่น]**

[ต้องเชื่อมกับแผ่นล่าง,แผ่นหน้า,ตัวยึด1/1,ตัวยึด1/2,ตัวยึด3/1,ตัวยึด3/2]



แผ่นหลัง (ด้านในกล่อง)



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

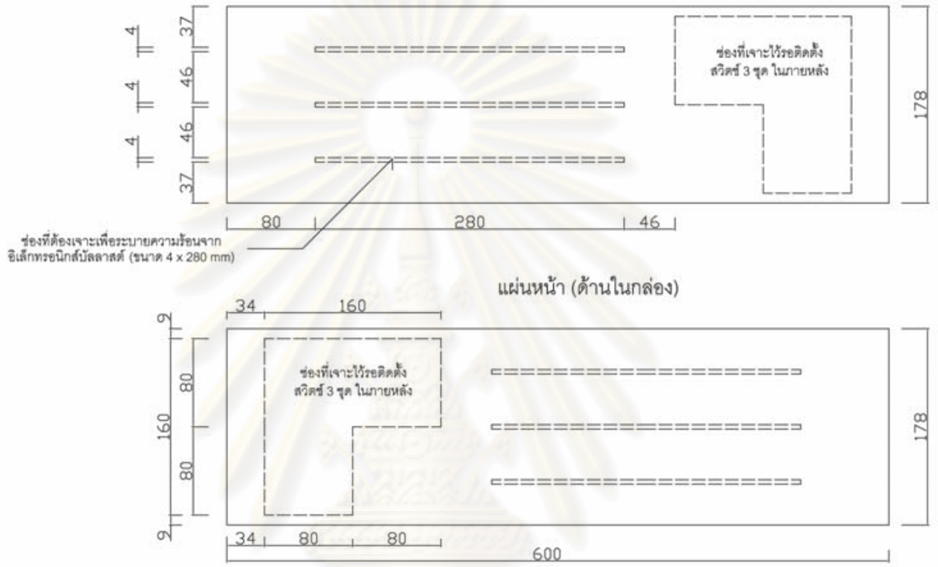
หน้า 13 หน่วยใช้เป็น**มิลลิเมตร**

วัสดุที่ใช้ คือ แผ่นสแตนเลส (หนา 1 mm)

กล่องอิเล็กทรอนิกส์บัลลาสต์และสวิชต์ (หน้าที่3)

แผ่นหน้า (ด้านนอกกล่อง) **[แผ่นหน้า จำนวน 1 แผ่น]**

[ต้องเชื่อมกับแผ่นล่าง,แผ่นหลัง,ตัวยึด1/1,ตัวยึด1/2,ตัวยึด3/1,ตัวยึด3/2]

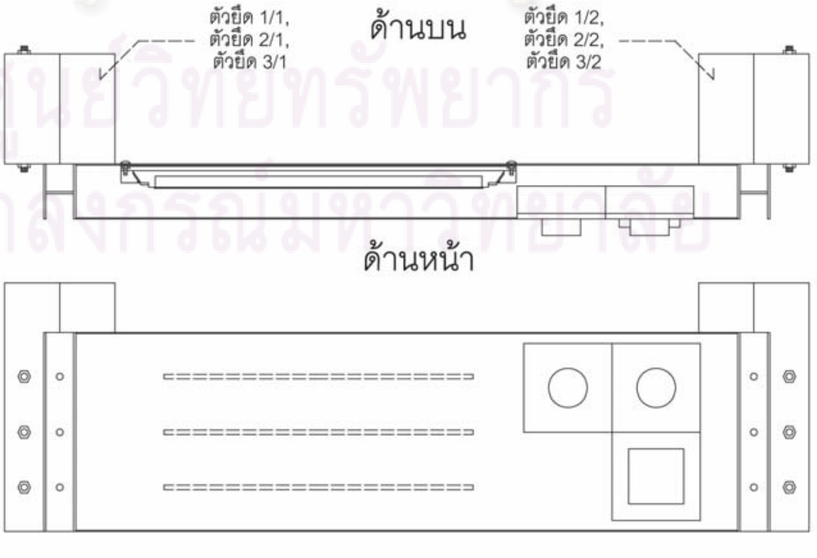


หน้า 14 หน่วยใช้เป็น**มิลลิเมตร**

วัสดุที่ใช้ คือ แผ่นสแตนเลส (หนา 1 mm)

กล่องอิเล็กทรอนิกส์บัลลาสต์และสวิชต์ (หน้าที่4)

รูปภาพแสดงการเชื่อมกล่องอิเล็กทรอนิกส์
บัลลาสต์และสวิตช์ เข้ากับตัวยึด



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หน้า 15 หน่วยใช้เป็น**มิลลิเมตร**

วัสดุที่ใช้ คือ แผ่นสแตนเลส (หนา 1 mm)

* รูกลมที่ต้องเจาะ (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 mm) เพื่อรอการติดตั้งขั้วหลอดไฟและแผ่นอะครีลิก สำหรับตกแต่ง(ในภายหลัง)

กล่องโคมไฟ (หน้าที่ 1)

แผ่นบน **[แผ่นบน จำนวน 1 แผ่น]**

[ต้องเชื่อมกับแผ่นหน้า,แผ่นหลัง,แผ่นขวา,แผ่นซ้าย]

หน้า 16 หน่วยใช้เป็น**มิลลิเมตร**

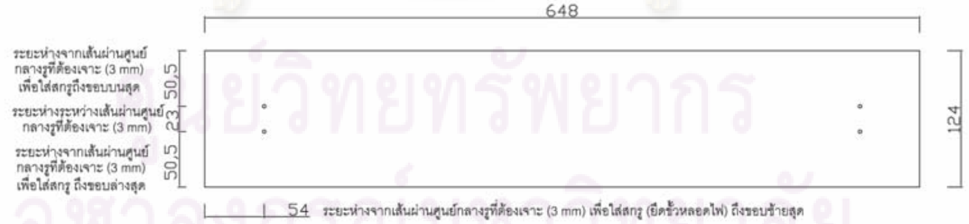
วัสดุที่ใช้ คือ แผ่นสแตนเลส (หนา 1 mm)

* รูกลมที่ต้องเจาะ (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 mm) เพื่อรอการติดตั้งชุดหลอดไฟในภายหลัง
* รูกลมที่ต้องเจาะ (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 mm) เพื่อเสียบตัวเสียบ2/1 และตัวเสียบ2/2

กล่องโคมไฟ (หน้าที่ 2)

แผ่นล่าง **[แผ่นล่าง จำนวน 1 แผ่น]**

[ต้องเชื่อมกับแผ่นหน้า,แผ่นหลัง,แผ่นขวา,แผ่นซ้าย]

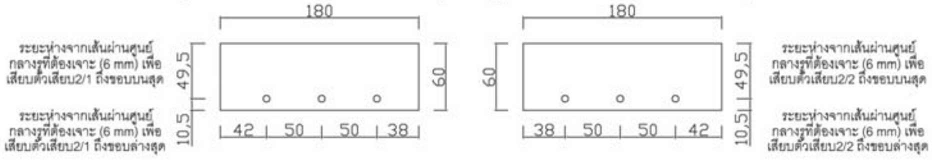


แผ่นซ้าย
[ต้องเชื่อมกับแผ่นบน,แผ่นหน้า,
แผ่นหลัง,แผ่นกลาง,แผ่นล่าง]

[แผ่นซ้าย จำนวน 1 แผ่น]

แผ่นขวา
[ต้องเชื่อมกับแผ่นบน,แผ่นหน้า,
แผ่นหลัง,แผ่นกลาง,แผ่นล่าง]

[แผ่นขวา จำนวน 1 แผ่น]



หน้า 17

วัสดุที่ใช้ คือ แผ่นสแตนเลส (หนา 1 mm)

* รูกลมที่ต้องเจาะ (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 mm) เพื่อรอการติดตั้งขั้วหลอดไฟและแผ่นอะคริลิก สำหรับตกแต่ง(ในภายหลัง)

กล่องโคมไฟ (หน้าที่ 3)

แผ่นหน้า **[แผ่นหน้า จำนวน 1 แผ่น]**

[ต้องเชื่อมกับแผ่นบน,แผ่นล่าง,แผ่นขวา,แผ่นซ้าย]

แผ่นหลัง **[แผ่นหลัง จำนวน 1 แผ่น]**

[ต้องเชื่อมกับแผ่นบน,แผ่นล่าง,แผ่นขวา,แผ่นซ้าย]

หน้า 18

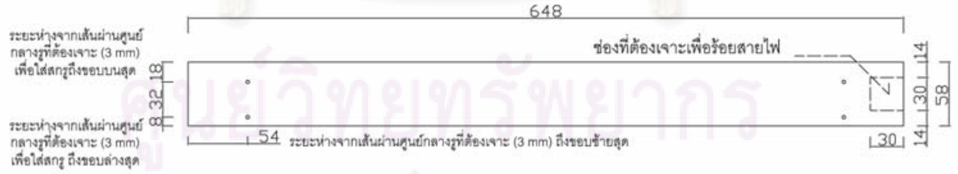
วัสดุที่ใช้ คือ แผ่นสแตนเลส (หนา 1 mm)

* รูกลมที่ต้องเจาะ (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 mm) เพื่อรอการติดตั้งชุดหลอดไฟในภายหลัง และเพื่อติดตั้งแผ่นต่อเสริมในภายหลัง

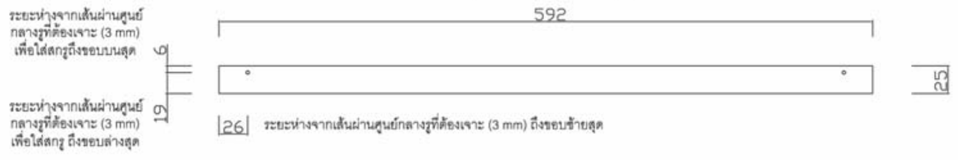
กล่องโคมไฟ (หน้าที่ 4)

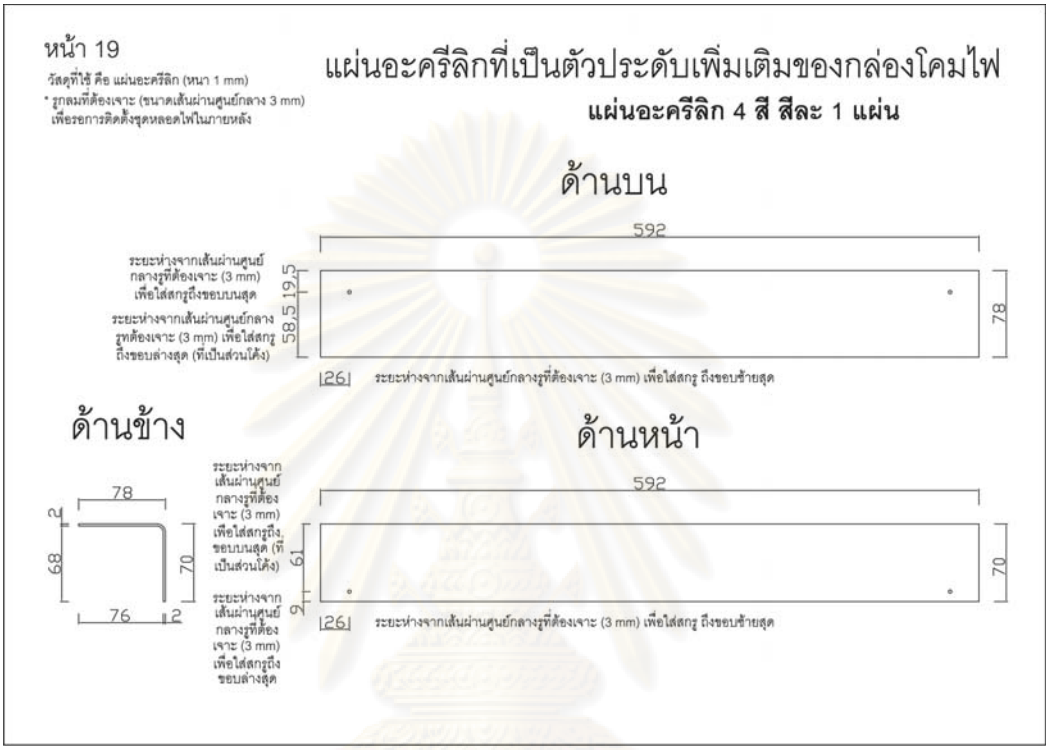
แผ่นกลาง **[แผ่นกลาง จำนวน 1 แผ่น]**

[ต้องเชื่อมกับแผ่นหน้า,แผ่นขวา,แผ่นซ้าย]



แผ่นต่อเสริมจากแผ่นกลาง (ด้านติดกับแผ่นหน้า) **แผ่นเสริม จำนวน 1 แผ่น**

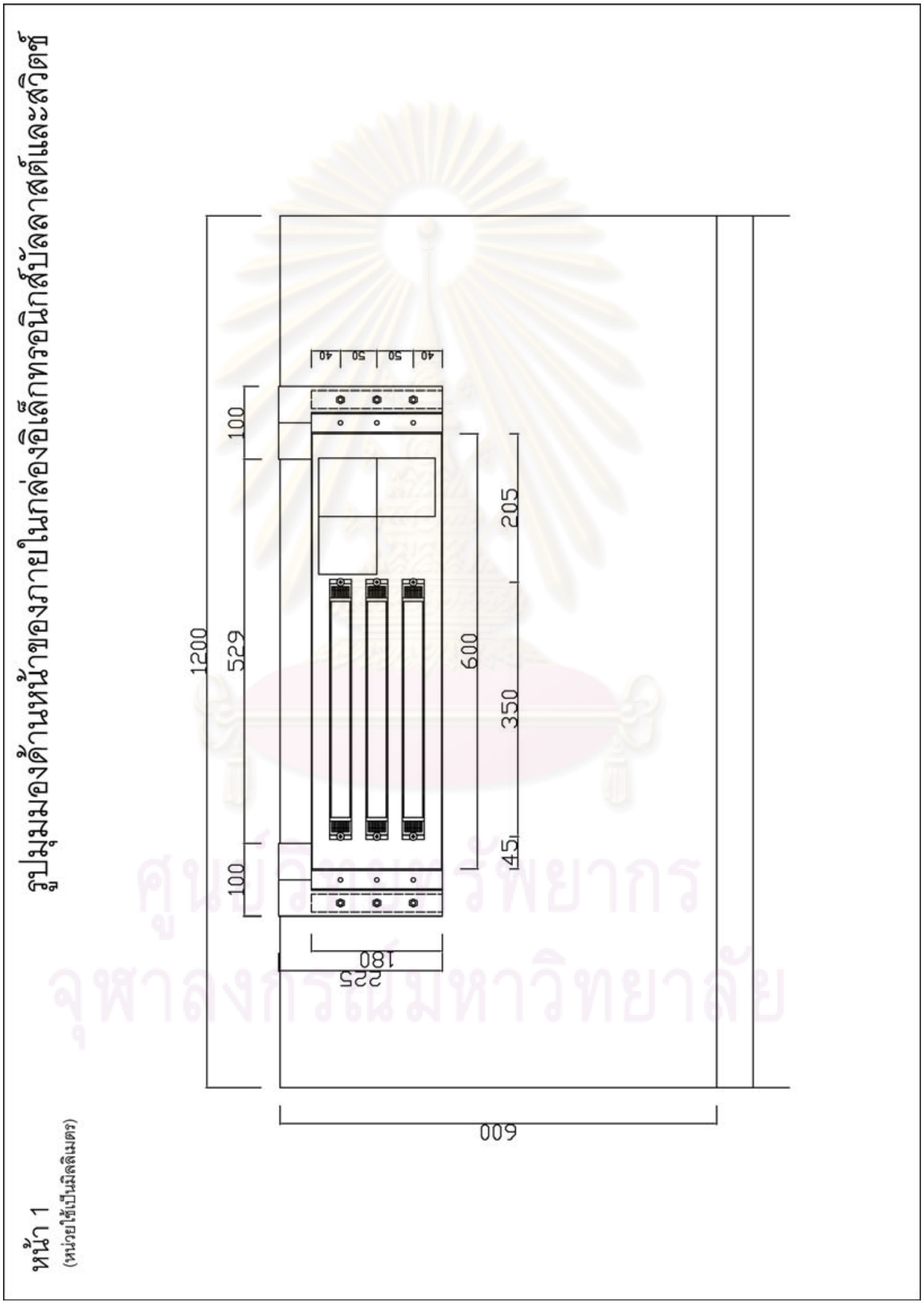




ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค

แบบจริงของโคมไฟประหยัดพลังงานซึ่งใช้เทคนิคการให้แสงเฉพาะที่
เพื่อเสริมการให้แสงในบริเวณทั่วไปสำหรับอาคารสำนักงาน

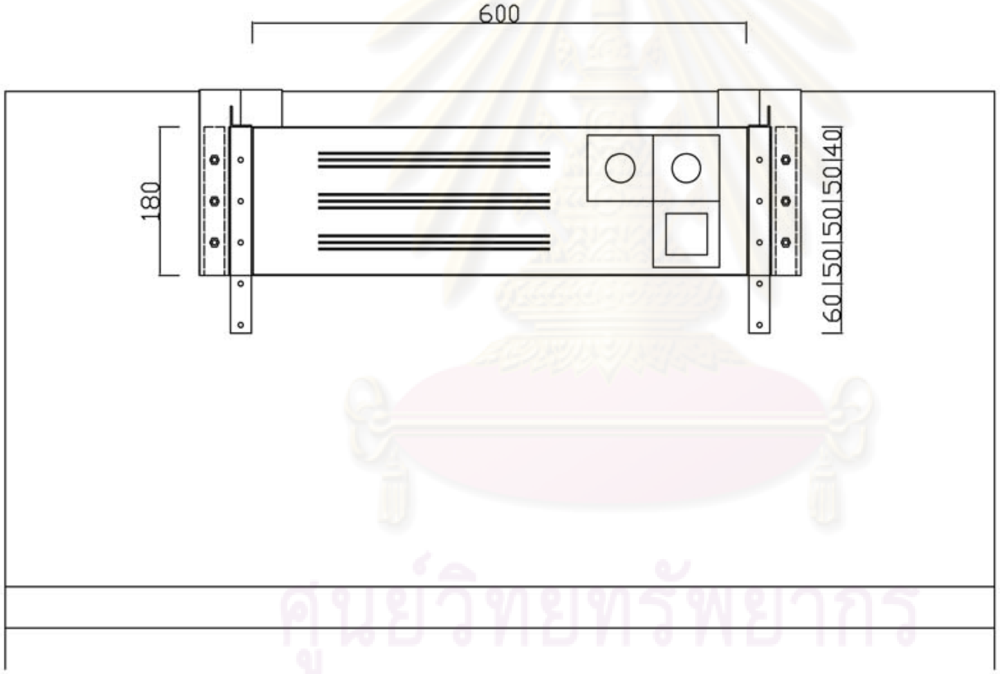


ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หน้า 2

(หน่วยใช้เป็นมิลลิเมตร)

รูปมุมมองด้านหน้าของภายนอกกล่องอิเล็กทรอนิกส์บัลลาสต์และสวิตซ์



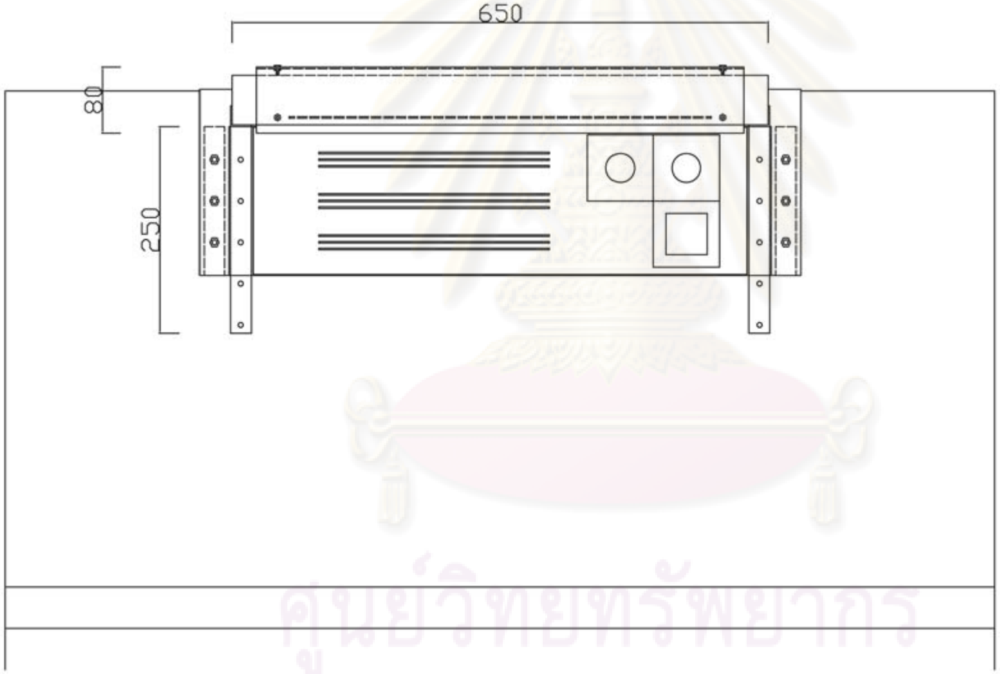
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

195

หน้า 3

(หน่วยใช้เป็นมิลลิเมตร)

รูปมุมมองด้านหน้าของโคมไฟต้นแบบขณะติดตั้งกับผนังกั้นระหว่างโต๊ะทำงาน



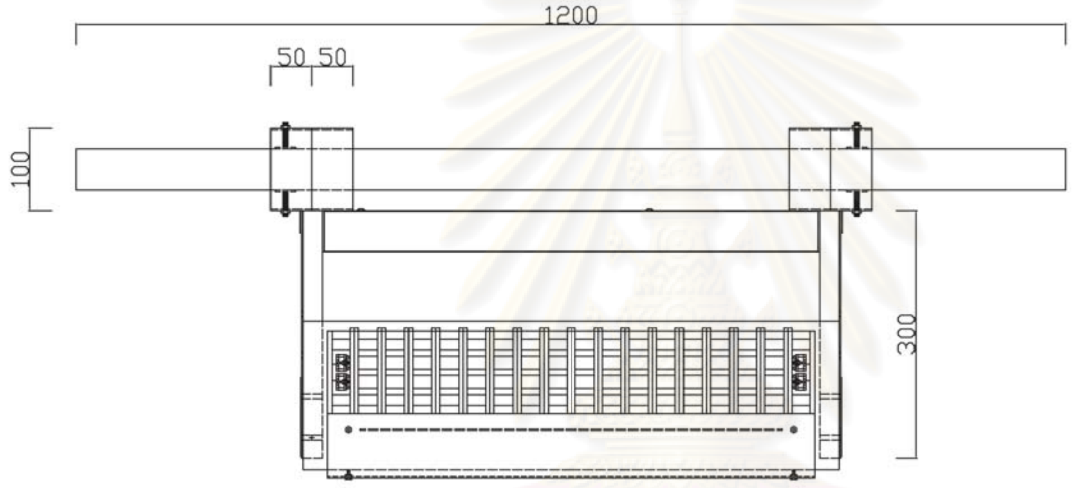
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

196

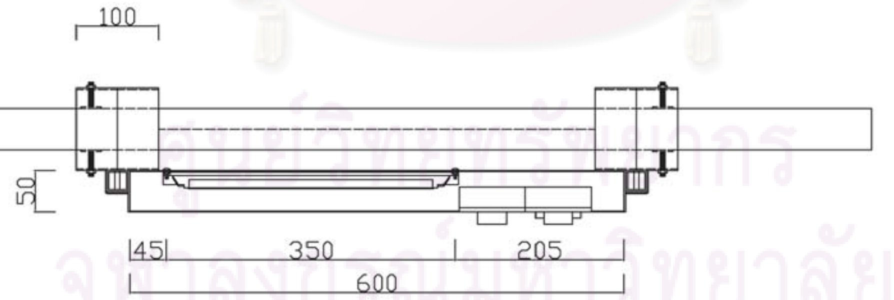
หน้า 4

(หน่วยใช้เป็นมิลลิเมตร)

รูปมุมมองด้านบนของโคมไฟต้นแบบขณะติดตั้งกับผนังกั้นระหว่างโต๊ะทำงาน



รูปมุมมองด้านบนของกล่องอิเล็กทรอนิกส์บัลลาสต์และสวิตซ์

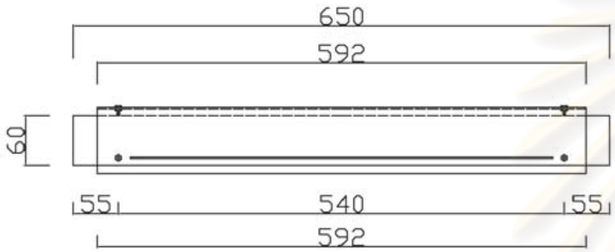


ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

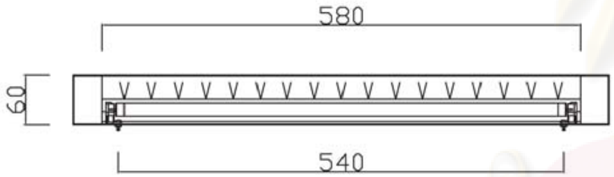
197

หน้า 5
(หน่วยใช้เป็นมิลลิเมตร)

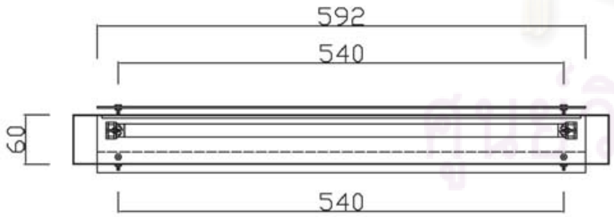
รูปมุมมองด้านหน้าของโคมไฟต้นแบบ



รูปตัดของโคมไฟต้นแบบ
(ส่วนโคมไฟให้แสงส่องขึ้น)



รูปตัดของโคมไฟต้นแบบ
(ส่วนโคมไฟให้แสงส่องลง)

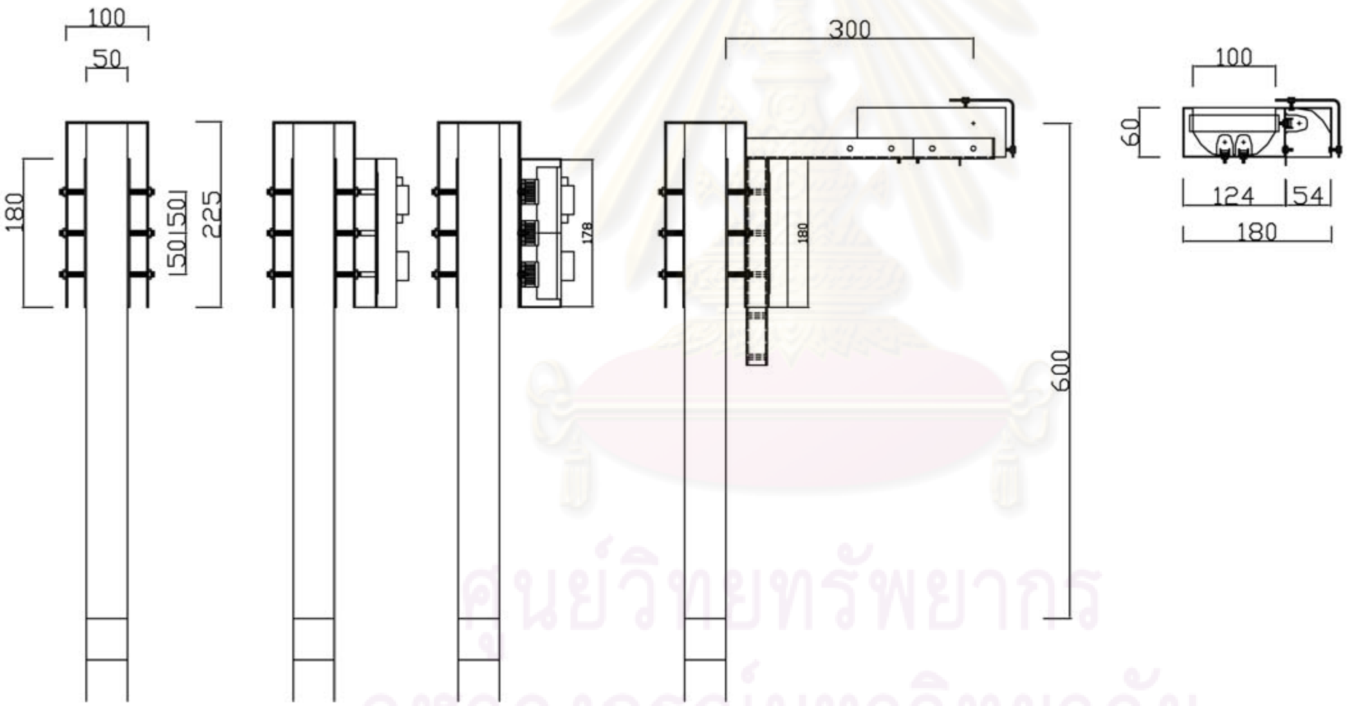


ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

198

หน้า 6
(หน่วยใช้เป็นมิลลิเมตร)

รูปตัดของโคมไฟต้นแบบ, ตัวยึด, กล่องอิเล็กทรอนิกส์บัลลาสต์และสวิตช์

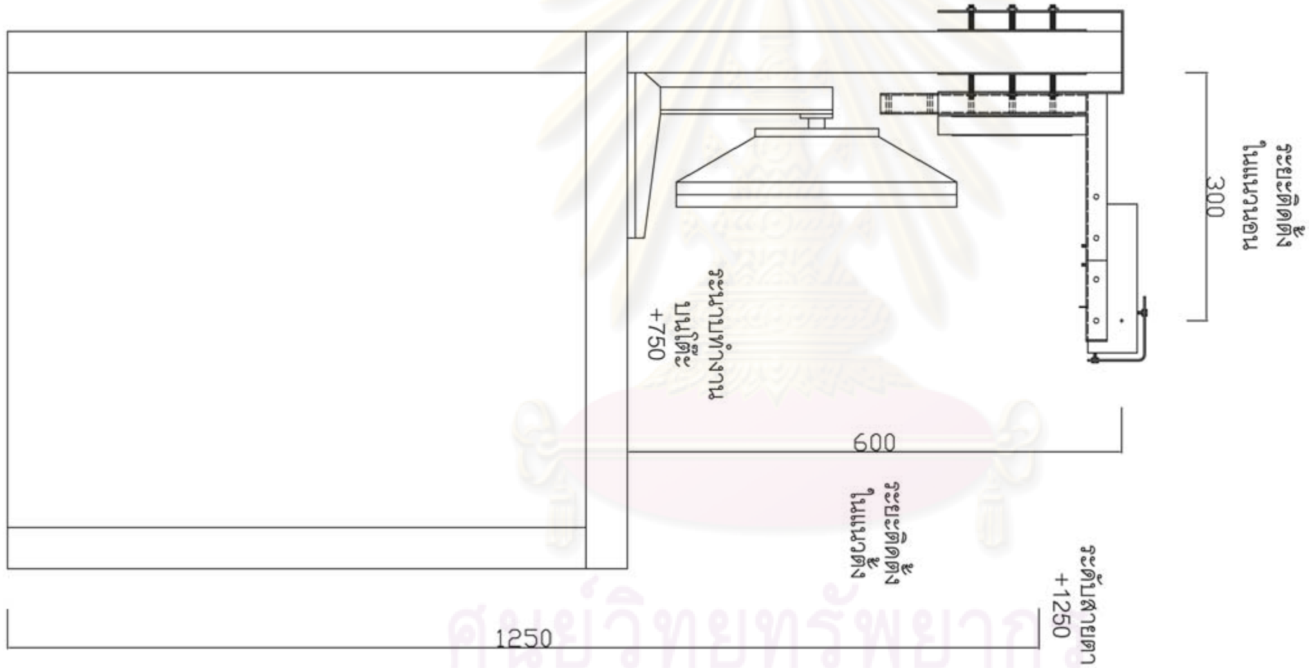


ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หน้า 7

(หน่วยใช้เป็นมิลลิเมตร)

รูปตัดของโคมไฟต้นแบบขณะติดตั้งกับผนังกั้นระหว่างโต๊ะทำงาน



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวภคพร เรืองศรี เกิดวันที่ 1 พฤศจิกายน 2525 ที่จังหวัดขอนแก่น สำเร็จการศึกษาหลักสูตรปริญญาตรีสถาปัตยกรรมศาสตรบัณฑิต มหาวิทยาลัยขอนแก่น ในปีการศึกษา 2549 โดยได้รับทุนอุดหนุนการศึกษาจากมูลนิธิ A&H Fujimoto ประเทศญี่ปุ่น ปีการศึกษา 2544 - 2549 และเข้ารับการศึกษาต่อในหลักสูตรสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสถาปัตยกรรม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2550 โดยได้รับทุนงบประมาณเงินรายได้คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ประจำปีงบประมาณ 2552 และทุนอุดหนุนการศึกษาในระดับบัณฑิตศึกษา ประจำปีงบประมาณ 2552 จากสถาบันวิจัยพลังงาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย