หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# บทที่ 2
# การคำนวณออกแบบระบบไฟส่องสว่างพื้นที่

ในบทนี้จะกล่าวถึงข้อมูลต่าง ๆ ที่จำเป็นในการออกแบบระบบไฟส่องสว่างพื้นที่

## ค่าทางแสงสว่างของระบบไฟส่องสว่างพื้นที่

ในการคำนวณออกแบบระบบไฟส่องสว่างพื้นที่นั้น จะต้องคำนึงถึงปริมาณแสง และคุณภาพของแสงบนพื้นที่คำนวณออกแบบ โดยค่าความสว่างเฉลี่ยเป็นตัวบ่งบอกปริมาณแสง ส่วนคุณภาพแสงนั้นค่าความสม่ำเสมอของความสว่างจะเป็นตัวกำหนด

1. ความสว่างเฉลี่ย หมายถึง ค่าเฉลี่ยของความสว่างบนพื้นที่ที่คำนวณออกแบบ ค่าความสว่างเฉลี่ยที่สูงจะให้การมองเห็นที่ดีในระบบไฟส่องสว่างพื้นที่ส่วนใหญ่จะสนใจค่าความสว่างเฉลี่ยในแนวราบมากกว่าแนวดิ่ง ดังนั้นการกล่าวถึงค่าความสว่าง หรือค่าความสว่างเฉลี่ย โดยทั่วไปจะหมายถึงค่าความสว่างในแนวราบ ในการกำหนดค่าความสว่างเฉลี่ยบนพื้นที่หนึ่ง ๆ นั้นจะคำนึงถึงลักษณะการทำงานบนพื้นที่นั้น ๆ เช่น ค่าความสว่างเฉลี่ยที่ต้องการบริเวณลานบินจะสูงกว่าสวนสาธารณะมาก ค่าความสว่างเฉลี่ยที่ต้องการในพื้นที่ต่างๆได้กำหนดไว้เป็นมาตรฐานตามลักษณะการทำงานแสดงได้ดังตารางที่ 2.1 ซึ่งเป็นการกำหนดค่าความสว่างเฉลี่ยตามมาตรฐาน CIE (International Commission on Illumination)

2. ความสม่ำเสมอของความสว่าง จะเป็นค่าที่แสดงถึงคุณภาพของแสงบนพื้นที่ ค่าความสม่ำเสมอของความสว่างที่สูงจะให้การมองเห็นที่ดีไม่มี

จุดมืด หรือจุดสว่างจ้าบนพื้นที่ ค่าความสม่ำเสมอของความสว่างจะแบ่งเป็นออก 2 ประเภท คือ ค่าความสม่ำเสมอของความสว่างตามแนวยาว และค่าความสม่ำเสมอของความสว่างทั้งหมด โดยค่าความสม่ำเสมอของความสว่างตามแนวยาวจะเท่ากับ อัตราส่วนของความสว่างต่ำสุด ต่อความสว่างสูงสุดบนพื้นที่ และค่าความสม่ำเสมอของความสว่างทั้งหมดจะเท่ากับ อัตราส่วนความสว่างต่ำสุดต่อความสว่างเฉลี่ยบนพื้นที่ สำหรับระบบไฟส่องสว่างพื้นที่แล้วจะคำนึงถึง แต่ค่าความสม่ำเสมอของความสว่างทั้งหมด โดยมีมาตรฐานกำหนดค่าความสม่ำเสมอของความสว่างชนิดนี้ไว้ดังแสดงในตารางที่ 2.1 ซึ่งจะเป็นมาตรฐานของ CIE

| Visual task | | Maintained average horizontal illuminance $E_{av}$ lux** | Uniformity $\frac{E_{min}}{E_{av}}$ ratio |
|---|---|---|---|
| Category | Typical example | | |
| Safety and security | | | |
| - low-risk areas | Industrial storage areas; occcasional traffic only. | 5 | 0.15 |
| - medium risk areas | Vehicle storage areas, container terminals with frequent traffic. | 20 | 0.25 |
| - high-risk areas | Critical areas within oil refineries, chemical plants, electricity and gasworks. | 50 | 0.40 |
| Movement and traffic | | | |
| - pedestrian | Movement of people only. | 5 | 0.15 |
| - slow-moving vehicles | Movement of fork-lift trucks and/or bicycles (< 10 km/h). | 10 | 0.25 |
| - normal traffic | Roadlighting in container terminals (< 40 km/h). | 20 | 0.40 |
| Work*** | | | |
| - very rough | Excavation, site clearance. | 20 | 0.25 |
| - rough | Handling timber. | 50 | 0.25 |
| - normal | Brick laying, carpentry. | 100 | 0.40 |
| - fine | Painting, electrical work. | 200 | 0.50 |

ตารางที่ 2.1 แสดงค่าความสว่างเฉลี่ย และค่าความสม่ำเสมอของความสว่าง ของพื้นที่ต่าง ๆ ตามมาตรฐาน CIE

**โคมฉาย**

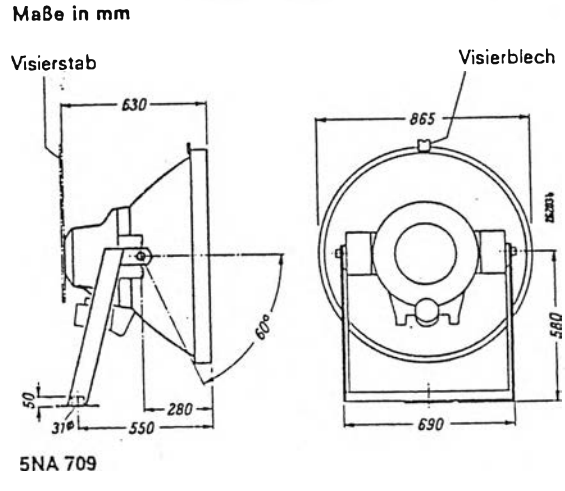
โคมฉายเป็นโคมไฟฟ้าแบบหนึ่ง ที่ต่างจากโคมไฟฟ้าแบบอื่นที่ลักษณะการกระจายแสง คือจะให้แสงไปในทิศทางที่จำกัดไม่กระจายทั่วไป ดังนั้นใน

การติดตั้งจำเป็นต้องเล็งโคมฉายไปยังพื้นที่ที่ต้องการส่องสว่าง สำหรับขนาดของโคมฉายนั้นจะมีตั้งแต่ขนาดเล็กสำหรับใช้กับหลอดแบบไส้ทังสเตน และโคมฉายขนาดใหญ่ซึ่งใช้กับหลอดไฟแบบ High Pressure Discharge Lamps

1. หน้าที่ของโคมฉาย

ก. ทางแสง โคมฉายจะเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ควบคุมทิศทางของฟลักซ์การส่องสว่างของหลอดไฟ และให้ได้ลักษณะการกระจายความเข้มแห่งการส่องสว่างตามที่กำหนด

ข. ทางกล โคมฉายทำหน้าที่ป้องกันหลอดไฟ และอุปกรณ์ทางไฟฟ้าอื่น ๆ เช่น บาลลาสต์ สตาร์ทเตอร์ หรือ อิกนิเตอร์ จาก ฝน ฝุ่น หรือแรงกระแทกอื่น ๆ และอาจป้องกันไฟไหม้ และกันระเบิดได้ในชนิดพิเศษ



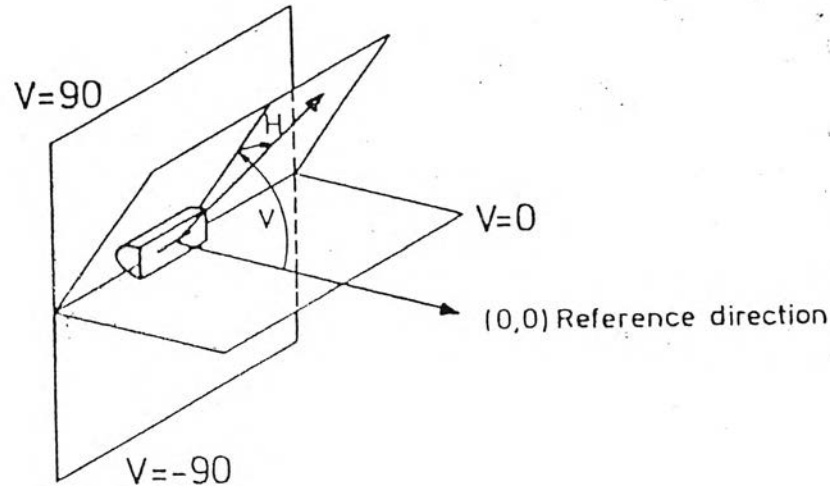

รูปที่ 2.1 แสดงลักษณะของโคมฉายแบบหนึ่ง

2. ข้อมูลทางด้านแสงของโคมฉาย

ก. การกระจายความเข้มแห่งการส่องสว่าง การวัดค่าความเข้มแห่งการส่องสว่างที่ออกจากโคมฉายในมุมต่าง ๆ นั้น สามารถวัดได้โดยใช้โฟโตมิเตอร์ โดยปกติผู้ผลิตโคมฉายจะทำการวัดค่าความเข้มแห่งการ

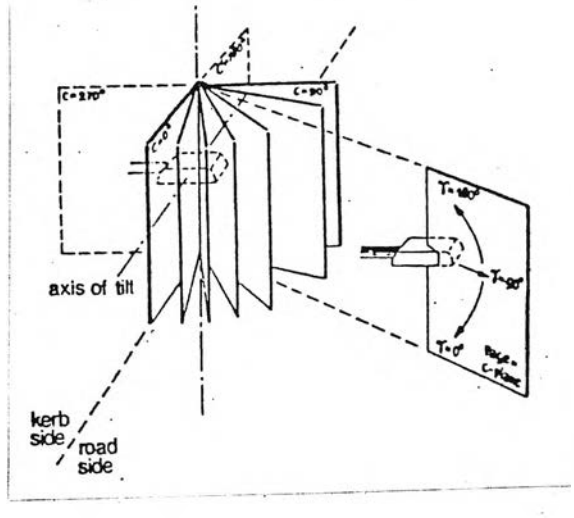
ส่องสว่าง แล้วจัดทำเป็นข้อมูลการกระจายความเข้มแห่งการส่องสว่างของโคมแต่ละแบบ ซึ่งข้อมูลที่แสดงจะเป็น แคนเดลา ต่อ 1000 ลูเมน ของหลอดไฟที่ใช้กับโคมฉาย ซึ่งระนาบมุมที่ทำการวัดนั้นส่วนใหญ่จะใช้ระบบ H-V แต่มีผู้ผลิตบางรายที่วัดในระบบ C-ช

1. ระบบ H-V การกระจายความเข้มแห่งการส่องสว่างของโคมฉายส่วนใหญ่จะแสดงอยู่ในระบบ H-V โดยมีลักษณะเป็นการแบ่งระนาบตามแนวนอนของโคมฉายออกเป็นระนาบย่อยๆ จาก $V_{-๑๐}$ ถึง $V_{๑๐}$ โดยกำหนดระนาบที่ขนานกับแกนของโคมฉายเป็น $V_{๐}$ และแต่ละระนาบ V จะเป็นลักษณะการกระจายแสงในมุม H จาก -90 ถึง 90 องศา




รูปที่ 2.2 แสดงลักษณะระบบ H-V

2. ระบบ C-ช การแสดงการกระจายความเข้มแห่งการส่องสว่างของไฟถนนจะใช้ระบบนี้ แต่มีผู้ผลิตบางรายที่ใช้ระบบนี้แสดงข้อมูลของโคมฉาย ระบบ C-ช เป็นการแบ่งระนาบย่อย ๆ ของแนวดิ่งตามมุมต่าง ๆ จาก $C_{๐}$ ถึง $C_{๑๘๐}$ โดยกำหนดระนาบที่ขนานกับแนวด้านขวาของแกนโคมฉายเป็น $C_{๐}$ และแต่ละระนาบ C จะเป็นลักษณะการกระจายแสงในมุม ช จาก 0 องศา ถึง 180 องศา




รูปที่ 2.3 แสดงลักษณะระบบ C-ช

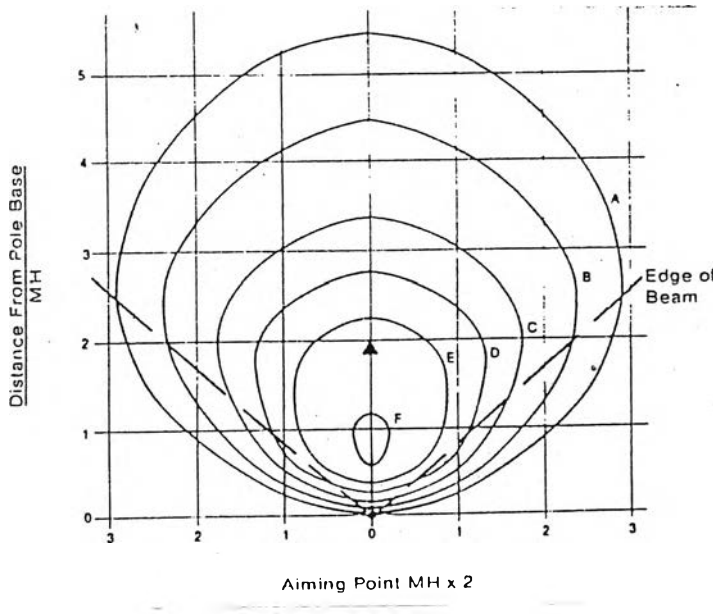
ข. ความกว้างลำแสง เป็นค่าของมุมที่ให้ค่าความเข้มแห่งการส่องสว่างเป็น 10% ของค่าความเข้มแห่งการส่องสว่างสูงสุดตามมาตรฐาน NEMA (National Electrical Manufacturers Association) และเป็น 50% ตามมาตรฐาน CIE

ค. ประสิทธิภาพของลำแสง เป็นอัตราส่วนของปริมาณฟลักซ์การส่องสว่างที่ออกจากโคมฉายภายในความกว้างของลำแสง ต่อปริมาณฟลักซ์การส่องสว่างของหลอดไฟ

3. ไอโซลักซ์ ไดอะแกรม

การใช้ข้อมูลทางด้านแสงของโคมฉาย ช่วยในการออกแบบเพียงอย่างเดียวอาจทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการคำนวณได้ ทั้งนี้เพราะข้อมูลทางด้านแสง ถูกจัดทำขึ้นโดยการเล็งโคมฉายเข้าไปยังฉากซึ่งตั้งฉากกับแนวของลำแสง แต่ในทางปฏิบัติแล้วโคมฉายจะติดตั้งบนเสาสูงแล้วเล็งเอียงลงมายังพื้นที่ออกแบบ ฉะนั้นผู้ผลิตโคมฉายจึงจัดทำ ไอโซลักซ์ ไดอะแกรม ขึ้นเพื่อช่วยในการออกแบบระบบไฟส่องสว่างพื้นที่ให้ละเอียดถูกต้องยิ่งขึ้น ไอโซลักซ์

ไดอะแกรม จะแสดงค่าความสว่างบนพื้นที่ เมื่อจุดเล็งโคมห่างจากฐานเสาเป็นระยะเท่าของความสูงของเสาที่กำหนด การแสดงค่าความสว่างจะอาศัยเส้นกราฟ A, B, C, ... โดยจุดบนพื้นที่ที่เส้นกราฟผ่านจะมีความสว่างเท่ากันบนเส้นกราฟแต่ละเส้น ในไอโซลักซ์ไดอะแกรมที่จัดทำขึ้นผู้ผลิตจะบอกให้ทราบถึงความสูงเสาที่ใช้ ชนิดของหลอดไฟที่ใช้ และค่าความสว่างบนเส้นกราฟต่าง ๆ



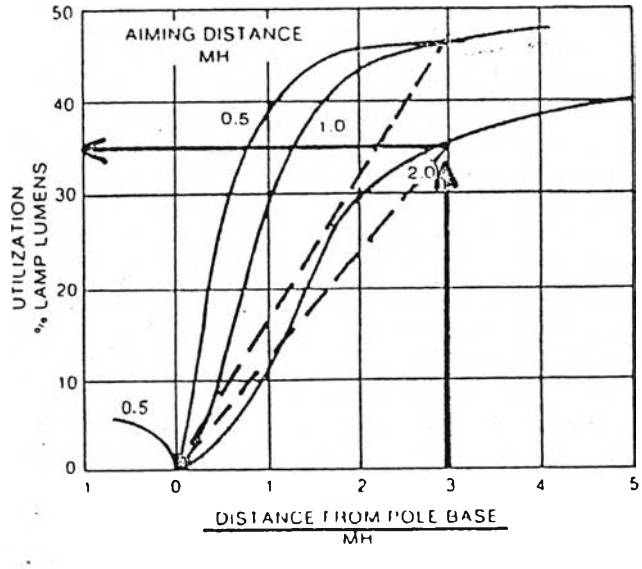

| LU 100W MOUNTING HEIGHT | | | |
|---|---|---|---|
| | 40 | 50 | 60 |
| A | 0 16 | 0 1 | 0.08 |
| B | 0 31 | 0 2 | 0.17 |
| C | 0 78 | 0 5 | 0.35 |
| D | 1 6 | 1 0 | 0 69 |
| E | 3 1 | 2 0 | 1 4 |
| F | 7 8 | 5 0 | 3.5 |
| G | 15 6 | 10 0 | 6 9 |
| H | 23 4 | 15 0 | 10 4 |

รูปที่ 2.4 แสดงลักษณะไอโซลักซ์ ไดอะแกรมของโคมฉาย

4. Utilization Data

Utilization Data เป็นข้อมูลอีกอย่างที่ผู้ผลิตโคมฉายจัดทำขึ้นควบคู่กับ ไอโซลักซ์ ไดอะแกรม Utilization Data จะเป็นสิ่งที่

บอกให้ทราบว่าปริมาณฟลักซ์การส่องสว่างของหลอดไฟที่ออกจากโคมฉาย จะตกลงบนพื้นที่ที่ต้องการแสงสว่างจริงกี่เปอร์เซนต์ โดยเส้นกราฟแต่ละเส้นใน Utilization Data จะเป็นลักษณะการเล็งโคมว่าห่างจากฐานเสาเป็นระยะกี่เท่าของความสูงของเสา ส่วนแนวนอนของ Utilization Data จะเป็นระยะห่างจากฐานเสาไปยังส่วนที่ต้องการให้แสงสว่างเป็นจำนวนเท่าของความสูงเสา




รูปที่ 2.5 แสดงลักษณะ Utilization Data ของโคม

5. การแบ่งประเภทโคมฉาย

มาตรฐานในการแบ่งประเภทโคมฉาย ตามลักษณะความกว้างลำแสงนั้นมี 2 มาตรฐาน คือ มาตรฐาน CIE และ NEMA

ก. มาตรฐาน CIE จากที่กล่าวมาแล้วถึงค่าความกว้างลำแสงของโคมฉายตามมาตรฐาน CIE ว่าจะคิดเป็นค่ามุมที่ให้ค่าความเข้มแห่งการส่องสว่างเป็น 50% ของค่าความเข้มแห่งการส่องสว่างสูงสุดนั้น CIE จะแบ่งโคมฉายตามความกว้างลำแสงเป็น 3 ประเภทคือ

1. ลำแสงแคบ มุมน้อยกว่า หรือเท่ากับ 20 องศา
2. ลำแสงปานกลาง มุมระหว่าง 20-40 องศา
3. ลำแสงกว้าง มุมมากกว่า หรือเท่ากับ 40 องศา

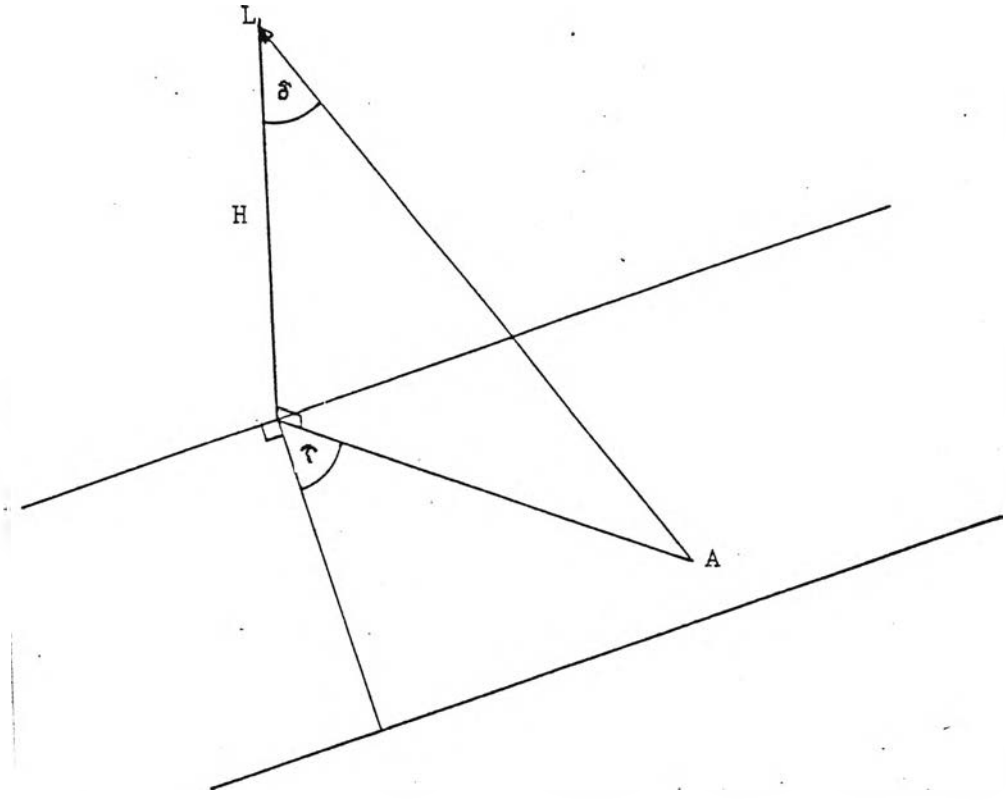
ข. มาตรฐาน NEMA จะกำหนดลักษณะความกว้างลำแสงของโคมฉายด้วยตัวเลข 1 ถึง 7 โดย NEMA 7 จะเป็นโคมฉายที่มีความกว้างลำแสงกว้างที่สุด ซึ่งค่ามุมในมาตรฐานของ NEMA จะเป็นค่ามุมที่ให้ความเข้มแห่งการส่องสว่างเป็น 10 % ของค่าสูงสุด

| OUTDOOR FLOODLIGHT LUMINAIRE DESIGNATIONS | |
|---|---|
| Beam Spread Degrees | NEMA TYPE |
| 10 up to 18 | 1 |
| 18 up to 29 | 2 |
| 29 up to 46 | 3 |
| 46 up to 70 | 4 |
| 70 up to 100 | 5 |
| 100 up to 130 | 6 |
| 130 up | 7 |

ตารางที่ 2.2 แสดงการแบ่งประเภท โคมฉาย ตามความกว้างลำแสงของมาตรฐาน NEMA

**ลักษณะการติดตั้งโคมฉาย**

ในการติดตั้งโคมฉายบนเสาไฟส่องสว่างพื้นที่ เพื่อให้ได้จุดเล็งตามที่กำหนดนั้นเป็นสิ่งที่ค่อนข้างยุ่งยาก ในต่างประเทศการติดตั้งโคมฉายจะใช้กล้องติดตั้งที่ตัวโคมฉาย แล้วเล็งโคมฉายไปยังจุดที่ต้องการโดยอาศัยกล้องที่ติดตั้งนั้น ซึ่งการติดตั้งจะกระทำบนเสาโดยตรง สำหรับการติดตั้งภายในประเทศปัจจุบันจะทำการปรับโคมฉายก่อนนำไปติดตั้งบนยอดเสา โดยอาศัยมุมเล็ง ($\delta$) และมุมหัน ($\tau$) เป็นตัวกำหนดเพื่อให้ได้จุดเล็งที่ต้องการ รูป 2.6 จะแสดงลักษณะมุมเล็ง และมุมหัน เมื่อ A คือ จุดเล็งของโคมฉาย L




รูปที่ 2.6 แสดงลักษณะ มุมเล็ง (ธ) และมุมหัน (ร)