หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

วิธีคำนวณค่าความสว่างและความส่องสว่าง

ค่าของความสว่างที่เกิดขึ้นที่จุดหรือบนพื้นที่หนึ่ง จะเป็นผลเนื่องจากส่วนประกอบของฟลักซ์ส่องสว่างสองส่วน คือ ค่าของความสว่างเนื่องจากฟลักซ์ส่องสว่างที่ตกลงไปบนจุดหรือพื้นที่นั้นโดยตรง (Direct Flux) สามารถคำนวณหาค่าโดยวิธี Point-by-Point และค่าของความสว่างอีกส่วนที่เกิดมาจากผลของฟลักซ์ส่องสว่างที่สะท้อนไปมาภายในห้องก่อนที่จะตกลงไปบนจุดหรือพื้นที่นั้น (Reflected Flux) จะสามารถคำนวณหาได้จากการคำนวณแบบประยุกต์ของ CIE โดยอาศัยข้อมูลจากเอกสาร Publ. No. 52 : Calculation for Interior Lighting Applied Method, 1982

<u>การคำนวณค่าความสว่างจากผลของฟลักซ์ส่องสว่างที่ตกโดยตรง</u>

การคำนวณแบบ Point-by-Point เป็นการคำนวณหาค่าความสว่างจากผลของฟลักซ์ส่องสว่างที่ส่องโดยตรง (Direct Flux) จากโคมไฟลงไปที่จุดหนึ่ง ๆ บนพื้นผิวอาจจะเป็นพื้นที่ทำงาน, ฝาผนัง, หรือบนเพดาน สำหรับกรณีที่ในห้องมีโคมหลายชุดก็จะสามารถคำนวณได้โดยคิดค่าความสว่างของแต่ละโคมที่ส่องลงไปที่จุดนั้นแล้วนำมารวมกัน วิธีการคำนวณค่าความสว่างโดยวิธี Point-by-Point จะแยกวิธีการคำนวณตามระนาบของพื้นผิวเป็นการคำนวณในแนวราบและการคำนวณในแนวตั้ง

1. การคำนวณค่าความสว่างในแนวราบ (Horizontal Illuminance)

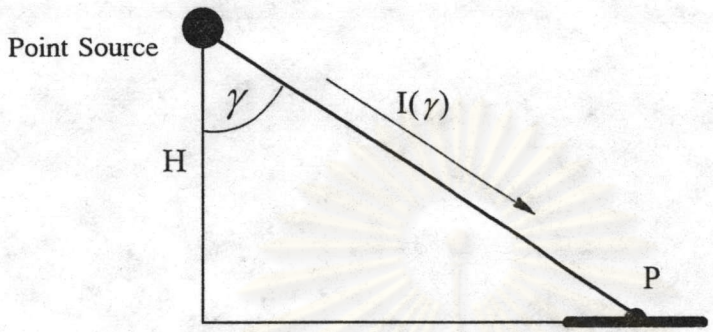
โดยทั่วไประดับของความสว่างที่กำหนดในห้องแต่ละชนิดว่ามีค่าเท่าไรนั้นจะเป็นค่าความสว่างในเทอมของค่าความสว่างเฉลี่ยบนพื้นที่ทำงาน (Working Plane) พื้นที่ทำงานจะเป็นพื้นที่ในแนวราบสูงขึ้นมาจากพื้นประมาณ 0.75 หรือ 0.85 เมตร สามารถคำนวณได้โดย

$$E_P = \frac{I(\gamma) * \cos^3(\gamma)}{H^2} \qquad (3.1)$$

เมื่อ E_P คือ ระดับความสว่างในแนวราบที่จุด P

$I(\gamma)$ คือ ความเข้มส่องสว่างที่มุม γ

H คือ ความสูงของแหล่งกำเนิดแสง



รูปที่ 3.1 ความสว่างในแนวราบที่จุด P

ถ้ามีดวงโคมหลายโคมก็สามารถหาความสว่างที่จุด P ได้ โดยคิดค่าความสว่างที่จุด P จากผลของดวงโคมแต่ละโคมแล้วนำมารวมกันได้

$$E_P(\text{total}) = E_{P1} + E_{P2} + E_{P3} + \ldots\ldots + E_{Pi} + \ldots\ldots\ldots \quad (3.2)$$

เมื่อ $E_P(\text{total})$ คือ ผลรวมของค่าความสว่างในแนวราบที่จุด P ของดวงโคมทั้งหมด

E_{Pi} คือ ค่าความสว่างในแนวราบที่จุด P ของดวงโคมดวงที่ i

2. การคำนวณค่าความสว่างในแนวดิ่ง (Vertical Illuminance)

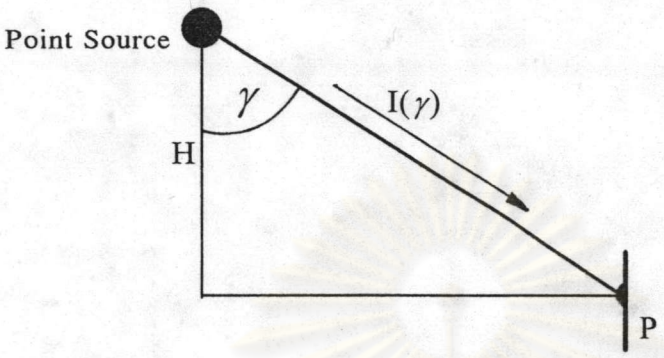
ค่าความสว่างที่ฝาผนังหรือวัตถุที่ติดบนฝาผนัง อาจจะเป็นกระดานดำในห้องเรียน หรือ ชั้นแสดงสินค้าในร้านค้า โดยทั่วไปจะคำนวณได้จากค่าความสว่างเฉลี่ยในแนวดิ่งที่ตกลงบนพื้นผิว

$$E_P = \frac{I(\gamma) * \cos^2(\gamma) * \sin(\gamma)}{H^2} \quad (3.3)$$

เมื่อ E_P คือ ระดับความสว่างในแนวดิ่งที่จุด P

$I(\gamma)$ คือ ความเข้มส่องสว่างที่มุม γ

H คือ ความสูงของแหล่งกำเนิดแสง



รูปที่ 3.2 ความสว่างในแนวดิ่งที่จุด P

ถ้ามีดวงโคมหลายโคมก็สามารถคำนวณความสว่างในแนวดิ่งที่จุด P ได้โดยคิดค่าความสว่างที่จุด P จากผลของโคมแต่ละโคมแล้วนำมารวมกัน

$$E_P(\text{total}) = E_{P1} + E_{P2} + E_{P3} + \ldots\ldots + E_{Pi} + \ldots\ldots \qquad (3.4)$$

เมื่อ $E_P(\text{total})$ คือ ผลรวมของค่าความสว่างในแนวดิ่งที่จุด P ของดวงโคมทั้งหมด

E_{Pi} คือ ค่าความสว่างในแนวดิ่งที่จุด P ของดวงโคมดวงที่ i

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

<u>การคำนวณค่าความสว่างจากผลของฟลักซ์ส่องสว่างที่สะท้อนไปมา</u>

การคำนวณหาค่าความสว่างจากผลของฟลักซ์ส่องสว่างที่สะท้อนไปมา (Reflected Flux) จะสามารถคำนวณหาค่าเฉลี่ยของความสว่างที่ปรากฏบนพื้นผิวได้โดย

1.) เมื่อออกแบบการติดตั้งโดยวิธี CIE Applied Method แล้วจะสามารถคำนวณหาค่า Install Luminaire Flux per Square metre Floor Area (FD ; lm/m2)

$$FD = \frac{NM * F}{A4} \qquad (3.5)$$

เมื่อ NM คือ จำนวนโคมที่ติดตั้งทั้งหมด

F คือ ฟลักซ์ส่องสว่างที่ออกจากโคมทั้งหมด (lm)

A4 คือ พื้นที่ของพื้นที่ทำงาน (m2)

2.) คำนวณหาค่าอัตราส่วนโดยตรง (Direct Ratio)

$$DR = \left(\frac{\sum GM1}{NM}\right)*.N1 + \left(\frac{\sum GM2}{NM}\right)*.N2 + \left(\frac{\sum GM3}{NM}\right)*.N3 + \left(\frac{\sum GM4}{NM}\right) \quad (3.6)$$

เมื่อ DR คือ อัตราส่วนโดยตรง

NM คือ จำนวนโคมไฟที่ติดตั้งทั้งหมด

GM1,GM2,GM3,GM4 คือ Geometric Multipier ดูได้จากตารางที่ I : Geometric Multipliers for a Single Luminaire Vertical above a Corner of a Rectangle with Sides A/H and B/H ในเอกสาร Plub. CIE No. 52

.N1, .N2, .N3 คือ Flux Code ของโคมไฟ

3.) คำนวณหาค่าความสว่างเฉลี่ยบนเพดาน, ผนัง และพื้นที่ทำงาน

$$E1 = [RM11 + (RM12 + RM13*DR)*.N4]*FD$$
$$E3 = [RM31 + (RM32 + RM33*DR)*.N4]*FD$$
$$E4 = [RM41 + (RM42 + RM43*DR)*.N4]*FD \quad (3.7)$$

เมื่อ E1 คือ ความสว่างเฉลี่ยบนเพดาน (lux)

E3 คือ ความสว่างเฉลี่ยบนผนัง (lux)

E4 คือ ความสว่างเฉลี่ยบนพื้นที่ทำงาน (lux)

RM คือ ค่าสัมประสิทธิ์คงที่ดูได้จากตารางที่ II : Coefficients for The Computation of Reduced Utilances ในเอกสาร Plub. CIE No. 52

DR คือ อัตราส่วนโดยตรง

.N4 คือ Flux Code ของโคม

4.) คำนวณหาค่าความสว่างเฉลี่ยเนื่องจาก Direct Flux ที่เพดาน, ผนัง และพื้นที่ทำงานโดย Direct Flux ที่ปรากฏบนพื้นผิวต่าง ๆ คือ

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

$$F12 = (1-.N4)*FD*A4$$
$$F3 = (1-DR)*.N4*FD*A4$$
$$F4 = DR*.N4*FD*A4 \qquad (3.8)$$

ดังนั้นความสว่างเฉลี่ยเนื่องจาก Direct Flux คือ

$$E1D = \frac{F12}{[(A*B) + (2*H2*(A+B))]}$$
$$E3D = \frac{F3}{[2*H3*(A+B)]}$$
$$E4D = \frac{F4}{(A*B)} \qquad (3.9)$$

เมื่อ E1D คือ ความสว่างเฉลี่ยบนเพดานเนื่องจากผลของฟลักซ์ส่องสว่างโดยตรง (lux)

E3D คือ ความสว่างเฉลี่ยบนผนังเนื่องจากผลของฟลักซ์ส่องสว่างโดยตรง (lux)

E4D คือ ความสว่างเฉลี่ยบนพื้นที่ทำงานเนื่องจากผลของฟลักซ์ส่องสว่างโดยตรง (lux)

F12 คือ ฟลักซ์ส่องสว่างที่ส่องโดยตรงไปยังเพดาน (lm)

F3 คือ ฟลักซ์ส่องสว่างที่ส่องโดยตรงไปยังผนัง (lm)

F4 คือ ฟลักซ์ส่องสว่างที่ส่องโดยตรงไปยังพื้นที่ทำงาน (lm)

5.) คำนวณหาค่าความสว่างเฉลี่ยเนื่องจาก Reflected Flux บนเพดาน, ผนัง และ พื้นห้องหรือพื้นที่ทำงาน

$$E1R = E1 - E1D$$
$$E3R = E3 - E3D$$
$$E4R = E4 - E4D \qquad (3.10)$$

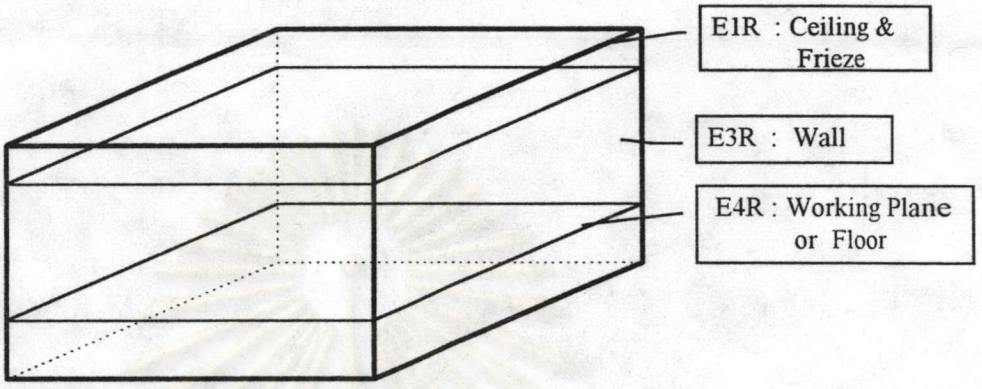
เมื่อ E1R คือ ความสว่างเฉลี่ยบนเพดานจากผลของฟลักซ์ส่องสว่างที่สะท้อนไปมา (lux)

E3R คือ ความสว่างเฉลี่ยบนผนังเนื่องจากผลของฟลักซ์ส่องสว่างที่สะท้อนไปมา (lux)

E4R คือ ความสว่างเฉลี่ยบนพื้นห้อง หรือ พื้นที่ทำงานจากผลของฟลักซ์ส่องสว่างที่สะท้อนไปมา (lux) เนื่องจากการคำนวณในงานวิจัยนี้ได้กำหนดพื้นสมมุติ (Imagine Plane) ที่อยู่

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สูงจากพื้นห้องประมาณ 0.75 ถึง 0.85 เมตร คือพื้นที่ทำงาน และกำหนดให้ R4 ซึ่งเป็นค่าการสะท้อนแสงของพื้นห้องเป็นค่าเดียวกับพื้นที่ทำงาน



รูปที่ 3.3 แสดงค่าของความสว่างเฉลี่ยเนื่องจากผลของฟลักซ์ส่องสว่างที่สะท้อนไปมาภายในห้อง

<u>การคำนวณค่าความสว่างรวม</u> (Illuminance)

การคิดค่าของความสว่างในงานวิจัยนี้จะแยกคิดค่าความสว่างเป็น 2 ส่วนคือค่าความสว่างเนื่องจากผลของฟลักซ์ส่องสว่างที่ตกโดยตรง และผลของฟลักซ์ส่องสว่างที่สะท้อนไปมา ดังนั้นค่าของความสว่างที่จุดใดภายในห้องจะเป็นผลรวมของความสว่างทั้งสองส่วนรวมกัน

ค่าของความสว่างโดยตรงที่ส่องจากโคมไฟที่ลงไปที่จุด P สามารถคำนวณได้โดยวิธี Point-by-Point ส่วนค่าความสว่างโดยทางอ้อมที่จุด P ที่เกิดจากการสะท้อนไปมาของฟลักซ์ส่องสว่างภายในห้องก่อนตกลงไปที่จุด P ซึ่งจะคิดเป็นค่าเฉลี่ยของแต่ละด้าน โดยค่าความสว่างที่จุด P จะมีค่า

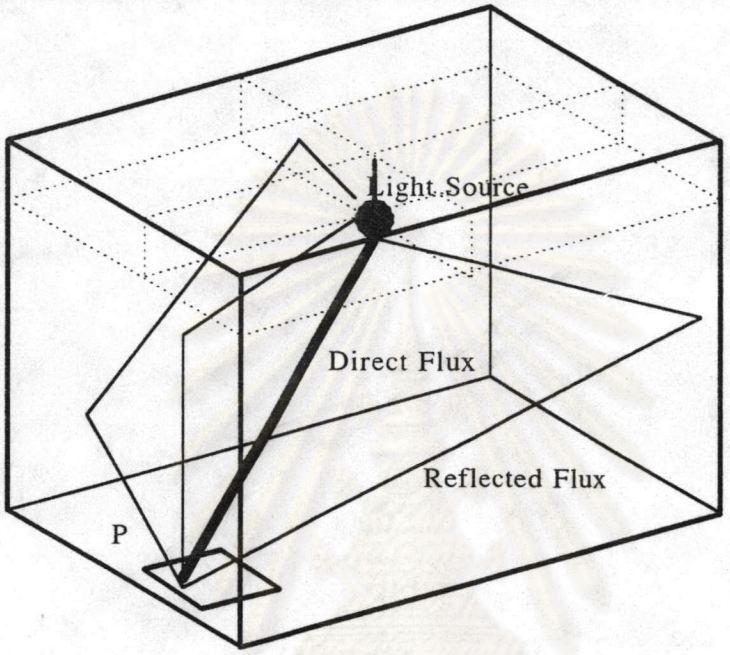
$$Ep = EpD + EpR \qquad (3.11)$$

เมื่อ Ep คือ ค่าความสว่างรวมที่จุด P

I16697029

EpD คือ ค่าความสว่างที่เกิดจากฟลักซ์ส่องสว่างจากโคมไฟส่องลงไปที่จุด P โดยตรง

EpR คือ ค่าความสว่างเฉลี่ยที่เกิดจากฟลักซ์ส่องสว่างที่สะท้อนไปมาภายในห้อง



รูปที่ 3.4 แสดงที่มาของความสว่างที่จุด P

จากสมการที่ 3.11 ค่าของความสว่างโดยทางอ้อม EpR ที่นำมารวมจะขึ้นกับตำแหน่งของจุด P ว่าอยู่ส่วนใดภายในห้องดังรูปที่ 3.5

จากรูปที่ 3.5 จะกำหนดจุดทดสอบ P1 ถึงจุด P5 โดยค่าเฉลี่ยของความสว่างโดยทางอ้อมที่จะนำมารวมกับค่าความสว่างโดยทางตรงที่จุดทดสอบ P1 ถึง P5 มีดังนี้

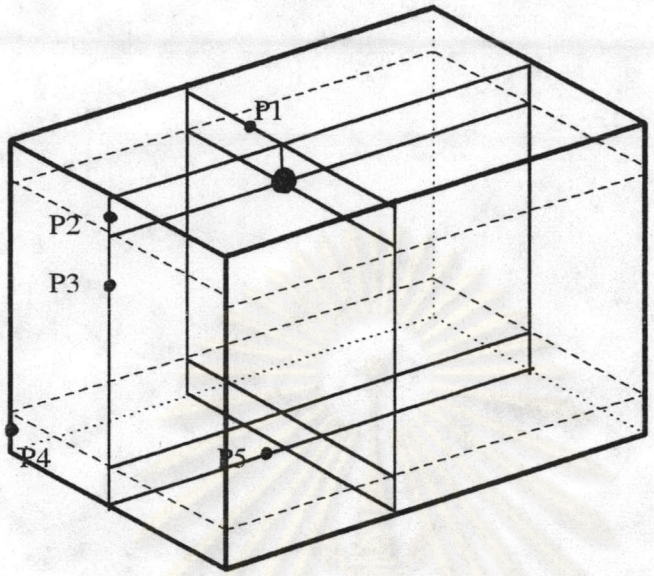
$$Ep1 = Ep1D + E1R$$

$$Ep2 = Ep2D + E1R$$

$$Ep3 = Ep3D + E3R$$

$$Ep4 = Ep4D + E3R$$

$$Ep5 = Ep5D + E4R$$



รูปที่ 3.5 แสดงตำแหน่งจุด P1 ถึง P5 ภายในห้อง

<u>การคำนวณค่าความส่องสว่าง</u>

การที่เรามองเห็นจุดต่าง ๆ บนพื้นผิวว่ามืดหรือสว่างนั้นแสดงว่าตาของเรากำลังรับรู้ถึงระดับของความส่องสว่าง (Luminance; cd/m2) ที่ปรากฏขึ้น ดังนั้นในการแสดงผลในงานวิจัยนี้จึงต้องแสดงถึงระดับค่าความส่องสว่างที่ปรากฏบนแต่ละจุดของพื้นผิว โดยในการคำนวณของ CIE Applied Method ถือว่าการสะท้อนแสงของทุก ๆ พื้นผิวภายในห้องเป็นไปอย่างสมบูรณ์ (Diffuse Reflection) ดังนั้นค่าความส่องสว่างจะไม่ขึ้นกับตำแหน่งของผู้สังเกตการณ์และสามารถหาได้จากค่าความสว่างดังนี้

$$L = \frac{\rho * E}{\pi} \qquad (3.12)$$

เมื่อ L คือ ความส่องสว่าง (cd/m2)

E คือ ความสว่าง (lux)

ρ คือ ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของวัสดุ

Flux Code ของโคม
.N1, .N2, .N3, .N4, .N5

ฟลักซ์ส่องสว่างต่อพื้นที่ของการจัดเรียง

$$FD = \frac{NM * n * PHI * .N5}{A4}$$

Direct Flux ที่ปรากฏบนพื้นผิว

$$F12 = (1-.N4) * FD * A4$$

$$F3 = (1-DR) * .N4 * FD * A4$$

$$F4 = DR * .N4 * FD * A4$$

(3.8)

Direct Ratio (DR)

$$DR = GM1 * .N1 + GM2 * .N2 + GM3 * .N3 + GM4$$

ความสว่างเฉลี่ยเนื่องจาก Direct Flux คือ (3.9)

$$E1D = \frac{F12}{[(A*B) + (2*H2*(A+B))]}$$

$$E3D = \frac{F3}{[2*H3*(A+B)]}$$

$$E4D = \frac{F4}{(A*B)}$$

ความสว่างเฉลี่ยเนื่องจาก Reflected Flux บนเพดาน, ผนัง และ พื้นห้อง

$$E1R = E1 - E1D$$
$$E3R = E3 - E3D$$
$$E4R = E4 - E4D$$

(3.10)

E_pR = E1R = เมื่อจุด P อยู่ที่เพดานและ Frieze
E_pR = E3R = เมื่อจุด P อยู่ที่ผนัง
E_pR = E4R = เมื่อจุด P อยู่ที่พื้นห้อง

E1 = RU1 * FD = ความสว่างที่เพดาน
E3 = RU3 * FD = ความสว่างที่ผนัง
E4 = RU4 * FD = ความสว่างที่พื้นห้อง

ความสว่างรวมที่จุด P

$$E_P = E_pD + E_pR$$

(3.11)

ความสว่างที่จุด P เนื่องจาก Direct Flux โดย Point-by-Point Method

$$E_pD = \frac{I(\gamma) * \cos^3(\gamma)}{H^2} \quad ; \text{in Horizontal Plane}$$

$$E_pD = \frac{I(\gamma) * \cos^2(\gamma) * \sin(\gamma)}{H^2} \quad ; \text{in Vertical Plane}$$

(3.1) & (3.3)

R1 = ค่าการสะท้อนแสงของเพดาน
R2 = ค่าการสะท้อนแสงของ Frieze
R3 = ค่าการสะท้อนแสงของฝาผนัง
R4 = ค่าการสะท้อนแสงของพื้นห้อง

ρ = R1 เมื่อจุด P อยู่ที่เพดาน
ρ = R2 เมื่อจุด P อยู่ที่ Frieze
ρ = R3 เมื่อจุด P อยู่ที่ผนัง
ρ = R4 เมื่อจุด P อยู่ที่พื้นห้อง

ความส่องสว่างที่จุด P

$$L = \frac{\rho * E}{\pi}$$

(3.12)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 3.6 แสดงสมการการคำนวณค่าความสว่างและความส่องสว่าง