บทที่ 4

ทฤษฎีการออกแบบระบบแสงสว่าง

ในการออกแบบระบบไฟฟ้าแสงสว่างในอาคารนั้น สิ่งที่ต้องคำนึงถึงคือ แสงสว่างที่เพียงพอต่อสายตา สภาพแวดล้อมการกระจายแสงของหลอดไฟ สีที่ปรากฏ แสงจ้าที่เกิดขึ้น การตอบสนองของสี ซึ่งจะมีข้อบังคับอยู่ด้วยกันหลายอย่างเช่น IES, CIE รวมทั้งต้องคำนึงถึงความสวยงาม และโครงสร้างของภายในอาคาร ที่ทำการออกแบบด้วย

4.1 วิธีการให้แสงสว่างในส่วนต่าง ๆของอาคาร

4.1.1 ระบบการให้แสงหลัก หมายถึงแสงสว่างพื้นฐานที่ต้องใช้เพื่อการใช้งานซึ่งแยกออกได้เป็นระบบต่างๆดังนี้

1. แสงสว่างทั่วไป (General Lighting) คือ การให้แสงกระจายทั่วไปเท่ากันทั้งบริเวณพื้นที่ใช้งาน ซึ่งใช้ความส่องสว่างที่ไม่มากเกินไป เช่น สำนักงานเป็นต้น

2. แสงสว่างเฉพาะที่ (Localized Lighting) คือ การให้แสงสว่างเป็นบางบริเวณเฉพาะที่ทำงานเท่านั้น เพื่อการประหยัดพลังงานไฟฟ้า โดยไม่ต้องให้สม่ำเสมอเหมือนแบบแรก

3. แสงสว่างเฉพาะที่และทั่วไป (Localized Lighting and General Lighting) คือ การให้แสงสว่างทั้งแบบทั่วไปทั้งบริเวณและเฉพาะที่ทำงาน ซึ่งมักใช้กับงานที่ต้องการความส่องสว่างสูงซึ่งไม่สามารถให้แสงแบบแสงสว่างทั่วไปได้เพราะเปลืองค่าไฟฟ้ามาก เช่นการให้แสงสว่างจากฝ้าเพดานเพื่อส่องบริเวณทั่วไป และที่โต๊ะทำงานติดโคมตั้งโต๊ะส่องเฉพาะต่างหากเพื่อให้ได้ความสว่างตามความต้องการของงาน

4.1.2 ระบบการให้แสงรอง หมายถึงการให้แสงนอกเหนือจากการให้แสงหลักเพื่อให้เกิดความสวยงามหรือความสบายตา ซึ่งแยกออกได้ดังนี้

1. แสงสว่างแบบส่องเน้น (Accent Lighting) เป็นการให้แสงแบบส่องเน้นที่วัตถุใดวัตถุหนึ่งเพื่อให้เกิดความสนใจ โดยทั่วไปแสงประเภทนี้ได้มาจากแสงสปอต

2. แสงสว่างแบบเอฟเฟค (Effect Lighting) หมายถึงแสงเพื่อสร้างบรรยากาศที่น่าสนใจแต่ไม่ได้ส่องเน้นวัตถุเพื่อเรียกร้องความสนใจ เช่นโคมที่ติดตั้งที่เพดานเพื่อสร้างรูปแบบของแสงที่กำแพงเป็นต้น

3. แสงสว่างตกแต่ง (Decorative Lighting) เป็นแสงที่ได้จากโคมหรือหลอดที่สวยงาม เพื่อสร้างจุดสนใจในการตกแต่งภายในสถาปัตย์

4. แสงสว่างงานสถาปัตย์ (Architectural Lighting) บางทีก็เรียก Structural Lighting ให้แสงสว่างเพื่อให้สัมพันธ์กับงานทางด้านสถาปัตย์ เช่นการให้แสงไฟจากหลืบหรือการให้แสงจากที่ซ่อนหลอด

5. แสงสว่างตามอารมณ์ (Mood Lighting) แสงสว่างประเภทนี้ไม่ใช้เทคนิคพิเศษแต่อย่างใด แต่อาศัยการใช้สวิตซ์หรือตัวหรี่ไฟเพื่อสร้างบรรยากาศของแสงให้ได้ระดับความส่องสว่างตามการใช้งานที่ต้องการ

4.2 การเลือกใช้โคมไฟและหลอดไฟที่จะใช้ติดตั้ง

ต้องคำนึงถึงคุณสมบัติต่างๆดังนี้

1. การกระจายแสงของโคมไฟและคุณภาพของหลอดไฟ
2. การติดตั้งโคมไฟ
3. การลงทุนเริ่มแรกและอายุการใช้งาน
4. การทำความสะอาดและการสับเปลี่ยนใหม่
5. สีของหลอดซึ่งจะมีผลต่อความร้อน ระดับการรบกวนสายตา อุณหภูมิ

4.3 การคำนวณการออกแบบแสงสว่างภายในโดยวิธีของลูเมน

1. หาอัตราขนาดประจำส่วนต่างๆของห้อง
2. หาการสะท้อนประจำส่วน
3. หาสัมประสิทธิ์การใช้งาน
4. หาค่าตัวประกอบการเสื่อมของโคมเนื่องจากความสกปรก
5. หาค่าตัวประกอบการเสื่อมของหลอดหรือปริมาณแสง
6. คำนวณจำนวนโคมไฟ

4.3.1 วิธีการหาอัตราประจำส่วน (Cavity Ratio)

การหาอัตราประจำส่วนต่างๆของห้องแบ่งเป็น 3 ส่วนได้แก่ ส่วนเพดานห้อง ส่วนกลางห้อง และส่วนพื้นห้อง โดยกำหนดสัญลักษณ์ต่างๆดังนี้

h_{cc} = Ceiling Cavity Dept W = ความกว้างของห้อง

h_{rc} = Room Cavity Dept L = ความยาวของห้อง

h_{fc} = Floor Cavity Dept H = ความสูงของห้อง

1. ส่วนเพดานห้อง (Ceiling Cavity) เป็นส่วนที่อยู่เหนือระดับของการแขวนโคมไฟไปจนถึงเพดาน ซึ่งอัตราส่วนขนาดของเพดานห้อง (Ceiling Cavity Ratio = CCR)

$$CCR = 5\, h_{cc} (L+W) / (L \times W)$$

2. ส่วนกลางห้อง (Room Cavity) เป็นส่วนว่างเปล่าของห้องอยู่ระหว่างระดับการใช้งานกับระดับการแขวนโคมไฟ ซึ่งอัตราขนาดของกลางห้อง (Room Cavity Ratio = RCR)

$$RCR = 5\, h_{rc} (L+W) / (L \times W)$$

3. ส่วนพื้นห้อง (Floor Cavity) เป็นส่วนที่อยู่ต่ำจากระดับการใช้งานลงมาจนถึงพื้นห้อง ซึ่งอัตราขนาดของพื้นห้อง (Floor Cavity Ratio = FCR)

$$FCR = 5\, h_{fc} (L+W) / (L \times W)$$

ในกรณีที่ห้องที่กำลังออกแบบไม่ได้เป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้า การคำนวณหาอัตราประจำส่วนต่างๆได้จาก

อัตราขนาดประจำส่วน = 2.5 x พื้นที่ผนังทุกด้านของส่วนนั้นๆ / พื้นที่ใช้งานด้านพื้นห้อง

4.3.2 การหาค่าสะท้อนประจำส่วนต่างๆ

ก่อนอื่นต้องทราบค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของผิวด้านต่างๆ ทุกด้านของห้อง ซึ่งอาจวัดได้จากส่วนนั้นเลยก็ได้ หรือได้จากการประมาณค่าสีต่างๆจากตารางของผู้ผลิตสีย่ี่ห้อนั้น ในกรณีที่ผนังด้านใดด้านหนึ่งมีการทาสีหลายๆสีในส่วนนั้นๆ การหาค่าสะท้อนแสงให้ใช้การ Weighted Average Reflectance จาก

$$\text{Weighted Average Reflectance} = \frac{A_1 \int_1 + A_2 \int_2 + A_3 \int_3 + \ldots + A_n \int_n}{A_1 + A_2 + A_3 + \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots + A_n}$$

ตาราง 4-1 ค่าเฉลี่ยสัมประสิทธิ์การสะท้อนประจำส่วนต่างๆ
[ที่มา:วัชรี ยงยิ่งประเสริฐ,ศิริพร จตุพฤกษ์, 2539]

ส่วนต่างๆของห้อง	สำนักงาน , โรงเรียน , โรงงานอุตสาหกรรม	บ้านที่อยู่อาศัย
เพดาน	80-90	60-90
ผนัง	40-60	35-60
พื้น	20-50	15-35
เฟอร์นิเจอร์	20-45	-
เครื่องจักรหรือโต๊ะทำงาน	25-50	-

จากค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนประจำส่วนต่างๆ สามารถนำไปหาค่าสะท้อนประจำส่วน (Effective Cavity Reflectance) จากตาราง 2 ในภาคผนวก ค

4.3.3 **การหาค่าสัมประสิทธิ์การใช้งาน** (Coefficient of Utilization = CU)

ค่าสัมประสิทธิ์การใช้งานขึ้นอยู่กับตัวประกอบดังนี้

1. ประสิทธิภาพและการกระจายแสงของโคมไฟ
2. ระยะการแขวนของโคมไฟ
3. ค่าสะท้อนประจำส่วนต่างๆ
4. ขนาดของห้อง

สำหรับค่าสัมประสิทธิ์การใช้งาน ทางสมาคม IES (Illumination Engineering Society) ได้ทำการทดสอบโคมไฟแบบต่างๆ ซึ่งเป็นข้อมูลที่ได้จากการทดสอบของโรงงานตามเงื่อนไข โดยการแปรเปลี่ยนตัวประกอบต่างๆ ค่าสัมประสิทธิ์การใช้งานนี้สามารถได้ดังตาราง 3ในภาคผนวก ค

4.3.4 **การหาค่าตัวประกอบการเสื่อมของโคมไฟเนื่องจากความสกปรก**

(Luminaire Dirt Depreciation factor = LDD)

ตัวประกอบการเสื่อมของโคมไฟนี้ จะขึ้นกับสภาวะแวดล้อมที่ติดตั้งโคมไฟ ระยะเวลาที่ทำความสะอาด ประเภทของโคมไฟ ซึ่งค่าตัวประกอบการเสื่อมของโคม (LDD) หาได้จากกราฟ Luminaire Dirt Depreciation factors (LDD) ในตาราง 6 ภาคผนวก ค

4.3.5 **การหาค่าตัวประกอบการเสื่อมของหลอดหรือปริมาณแสง**

(Lamp Lumen Depreciation Factor = LLD)

หลอดไฟที่ใช้อยู่ทุกวันนี้ เมื่อใช้งานไปนานๆ ปริมาณแสงก็จะลดลงไปตามอายุการใช้งาน ดังนั้นเมื่อต้องการออกแบบให้ได้ระดับความส่องสว่างรักษา (Lumen Maintenance) ให้คงอยู่นาน จึงจำเป็นต้องเลือกใช้หลอดไฟให้เหมาะสมและมีช่วงระยะเวลาในการเปลี่ยนหลอด ค่าตัวประกอบการเสื่อมของหลอดหรือปริมาณแสง นี้จะบอกว่าหลอดไฟชนิดไหน เมื่อใช้งานไปปริมาณแสงจะลดลงในอัตรามากน้อยเท่าใดต่อขั้วโมงการใช้งาน ซึ่งค่านี้ดูได้จากคู่มือการใช้งานของบริษัทผู้ผลิตหลอดไฟ หรือเทียบดูจากตาราง 5 ในภาคผนวก ค

4.3.6 **การคำนวณหาจำนวนโคมไฟที่ใช้** (Required Number of Luminaires)

$$\text{จำนวนโคมไฟ} = \frac{\text{ความส่องสว่าง (ลักซ์) x ความกว้างห้อง (เมตร) x ความยาวห้อง (เมตร)}}{\text{ลูเมนเริ่มแรกของหลอด x จำนวนหลอดต่อโคมไฟ x CU x LDD x LLD}}$$