หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

การออกแบบการส่องสว่างในแนวราบภายในอาคารด้วยแสงธรรมชาติ

ความสว่างบนระนาบในแนวราบภายในอาคารตามมาตรฐานทั่วไป จะกำหนดเป็นค่าความสว่างต่ำสุดที่ยังเพียงพอสำหรับการใช้งาน การออกแบบการส่องสว่างตามวิธีของ CIE ก็เป็นเพียงวิธีการคำนวณค่าความสว่างต่ำสุดโดยประมาณ ซึ่งผลที่ได้ยังคงมีค่าใกล้เคียง หรือเท่ากับค่าความสว่างต่ำสุดตามมาตรฐาน และจากหลักการที่ว่า สายตามนุษย์ไม่สามารถสังเกตเห็นความแตกต่างของความสว่างที่ต่างกันน้อยกว่า 20 % ได้ ดังนั้นการหาค่าความสว่างตามวิธีของ CIE จึงสามารถนำมาใช้ในการออกแบบการส่องสว่างภายในอาคารด้วยแสงธรรมชาติได้

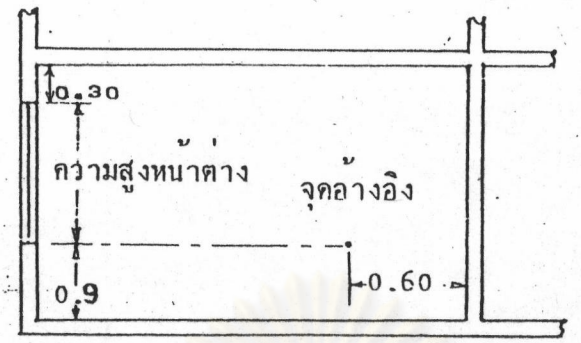
3.1 อาคารที่มีหน้าต่างในแนวดิ่ง (Vertical Window) [3]

อาคารประเภทนี้ ยังสามารถแบ่งออกได้อีก 2 แบบ คือ

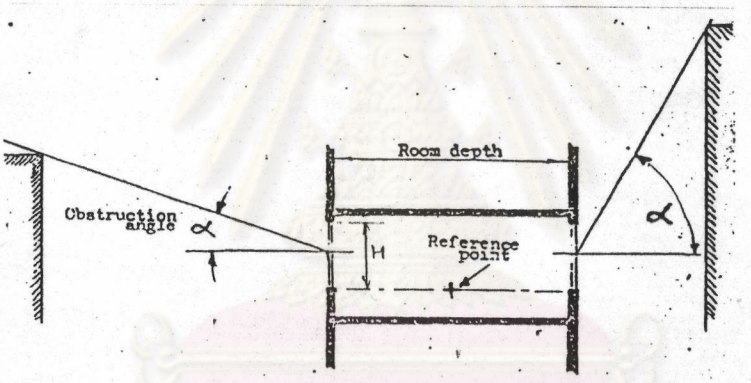
ก. อาคารที่มีหน้าต่างในแนวดิ่งบนผนังหนึ่งด้าน (Vertical window in one wall) : ตามวิธีของ CIE ค่าความสว่างที่คำนวณได้ จะเป็นค่าความสว่างต่ำสุดที่จุดอ้างอิงบนระนาบในแนวราบที่อยู่สูงจากพื้น 90 ซ.ม. และอยู่ในแนวห่างจากผนังด้านตรงข้ามหน้าต่าง 60 ซ.ม. ดังแสดงในรูปที่ 3.1.1 โดยมีข้อสมมติฐานเบื้องต้น ดังนี้

1. หน้าต่างอยู่บนผนังด้านยาวของห้อง
2. ขอบบนสุดของหน้าต่างจะอยู่ต่ำจากเพดานลงมา 30 ซ.ม.
3. ขอบล่างสุดของหน้าต่างจะอยู่สูงจากพื้นขึ้นมา 90 ซ.ม.
4. ค่าการสะท้อนแสงภายในอาคารมีค่าคงที่ คือ เพดาน 70 % ผนัง 50 % และพื้น 15 %

ข. อาคารที่มีหน้าต่างในแนวดิ่งบนผนังสองด้านตรงข้ามกัน (Vertical Window in Opposite Walls) : ตามวิธีของ CIE ค่าความสว่างที่คำนวณได้ จะเป็นค่าความสว่างต่ำสุดที่จุดอ้างอิงบนระนาบในแนวราบภายในอาคาร ซึ่งจะอยู่สูงจากพื้น 90 ซ.ม. และอยู่ในแนวกึ่งกลางระหว่างหน้าต่างทั้งสอง ดังแสดงในรูปที่ 3.1.2 โดยมีข้อสมมติฐานเบื้องต้นเช่นเดียวกันกับในกรณีอาคารที่มีหน้าต่างในแนวดิ่งบนผนังหนึ่งด้าน



รูปที่ 3.1.1 แสดงตำแหน่งจุดอ้างอิงสำหรับอาคารที่มีหน้าต่างในแนวดิ่งบนผนังหนึ่งด้าน



รูปที่ 3.1.2 แสดงตำแหน่งจุดอ้างอิงสำหรับอาคารที่มีหน้าต่างในแนวดิ่งบนผนังสองด้านตรงข้ามกัน

อาคารทั้งสองลักษณะ มีแนวทางการคำนวณหาค่าความสว่างที่จุดอ้างอิง ดังนี้

1. หาอัตราส่วนความลึกของห้อง
2. หาเปอร์เซนต์ความกว้างของหน้าต่าง
3. จากอัตราส่วนความลึกของห้อง เปอร์เซนต์ความกว้างของหน้าต่าง และจากรูปผนวกที่ ก.2 หรือ ก.4 จะได้องค์ประกอบแสงธรรมชาติต่ำสุด (MDF)
4. จากอัตราส่วนความลึกของห้อง และจากรูปผนวกที่ ก.3 หรือ ก.5 หรือ ก.6

017424

จะได้องค์ประกอบแก้ไขเนื่องจากมุมบังแสงจากภายนอกอาคาร [CF (ℭ)]

5. หาองค์ประกอบแก้ไขเนื่องจากความสามารถส่งผ่านแสงได้ของหน้าต่าง [CF(t)] ได้จากตารางผนวกที่ ก.2
6. หาองค์ประกอบแก้ไขเนื่องจากความสกปรกของหน้าต่างที่เกิดจากภายในอาคารและภายนอกอาคาร [CF(K_m)] จากตารางผนวกที่ ก.4
7. คำนวณหาเปอร์เซนต์แสงที่ผ่านกันสาด หรือบานเกล็ดเข้าสู่อาคาร (eff)ได้จากสมการที่ 2.4.2
8. หาค่าความสว่างของแสงธรรมชาติ บนพื้นราบกลางแจ้ง (E_{ho}) ได้จากรูปผนวกที่ ก.1
9. คำนวณหาค่าองค์ประกอบแสงธรรมชาติในแนวราบ (DF_h) ได้จากสมการที่ 3.1.1

$$DF_h = MDF \times CF(ℭ) \times CF(t) \times CF(K_m) \times eff \qquad (3.1.1)$$

10. คำนวณหาค่าความสว่างต่ำสุดที่จุดอ้างอิงภายในอาคาร (E_{hi}) ได้

<u>ตัวอย่างการคำนวณสำหรับอาคารที่มีหน้าต่างในแนวดิ่ง</u>

<u>ตัวอย่างที่ 3.1.1</u>

ห้องทำงานแห่งหนึ่งในกรุงเทพมหานครขนาด 9 เมตร x 15 เมตร x 3.2 เมตร ตั้งอยู่ในเขตชุมชน มีหน้าต่าง 1 ด้าน กว้าง 12 เมตร ทำด้วยกระจกใสธรรมดา ตัวอาคารมีกันสาดยื่นออกจากอาคาร 0.4 เมตร และมีมุมบังแสงจากอาคารตรงข้ามหน้าต่างเป็นมุม 10 องศา ถ้าชั่วโมงการใช้งานคิดเป็น 95% ของช่วงเวลา 9.00-17.00 น. และมีการทำความสะอาดกระจกทุก ๆ 6 เดือน ค่าความสว่างที่จุดอ้างอิงภายในอาคารจะเป็นเท่าไร

1. หาอัตราส่วนความลึกของห้อง (Rd)

$$Rd = \frac{\text{ความกว้างของห้อง}}{\text{ความสูงของหน้าต่างเหนือระดับพื้นที่ใช้งาน}}$$

$$= \frac{9}{(3.2-0.3-0.9)}$$

$$= 4.5$$

2. หาเปอร์เซนต์ความกว้างของหน้าต่าง (% Ww)

$$\% Ww = \frac{\text{ความกว้างของหน้าต่าง}}{\text{ความยาวของห้อง}} \times 100\%$$

$$= \frac{12}{15} \times 100\%$$

$$= 80\%$$

3. จากรูปผนวกที่ ก.2 จะได้องค์ประกอบแสงธรรมชาติต่ำสุด MDF = 1.2%
4. จากรูปผนวกที่ ก.3 จะได้องค์ประกอบแก้ไขเนื่องจากมุมบังแสงจากภายนอกอาคาร [CF(10°)] เท่ากับ 0.85
5. เนื่องจากความสามารถในการส่งผ่านแสงของกระจกใสธรรมดา (t) เป็น 85% ดังนั้นจากตารางผนวกที่ ก.2 จะได้องค์ประกอบแก้ไข เนื่องจากความสามารถในการส่งผ่านแสงของกระจกใสธรรมดา [CF(85%)] เท่ากับ 1.0
6. จากตารางผนวกที่ ก.4 จะได้องค์ประกอบแก้ไข เนื่องจากความสกปรกของหน้าต่าง [CF(K_m)] เท่ากับ 0.8
7. เนื่องจาก กันสาดยื่นออกจากอาคาร 0.4 เมตรในแนวราบดังนั้น จากสมการที่ 2.4.2 จะได้

$$eff = [\sqrt{1+(0.4/2)^2} - (0.4/2)] \times 100\%$$

$$= 82\% \text{ หรือ } 0.82$$

8. จากรูปผนวกที่ ก.1 จะได้ค่าความสว่างของแสงธรรมชาติบนพื้นราบกลางแจ้ง (E_{ho}) เท่ากับ 11,400 ลักซ์
9. คำนวณค่าองค์ประกอบแสงธรรมชาติในแนวราบ (DF_h) ได้จากสมการที่ 3.1.1

$$DF_h = 1.2\% \times 0.85 \times 1.0 \times 0.8 \times 0.82$$

$$= 0.67\%$$

10. คำนวณหาค่าความสว่างต่ำสุดที่จุดอ้างอิงภายในอาคาร (E_{hi}) ได้จากสมการที่ 2.3.1

$$E_{hi} = \frac{DF_h \times E_{ho}}{100}$$

$$= \frac{0.67 \times 11400}{100} \text{ ลักซ์}$$

= 76 ลักซ์

ปกติ ตามมาตรฐานของ CIE ความสว่างต่ำสุดสำหรับห้องทำงานทั่ว ๆ ไป จะต้องมีค่าไม่ต่ำกว่า 300 ลักซ์ ดังนั้นจากตัวอย่างที่ 3.1.1 ข้างต้น จะเห็นว่า ความสว่างต่ำสุดที่จุดอ้างอิงที่คำนวณได้จากวิธีของ CIE มีค่าเพียง 76 ลักซ์ ซึ่งต่ำกว่ามาตรฐาน จึงจำเป็นต้องใช้แสงสว่างจากหลอดไฟฟ้าเป็นหลักโดยส่วนใหญ่ เพื่อให้ได้ค่าความสว่างบนพื้นที่ใช้งานไม่ต่ำกว่า 300 ลักซ์

<u>ตัวอย่างที่ 3.1.2</u>

ใช้ข้อมูลเช่นเดียวกันกับตัวอย่างที่ 3.1.1 เพียงแต่เปลี่ยนแปลงให้อาคารมีหน้าต่างเพิ่มขึ้นอีก 1 บาน บนผนังด้านตรงข้ามกัน

1. จากตัวอย่างที่ 3.1.1 จะได้ Rd = 4.5
2. จากตัวอย่างที่ 3.1.1 จะได้ %Ww = 80%
3. จากรูปผนวกที่ ก.4 จะได้ MDF = 5.2%
4. จากรูปผนวกที่ ก.5 จะได้ CF(10 + 10) = 0.9
5. จากตัวอย่างที่ 3.1.1 จะได้ CF(85%) = 1.0
6. จากตัวอย่างที่ 3.1.1 จะได้ CF(K_m) = 0.8
7. จากตัวอย่างที่ 3.1.1 จะได้ eff = 0.82
8. จากสมการที่ 3.1.1 จะได้

$$DF_h = 5.2\% \times 0.9 \times 1.0 \times 0.8 \times 0.82$$
$$= 3.1\%$$

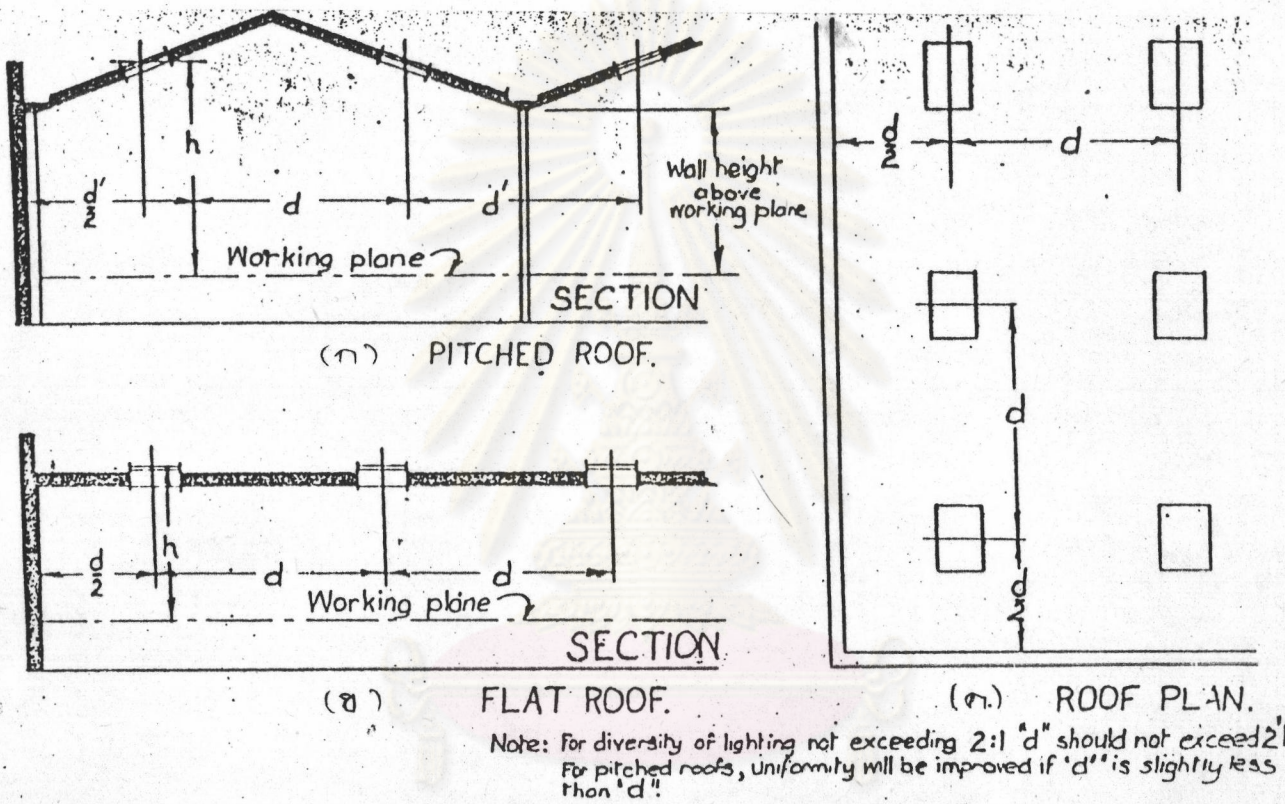
9. จากสมการที่ 2.3.1 จะได้

$$E_{hi} = \frac{3.1\% \times 11400}{100} \text{ ลักซ์}$$
$$= 353 \text{ ลักซ์}$$

ผลจากการเพิ่มหน้าต่างเป็นสองบานตรงข้ามกัน ทำให้ค่าความสว่างที่จุดอ้างอิงใหม่เป็น 353 ลักซ์ ซึ่งสูงกว่าค่าความสว่างมาตรฐานสำหรับห้องทำงานทั่ว ๆ ไป ดังนั้นในชั่วโมงการทำงานปกติ จึงไม่จำเป็นต้องใช้แสงสว่างจากหลอดไฟฟ้าเลย

3.2 อาคารที่มีช่องเปิดรับแสงบนหลังคาธรรมดา (Skylight) [3]

ค่าความสว่างที่คำนวณได้ ตามวิธีของ CIE จากอาคารประเภทนี้ จะเป็นค่าความสว่างเฉลี่ยบนระนาบในแนวราบที่อยู่สูงจากพื้น 90 ซ.ม. ดังแสดงในรูปที่ 3.2.1 ก. และ 3.2.1 ข. ถ้าระยะห่างระหว่างช่องเปิดไม่เกินกว่า 2 เท่าของความสูงของช่องเปิดเหนือระดับพื้นที่ใช้งาน จะได้ค่าความสม่ำเสมอของความสว่างต่ำสุด ต่อความสว่างสูงสุดไม่น้อยกว่า 1:2



รูปที่ 3.2.1 แสดงขนาดและระยะอ้างอิง สำหรับอาคารที่มีช่องเปิดรับแสงบนหลังคาธรรมดา

(ก) สำหรับหลังคาทำมุม

(ข) สำหรับหลังคาแนวราบ

(ค) แสดงอัตราส่วนระยะห่างของช่องเปิดรับแสงที่เหมาะสม

แนวทางการคำนวณหาค่าความสว่างเฉลี่ยบนระนาบในแนวราบภายในอาคาร ที่มีช่องเปิดรับแสงเป็นหลังคาธรรมดา (Skylight) เป็นดังนี้

1. หาอัตราส่วนของพื้นที่หน้าต่างต่อพื้นที่ของอาคาร
2. หาอัตราส่วนของความยาวของอาคาร (Bl) ต่อความสูงของอาคารเหนือระดับพื้นที่ใช้งาน (Bh - 0.9)
3. จากรูปผนวกที่ ก.7-10 จะได้ค่าองค์ประกอบแสงธรรมชาติเฉลี่ย (Average Daylight Factor : ADF)
4. หาองค์ประกอบแก้ไข CF(t) ได้จากตารางผนวกที่ ก.2
5. หาองค์ประกอบแก้ไข CF(K_m) ได้จากตารางผนวกที่ ก.4
6. หาค่าการสะท้อนแสงเฉลี่ยของพื้นผิวภายในอาคาร (Average Reflectance : R_{av}) ได้จากสมการที่ 2.4.1
7. หาค่าองค์ประกอบแก้ไขเนื่องจากการสะท้อนแสงของพื้นผิวภายในอาคาร [CF(R_{av})] ได้จากตารางผนวกที่ ก.3
8. หาค่าความสว่างของแสงธรรมชาติบนพื้นราบกลางแจ้ง (E_{ho}) ได้จากรูปผนวกที่ ก.1
9. คำนวณหาค่าองค์ประกอบแสงธรรมชาติในแนวราบ (DF_h) ได้จากสมการที่ 3.2.1

$$DF_h = ADF \times CF(t) \times CF(K_m) \times CF(R_{av}) \qquad (3.2.1)$$

10. คำนวณหาค่าความสว่างเฉลี่ยบนระนาบในแนวราบภายในอาคาร (E_{hi}) ได้จากสมการที่ 2.3.1

<u>ตัวอย่างการคำนวณ สำหรับอาคารที่มีช่องเปิดรับแสงบนหลังคาธรรมดา</u>

<u>ตัวอย่างที่ 3.2.1</u>

โรงซ่อมเครื่องจักรแห่งหนึ่ง ตั้งอยู่ในเขตอุตสาหกรรมในกรุงเทพมหานคร มีขนาด 50 เมตร x 100 เมตร x 9 เมตร มีช่องเปิดรับแสงบนหลังคาทำมุม 15 องศา ขนาด 1.5 เมตร x 3 เมตร ทำด้วยวัสดุโปร่งแสงที่ยอมให้แสงผ่านได้ 70% จำนวน 150 ช่อง การสะท้อนแสงของพื้นผิวภายในอาคารเป็นดังนี้ ใต้หลังคาและกำแพง 50% พื้น 20% และช่องเปิด 10% ถ้าชั่วโมงการซ่อมคิดเป็น 95% ของช่วงเวลา 9.00-17.00 น. ค่าความสว่างเฉลี่ยจะเป็นเท่าไร

1. $\frac{Ag}{Af} = \frac{1.5 \times 3 \times 150}{50 \times 100} = 0.14$

2. $\frac{Bl}{Bh-0.9} = \frac{100}{(9-0.9)} = 12.3$

3. จากรูปผนวกที่ ก.8 จะได้ ADF = 10.5%
4. จากตารางผนวกที่ ก.2 จะได้ CF(t) = 0.8
5. จากตารางผนวกที่ ก.4 จะได้ $CF(K_m)$ = 0.55
6. พื้นที่ของช่องเปิด = $1.5 \times 3 \times 150$ = 675 ม.^{2}
   พื้นที่ของหลังคา = $\frac{50 \times 100}{\cos 15^\circ} - 675$ = 4501 ม.^{2}
   พื้นที่ของผนัง = $2[(50+100) \times 9]$ = 2700 ม.^{2}
   พื้นที่ของอาคาร = 50×100 = 5000 ม.^{2}

   จากสมการที่ 2.4.1 จะได้

$$R_{av} = \frac{[(50 \times 4501)+(50 \times 2700)+(20 \times 5000)+(10 \times 675)]}{(4501+2700+5000+675)}$$

$$= 36.3\%$$

7. จากตารางผนวกที่ ก.3 จะได้ $CF(R_{av})$ = 1.16
8. จากรูปผนวกที่ ก.1 จะได้ E_{ho} = 11,400 ลักซ์
9. จากสมการที่ 3.2.1 จะได้

$$DF = 10.5\% \times 0.8 \times 0.55 \times 1.16$$

$$= 5.36\%$$

10. จากสมการที่ 2.3.1 จะได้

$$E_{hi} = \frac{5.36\% \times 11400}{100} \text{ ลักซ์}$$

$$= 611 \text{ ลักซ์}$$

ผลจากการคำนวณตามวิธีของ CIE จะได้ค่าความสว่างเฉลี่ยตลอดพื้นที่เท่ากับ 611 ลักซ์ ซึ่งสูงกว่ามาตรฐานความสว่างของ CIE สำหรับโรงซ่อมเครื่องจักรทั่ว ๆ ไป ที่กำหนดไว้ให้ไม่ต่ำกว่า 500 ลักซ์ ดังนั้นสำหรับอาคารนี้ ในชั่วโมงทำงานปกติไม่จำเป็นต้องใช้แสงสว่างจากหลอดไฟฟ้าเลย

3.3 อาคารที่มีช่องเปิดรับแสงบนหลังคาลักษณะฟันเลื่อย (Sawtooth Roof) [3]

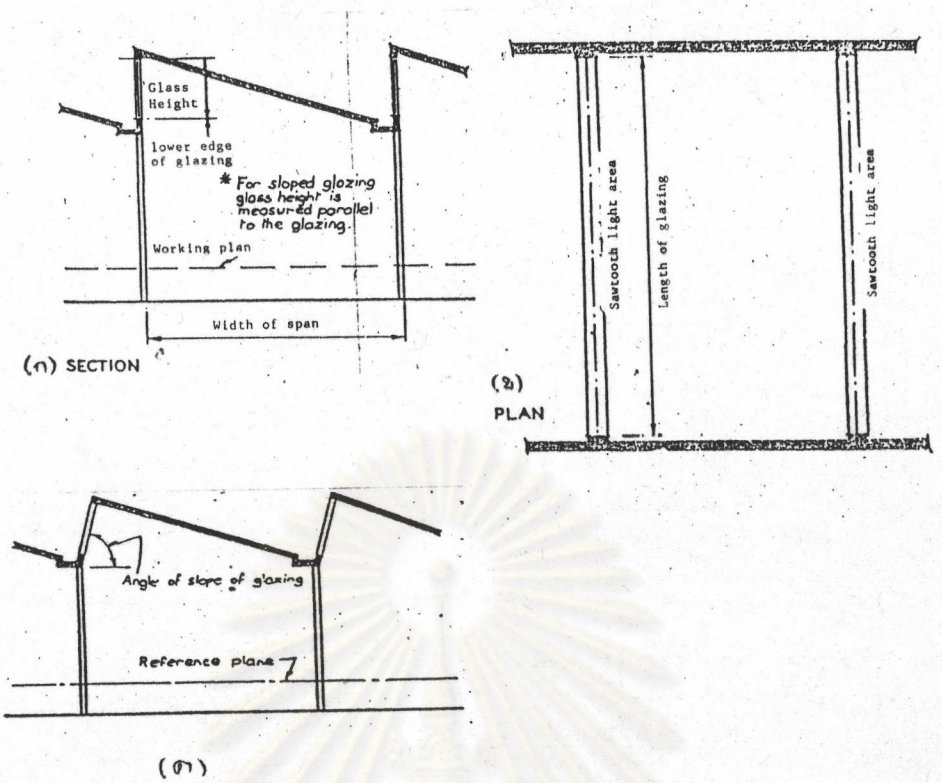
ค่าความสว่างที่คำนวณได้ตามวิธีของ CIE จากอาคารประเภทนี้ จะเป็นค่าความสว่างเฉลี่ยบนระนาบในแนวราบที่อยู่สูงจากพื้น 90 ซ.ม. ซึ่งถือว่าเป็นระดับพื้นที่ใช้งาน (Working Plane) ดังแสดงในรูปที่ 3.3.1 สำหรับอัตราความสม่ำเสมอ ในการกระจายความสว่างตลอดพื้นที่ใช้งานจะไม่น้อยกว่า 1:3 ตามเงื่อนไขดังนี้

ก. ถ้าช่องเปิดอยู่ในแนวดิ่ง ระยะห่างระหว่างช่องเปิดจะต้องน้อยกว่า 2.2 เท่าของความสูงของขอบล่างของช่องเปิดเหนือระดับพื้นที่ใช้งาน

ข. ถ้าช่องเปิดทำมุมกับแนวระดับน้อยกว่า 90 องศา ระยะห่างระหว่างช่องเปิดจะต้องน้อยกว่า 2.5 เท่าของความสูงของขอบล่างของช่องเปิดเหนือระดับพื้นที่ใช้งาน

ปกติในการออกแบบอาคารประเภทนี้ ถ้าอาคารอยู่เหนือระดับเส้นศูนย์สูตรนิยมหันช่องเปิดไปทางทิศเหนือ และถ้าอาคารอยู่ใต้ระดับเส้นศูนย์สูตรนิยมหันช่องเปิดไปทางทิศใต้ เพื่อลดปริมาณแสงอาทิตย์ที่เข้าสู่อาคารโดยตรง ซึ่งจะมีผลทำให้เกิดความร้อน และทำให้เกิดความไม่สบายตาเกิดขึ้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.3.1 แสดงขนาดและระยะอ้างอิงสำหรับอาคารที่มีช่องเปิดรับแสงบนหลังคาลักษณะฟันเลื่อย
(ก) และ (ข) แสดงขนาดและระยะต่าง ๆ ของช่องเปิดรับแสง
(ค) แสดงมุมของช่องเปิดรับแสงที่ทำกับแนวระดับ

แนวทางการคำนวณหาค่าความสว่างเฉลี่ยบนระนาบในแนวราบ ภายในอาคารที่มีช่องเปิดรับแสงลักษณะเป็นฟันเลื่อย (Sawtooth Roof) เป็นดังนี้

1. หาอัตราส่วนความกว้างของช่องเปิด (Glass Height: Gh) ต่อระยะห่างระหว่างช่องเปิด (Width of span : Ws)
2. หาอัตราส่วนความยาวของช่องเปิด (Glass Length : Gl) ต่อความสูงของขอบล่างของช่องเปิดเหนือระดับพื้นที่ใช้งาน (Bh-0.9)
3. จากรูปผนวกที่ ก.11-13 จะได้ค่าองค์ประกอบแสงธรรมชาติเฉลี่ย (Average Daylight Factor : ADF)
4. หาองค์ประกอบแก้ไข CF(t) ได้จากตารางผนวกที่ ก.2
5. หาองค์ประกอบแก้ไข CF(K_m) ได้จากตารางผนวกที่ ก.4
6. หาค่าการสะท้อนแสงเฉลี่ยของพื้นผิวภายในอาคาร (R_{av}) ได้จากสมการที่ 2.4.1
7. หาองค์ประกอบแก้ไข CF(R_{av}) ได้จากตารางผนวกที่ ก.3

8. หาค่า E_{ho} ได้จากรูปผนวกที่ ก.1
9. คำนวณค่า DF_h ได้จากสมการที่ 3.2.1
10. คำนวณค่า E_{hi} ได้จากสมการที่ 2.3.1

<u>ตัวอย่างการคำนวณสำหรับอาคาร ที่มีช่องเปิดรับแสงบนหลังคาลักษณะฟันเลื่อย</u>

<u>ตัวอย่างที่ 3.3.1</u>

โรงซ่อมเครื่องจักรแห่งหนึ่งตั้งอยู่ในเขตอุตสาหกรรม ในกรุงเทพมหานคร มีขนาด 50 เมตร x 100 เมตร x 9 เมตร มีช่องเปิดรับแสงบนหลังคาลักษณะฟันเลื่อยขนาด 1.5 เมตร x 49 เมตร ทำด้วยกระจกฝ้าที่ยอมให้แสงผ่านได้ 70% จำนวน 10 ช่อง โดยทำมุมกับแนวระดับ 75 องศา การสะท้อนแสงของพื้นผิวภายในอาคารเป็นดังนี้ ใต้หลังคาและผนัง 50% พื้น 20% และช่องเปิด 10% ถ้าชั่วโมงการซ่อมคิดเป็น 95% ของช่วงเวลา 9.00-17.00 น. ค่าความสว่างเฉลี่ยจะเป็นเท่าไร

1. $\frac{Gh}{Ws} = \frac{1.5}{10} = 0.15$

2. $\frac{Gl}{(Bh-0.9)} = \frac{49}{(9-0.9)} = 6.05$

3. จากรูปผนวกที่ ก.12 จะได้ ADF = 5%
4. จากตารางผนวกที่ ก.2 จะได้ CF(t) = 0.8
5. จากตารางผนวกที่ ก.4 จะได้ $CF(K_m)$ = 0.7
6. พื้นที่ของช่องเปิด = 1.5 x 49 x 10 = 735 ตารางเมตร
   พื้นที่ของหลังคา = $\frac{50 \times 100}{\cos[\arctan(1.5/10)]}$ = 5056 ตารางเมตร
   พื้นที่ของผนัง = 2[(50+100)x9] = 2700 ตารางเมตร
   พื้นที่ของอาคาร = 50 x 100 = 5000 ตารางเมตร

จากสมการที่ 2.4.1 จะได้

$$R_{av} = \frac{[(50x5056)+(50x2700)+(20x5000)+(10x735)]}{(5056+2700+5000+735)}$$

$$= 36.7\%$$

7. จากตารางผนวกที่ ก.3 จะได้ $CF(R_{av})$ = 1.17

8. จากรูปผนวกที่ ก.1 จะได้ E_{ho} = 11,400 ลักซ์

9. จากสมการที่ 3.2.1 จะได้

$$DF_h = 5\% \times 0.8 \times 0.7 \times 1.17$$
$$= 3.28\%$$

10. จากสมการที่ 2.3.1 จะได้

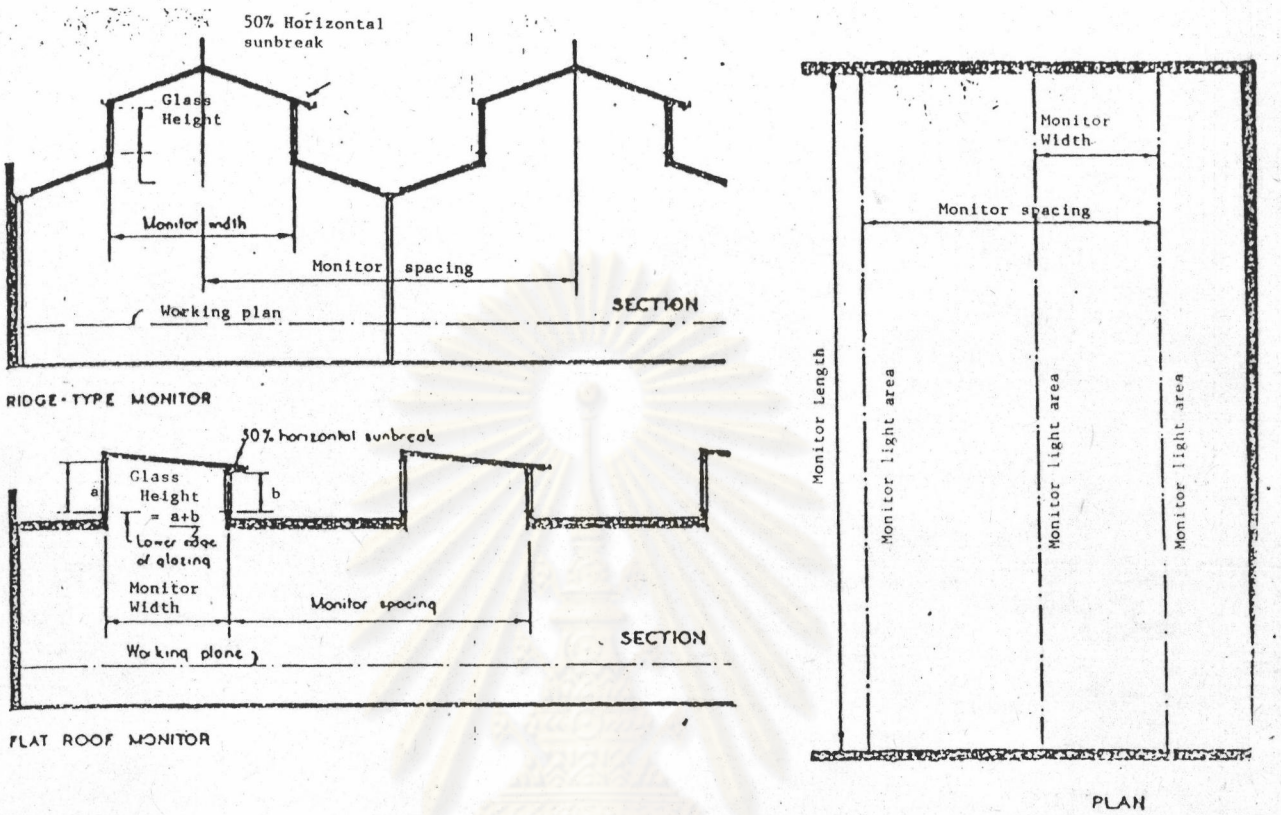
$$E_{hi} = \frac{3.28\% \times 11400}{100} \text{ ลักซ์}$$
$$= 373 \text{ ลักซ์}$$

ผลจากการคำนวณตามวิธีของ CIE จะได้ค่าความสว่างเฉลี่ยตลอดพื้นที่เท่ากับ 373 ลักซ์ ซึ่งต่ำกว่ามาตรฐานความสว่างของ CIE สำหรับโรงซ่อมเครื่องจักรทั่ว ๆ ไป ที่กำหนดไว้ให้ไม่ต่ำกว่า 500 ลักซ์ ดังนั้นสำหรับอาคารนี้ในชั่วโมงการทำงานปกติ 9.00-17.00 น. จึงจำเป็นต้องใช้แสงสว่างจากหลอดไฟฟ้าเป็นหลักโดยส่วนใหญ่ เพื่อให้ได้ค่าความสว่างบนพื้นที่ใช้งานไม่ต่ำกว่า 500 ลักซ์

3.4 อาคารที่มีช่องเปิดรับแสงบนหลังคาเป็นมอนิเตอร์ (Monitor Roof) [3]

ค่าความสว่างที่คำนวณได้ ตามวิธีของ CIE จากอาคารประเภทนี้จะเป็นค่าความสว่างเฉลี่ยบนระนาบในแนวราบที่อยู่สูงจากพื้น 90 ซ.ม. ซึ่งถือว่าเป็นระดับพื้นที่ใช้งาน (Working Plane) อาคารประเภทนี้จะมี 2 ชนิดคือ แบบริดจ์มอนิเตอร์ (Ridge Type Monitor) กับแบบแฟลตมอนิเตอร์ (Flat Roof Monitor) ดังแสดงในรูปที่ 3.4.1 ก. และ 3.4.1 ข. สำหรับอัตราความสม่ำเสมอในการกระจายความสว่างตลอดพื้นที่ใช้งานจะไม่น้อยกว่า 1:3 เมื่อระยะห่างระหว่างจุดกึ่งกลางมอนิเตอร์ ต้องไม่มากกว่า 2.2 เท่าของความสูงของขอบล่างของช่องเปิดเหนือระดับพื้นที่ใช้งาน และความกว้างของมอนิเตอร์ (Monitor Width :Wd) ต่อระยะห่างระหว่างจุดกึ่งกลางมอนิเตอร์ (Monitor Spacing) จะอยู่ในช่วง 1:3 ถึง 2:3

ปกติการออกแบบอาคารประเภทนี้ นิยมหันช่องเปิดในแนวทิศเหนือ-ใต้ เพื่อลดปริมาณแสงอาทิตย์ที่จะเข้าสู่อาคารโดยตรง



รูปที่ 3.4.1 แสดงขนาดและระยะอ้างอิงสำหรับอาคารที่มีช่องเปิดรับแสงบนหลังคาเป็นมอนิเตอร์

(ก) แบบริดจ์มอนิเตอร์

(ข) แบบแฟลตมอนิเตอร์

(ค) แสดงขนาดและระยะต่าง ๆ ของช่องเปิดรับแสง

แนวทางการคำนวณหาค่าความสว่างเฉลี่ยบนระนาบ ในแนวราบภายในอาคารที่มีช่องเปิดบนหลังคาเป็นมอนิเตอร์ (Monitor Roof) เป็นดังนี้

1. หาอัตราส่วนระหว่างความกว้างของช่องเปิด (Glass Heigh : Gh) ต่อระยะห่างระหว่างมอนิเตอร์ (Monitor Spacing : Ms)
2. หาอัตราส่วนระหว่าง ความยาวของมอนิเตอร์ (Glass Length : Gl) ต่อความสูงของขอบล่างของช่องเปิดเหนือระดับพื้นที่ใช้งาน (Bh - 0.9)

3. จากรูปผนวกที่ ก.14-21 จะได้ค่า ADF
4. จากตารางผนวกที่ ก.2 จะได้ CF(t)
5. จากตารางผนวกที่ ก.4 จะได้ CF(K_m)
6. คำนวณค่า R_{av} จากสมการที่ 2.4.1
7. จากตารางผนวกที่ ก.3 จะได้ CF(R_{av})
8. จากรูปผนวกที่ ก.1 จะได้ E_{ho}
9. คำนวณค่า DF จากสมการที่ 3.2.1
10. คำนวณค่า E_{hi} จากสมการที่ 2.3.1

<u>ตัวอย่างการคำนวณสำหรับอาคารที่มีช่องเปิดรับแสงบนหลังคาเป็นมอนิเตอร์</u>

<u>ตัวอย่างที่ 3.4.1</u>

โรงซ่อมเครื่องจักรแห่งหนึ่งตั้งอยู่ในเขตอุตสาหกรรมในกรุงเทพมหานคร มีขนาด 50 เมตร x 100 เมตร x 9 เมตร มีช่องเปิดรับแสงบนหลังคาเป็นมอนิเตอร์แบบแฟลตมอนิเตอร์ (Flat Roof Monitor) ขนาด 1.5 เมตร x 49 เมตร ทำด้วยกระจกฝ้าที่ยอมให้แสงผ่านได้ 70% โดยมีความกว้างของมอนิเตอร์ (Monitor Width : Mw) เท่ากับ 8 เมตร และระยะห่างระหว่างจุดกึ่งกลางมอนิเตอร์ (Monitor Spacing : Ms) เท่ากับ 20 เมตร และมีส่วนยื่นของชายคาเพื่อบังแสง 25% การสะท้อนแสงของพื้นผิวภายในอาคารเป็นดังนี้ ใต้หลังคาและผนัง 50% พื้น 20% และช่องเปิด 10% ถ้าชั่วโมงการซ่อมคิดเป็น 95% ของช่วงเวลา 09.00-17.00 น. ค่าความสว่างเฉลี่ยจะเป็นเท่าไร

1. $\frac{Gh}{Ms} = \frac{1.5}{20} = 0.075$

2. $\frac{Gl}{(Bh-0.9)} = \frac{49}{(9-0.9)} = 6.05$

3. จากรูปผนวกที่ ก.20 จะได้ ADF = 2.8%
4. จากตารางผนวกที่ ก.2 จะได้ CF(t) = 0.8
5. จากตารางผนวกที่ ก.4 จะได้ CF(K_m) = 0.7
6. พื้นที่ของช่องเปิด = 1.5x49x10 = 735 ตารางเมตร
   พื้นที่ของหลังคา = 50x100 = 5000 ตารางเมตร
   พื้นที่ของผนัง = 2[(50+100)x9] = 2700 ตารางเมตร
   พื้นที่ของอาคาร = 50x100 = 5000 ตารางเมตร.

จากสมการที่ 2.4.1 จะได้

$$R_{av} = \frac{[(50x5000)+(50x2700)+(20x5000)+(10x735)]}{(5000+5000+2700+735)}$$

$$= 36.65\%$$

7. จากตารางผนวกที่ ก.5 จะได้ $CF(R_{av}) = 1.17$
8. จากรูปผนวกที่ ก.1 จะได้ $E_{ho} = 11,400$ ลักซ์
9. จากสมการที่ 3.2.1 จะได้

$$DF_h = 2.8\% \times 0.8 \times 0.7 \times 1.17$$
$$= 1.83\% \text{ หรือ } 0.0183$$

10. จากสมการที่ 2.3.1 จะได้

$$E_{hi} = 0.0183 \times 11400 \text{ ลักซ์}$$
$$= 209 \text{ ลักซ์}$$

ผลจากการคำนวณตามวิธีของ CIE จะได้ค่าความสว่างเฉลี่ยตลอดพื้นที่เท่ากับ 209 ลักซ์ ซึ่งต่ำกว่ามาตรฐานความสว่างของ CIE สำหรับโรงซ่อมเครื่องจักรทั่ว ๆ ไป ที่กำหนดไว้ให้ไม่ต่ำกว่า 500 ลักซ์ ดังนั้นสำหรับอาคารนี้ จำเป็นจะต้องใช้แสงสว่างจากหลอดไฟฟ้าช่วยเสริมในบางช่วงของเวลาทำงานปกติ 09.00-17.00 น. เพื่อให้ได้ค่าความสว่างในระดับพื้นที่ทำงานไม่ต่ำกว่า 500 ลักซ์

3.5 อาคารที่มีช่องเปิดรับแสงแบบผสมระหว่าง ช่องเปิดบนหลังคาธรรมดา กับหลังคาลักษณะฟันเลื่อย (Skylight-Sawtooth Roof)

การคำนวณหาค่าความสว่างภายในอาคารประเภทนี้ จะต้องหาค่าความสว่างจากอาคารสองครั้ง โดยครั้งแรกจะใช้วิธีคำนวณสำหรับอาคารที่มีหลังคาธรรมดา และครั้งหลังจะใช้วิธีคำนวณสำหรับอาคารที่มีหลังคาลักษณะฟันเลื่อย โดยทั้งสองครั้งจะต้องคิดค่า R_{av} ตัวเดียวกันแล้วนำค่าความสว่างทั้งสองครั้งมารวมกัน ก็จะได้ค่าความสว่างเฉลี่ยบนระนาบในแนวราบ ที่อยู่สูงจากพื้น 90 ซ.ม.

ตัวอย่างการคำนวณสำหรับอาคารที่มีหลังคาแบบผสมระหว่างหลังคาธรรมดากับหลังคาลักษณะฟันเลื่อย

ตัวอย่างที่ 3.5.1

โรงซ่อมเครื่องจักรแห่งหนึ่ง ตั้งอยู่ในเขตอุตสาหกรรมในกรุงเทพมหานคร มีขนาด 50 เมตร x 100 เมตร x 9 เมตร มีช่องเปิดรับแสงบนหลังคาเป็นแบบผสม ระหว่างหลังคาธรรมดา กับหลังคาลักษณะฟันเลื่อย

ในส่วนของหลังคาธรรมดา มีช่องเปิดขนาด 1.5 เมตร x 3 เมตร ทำด้วยวัสดุโปร่งแสงที่ยอมให้แสงผ่านได้ 60% และมีการสะท้อนแสง 10% จำนวน 100 ช่อง

ในส่วนของหลังคาลักษณะฟันเลื่อย มีช่องเปิดในแนวดิ่งขนาด 1.5 เมตร x 49 เมตร ทำด้วยกระจกฝ้า ที่ยอมให้แสงผ่านได้ 70% และมีการสะท้อนแสง 10% จำนวน 10 ช่อง

การสะท้อนแสงของพื้นผิว ภายในอาคารสำหรับใต้หลังคาและผนัง 50% สำหรับพื้น 20% ถ้าชั่วโมงการใช้งานคิดเป็น 95% ของช่วงเวลา 9.00-17.00 น. ค่าความสว่างเฉลี่ยจะเป็นเท่าไร

การหาค่าความสว่างเมื่อพิจารณากรณีหลังคาธรรมดา

1. $\frac{Ag}{Af} = \frac{1.5 \times 3 \times 100}{50 \times 100} = 0.09$

2. $\frac{Bl}{(Bh-0.9)} = \frac{50}{(9-0.9)} = 6.17$

3. มุมของหลังคาที่ทำกับแนวระดับ = arctan (1.5/10)
   = 8.5°

4. จากรูปผนวกที่ ก.7 ที่มุมศูนย์องศา จะได้ ADF = 6.7%
   จากรูปผนวกที่ ก.8 ที่มุม 15 องศา จะได้ ADF = 6.1%
   ดังนั้นที่มุม 8.5° จะได้ ADF = 6.4%

5. จากตารางผนวกที่ ก.2 จะได้ CF(t) = 0.7
6. จากตารางผนวกที่ ก.4 จะได้ CF(K_m) = 0.55
7. พื้นที่ช่องเปิดของหลังคาธรรมดา = 1.5x3x100 = 450 ตารางเมตร

พื้นที่ช่องเปิดของหลังคาฟันเลื่อย = 1.5x49x10 = 735 ตารางเมตร

พื้นที่ของหลังคา = $\frac{50x100}{\cos 8.5^{o}}$ - 450 = 4606 ตารางเมตร

พื้นที่ของผนัง = 2[(500+100) x 9] = 2700 ตารางเมตร

พื้นที่ของอาคาร = 50 x 100 = 5000 ตารงเมตร

จากสมการที่ 2.4.1 จะได้

$$R_{av} = \frac{[(50x4606)+(50x2700)+(20x5000)+(10x450)+(10x735)]}{(4606+2700+5000+450+735)}$$

= 35.4%

8. จากตารางผนวกที่ ก.3 จะได้ $CF(R_{av})$ = 1.15
9. จากรูปผนวกที่ ก.1 จะได้ E_{ho} = 11400 ลักซ์
10. จากสมการที่ 3.2.1 และ 2.3.1 จะได้

$$E_{hi} = \frac{6.4\% \times 0.7 \times 0.55 \times 1.15 \times 11400}{100} \text{ ลักซ์}$$

= 323 ลักซ์

การหาค่าความสว่าง เมื่อพิจารณากรณีหลังคาลักษณะฟันเลื่อย

1. $\frac{Gh}{Ws} = \frac{1.5}{10} = 0.15$

2. $\frac{Gl}{(Bh-0.9)} = \frac{49}{(9-0.9)} = 6.05$

3. จากรูปผนวกที่ ก.13 จะได้ ADF = 3.8%
4. จากตารางผนวกที่ ก.2 จะได้ CF(t) = 0.8
5. จากตารางผนวกที่ ก.4 จะได้ $CF(K_m)$ = 0.7
6. จากข้อ 7. ในกรณีหลังคาธรรมดา จะได้ $CF(R_{av})$ = 1.15
7. จากสมการที่ 3.2.1 และ 2.3.1 จะได้

$$E_{hi} = \frac{3.8\% \times 0.8 \times 0.7 \times 1.15 \times 11400}{100} \text{ ลักซ์}$$

= 279 ลักซ์

เมื่อพิจารณา ค่าความสว่างกรณีหลังคาผสมระหว่างหลังคาธรรมดา กับหลังคาลักษณะฟันเลื่อย จะได้

$$E_{hi} = 323 + 279$$
$$= 602 \text{ ลักซ์}$$

ผลจากการคำนวณตามวิธีนี้ จะได้ค่าความสว่างเฉลี่ยตลอดพื้นที่เท่ากับ 602 ลักซ์ ซึ่งสูงกว่ามาตรฐานความสว่างของ CIE สำหรับโรงซ่อมเครื่องจักรทั่ว ๆ ไป ที่กำหนดไว้ให้ไม่ต่ำกว่า 500 ลักซ์ แต่จะสังเกตุได้ว่า ถ้าพิจารณาค่าความสว่างสำหรับอาคารที่มีหลังคาธรรมดา หรือหลังคาลักษณะฟันเลื่อยแบบใดแบบหนึ่งแล้ว จะได้ค่าความสว่างเฉลี่ยต่ำกว่ามาตรฐาน ดังนั้นการใช้หลังคาแบบผสมในลักษณะนี้ ทำให้สามารถทำงานในชั่วโมงใช้งานปกติได้ตลอดช่วง โดยไม่ต้องใช้แสงสว่างจากหลอดไฟฟ้าเข้าช่วยเลย

3.6 อาคารที่มีช่องเปิดรับแสงแบบผสมระหว่าง ช่องเปิดบนหลังคาธรรมดากับหลังคาเป็นมอนิเตอร์ (Skylight-Monitor Roof)

การคำนวณหาค่าความสว่างภายในอาคารประเภทนี้ จะต้องหาค่าความสว่างจากอาคารสองครั้ง ในทำนองเดียวกันกับหัวข้อ 3.5 แล้วนำค่าความสว่างทั้งสองครั้งมารวมกัน จะได้ค่าความสว่างเฉลี่ยบนระนาบในแนวราบที่อยู่สูงจากพื้น 90 ซ.ม.

<u>ตัวอย่างการคำนวณสำหรับอาคารที่มีหลังคาแบบผสมระหว่างหลังคาธรรมดา กับหลังคามอนิเตอร์</u>

<u>ตัวอย่างที่ 3.6.1</u>

โรงซ่อมเครื่องจักรแห่งหนึ่ง ตั้งอยู่ในเขตอุตสาหกรรมในกรุงเทพมหานคร มีขนาด 50 เมตร x 100 เมตร x 9 เมตร มีช่องเปิดรับแสงบนหลังคาเป็นแบบผสม ระหว่างหลังคาธรรมดา กับหลังคามอนิเตอร์

ในส่วนของหลังคาธรรมดา มีช่องเปิดขนาด 1.5 เมตร x 3 เมตร ทำด้วยวัสดุโปร่งแสงที่ยอมให้แสงผ่านได้ 60% และมีการสะท้อนแสง 10% จำนวน 14 ช่องต่อ 1 ช่วงหลังคา (ช่วงระยะห่างระหว่างจุดกึ่งกลางมอนิเตอร์)

ในส่วนของหลังคามอนิเตอร์ มีช่องเปิดรับแสงบนหลังคาแบบแฟลตมอนิเตอร์ (Flat Roof Monitor) ขนาด 1.5 เมตร x 49 เมตร ทำด้วยกระจกฝ้าที่ยอมให้แสงผ่านได้ 70% และ

มีการสะท้อนแสง 10% โดยมีความกว้างของมอนิเตอร์ (Mw) เท่ากับ 8 เมตร และระยะห่างระหว่างจุดกึ่งกลางมอนิเตอร์ (Ms) เท่ากับ 20 เมตร และมีส่วนยื่นของชายคาเพื่อบังแสง 25%

การสะท้อนแสงของพื้นผิวภายในอาคาร สำหรับใต้หลังคาและผนัง 50% สำหรับพื้น 20% ถ้าชั่วโมงการใช้งานคิดเป็น 95% ของช่วงเวลา 09.00-17.00 น. ค่าความสว่างเฉลี่ยจะมีค่าเท่าไร

การหาค่าความสว่าง เมื่อพิจารณากรณีหลังคาธรรมดา

1. $\frac{Ag}{Af} = \frac{1.5 \times 3 \times 14 \times 5}{50 \times 100} = 0.063$

2. $\frac{Bl}{Bh-0.9} = \frac{50}{9-0.9} = 6.17$

3. จากรูปผนวกที่ ก.7 ที่มุมศูนย์ของค่า จะได้ ADF = 4.4%
4. จากตารางผนวกที่ ก.2 จะได้ CF(t) = 0.7
5. จากตารางผนวกที่ ก.4 จะได้ CF(K_m) = 0.55
6. พื้นที่ช่องเปิดของหลังคาธรรมดา = 1.5x3x14x5 = 315 ตารางเมตร
   พื้นที่ช่องเปิดของหลังคามอนิเตอร์ = 1.5x49x10 = 735 ตารางเมตร
   พื้นที่ของหลังคา = (50x100) - 315 = 4685 ตารางเมตร
   พื้นที่ของผนัง = 2[(50+100) x 9] = 2700 ตารางเมตร
   พื้นที่ของอาคาร = 50 x 100 = 5000 ตารางเมตร

   จากสมการที่ 2.4.1 จะได้

$$R_{av} = \frac{[(50x4685)+(50x2700)+(20x5000)+(10x315)+(10x735)]}{(4680+2700+5000+315+735)}$$

$$= 35.7\%$$

7. จากตารางผนวกที่ ก.3 จะได้ CF(R_{av}) = 1.16
8. จากรูปผนวกที่ ก.1 จะได้ E_{ho} = 11,400 ลักซ์
9. จากสมการที่ 3.2.1 และ 2.3.1 จะได้

$E_{hi} = 0.045 \times 0.7 \times 0.55 \times 1.16 \times 11400$ ลักซ์

$= 229$ ลักซ์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การหาค่าความสว่าง เมื่อพิจารณากรณีหลังคาเป็นมอนิเตอร์

1. $\frac{Gh}{Ms} = \frac{1.5}{20} = 0.075$

2. $\frac{Bl}{(Bh-0.9)} = \frac{49}{9-0.9} = 6.05$

3. จากรูปผนวกที่ ก.20 จะได้ ADF = 2.8%
4. จากตารางผนวกที่ ก.2 จะได้ CF(t) = 0.8
5. จากตารางผนวกที่ ก.4 จะได้ CF(K_m) = 0.7
6. จากข้อ 6 ในกรณีหลังคาธรรมดาจะได้ CF(Rav) = 1.16
7. จากสมการที่ 3.2.1 และ 2.3.1 จะได้

$E_{hi} = 0.028 \times 0.8 \times 0.7 \times 1.16 \times 11400$ ลักซ์

$= 207$ ลักซ์

เมื่อพิจารณา ค่าความสว่างกรณีหลังคาผสมระหว่างหลังคาธรรมดา กับหลังคามอนิเตอร์ จะได้

$E_{hi} = 229 + 207$ ลักซ์

$= 436$ ลักซ์

ผลจากการคำนวณตามวิธีนี้ จะได้ค่าความสว่างเฉลี่ยตลอดพื้นที่เท่ากับ 436 ลักซ์ ซึ่งต่ำกว่ามาตรฐานความสว่างของ CIE สำหรับโรงซ่อมเครื่องจักรทั่ว ๆ ไป ที่กำหนดไว้ให้ไม่ต่ำกว่า 500 ลักซ์ แต่จะสังเกตุได้ว่าถ้าพิจารณาค่าความสว่างสำหรับอาคารที่มีหลังคาธรรมดา หรือหลังคาเป็นมอนิเตอร์ แบบใดแบบหนึ่งแล้ว จะได้ค่าความสว่างเฉลี่ยต่ำกว่ามาตรฐาน ดังนั้นการใช้หลังคาแบบผสมในลักษณะนี้ ทำให้สามารถทำงานในชั่วโมงใช้งานปกติได้บางช่วง โดยไม่ต้องใช้แสงสว่างจากหลอดไฟฟ้าเข้าช่วยเลย