บทที่ 3

การประเมินคุณภาพการส่องสว่างในเรื่องของแสงจ้าแยงตาและเงา

การออกแบบแสงสว่างในพื้นที่ใดๆ นั้น เมื่อได้ความสว่างตามที่ต้องการแล้ว ปัจจัยแรกที่ควรคำนึงถึงก็คือความสม่ำเสมอของความสว่างทั่วทั้งบริเวณ นอกจากนี้ยังมีอีกส่วนหนึ่งที่จะต้องพิจารณาควบคู่กับการออกแบบไปด้วย คือในเรื่องของแสงจ้าแยงตาและการเกิดเงาจากวัตถุ ซึ่งเป็นสิ่งที่ก่อให้เกิดอุปสรรคในการมองเห็น โดยที่แสงจ้าแยงตาเป็นความรู้สึกที่เกิดจากความส่องสว่างในบริเวณที่มอง มีมากกว่าค่าความส่องสว่างที่ตาสามารถปรับได้ อาจทำให้เกิดความเมื่อยล้าในการใช้สายตา ส่วนในเรื่องของเงานั้นจะมีกระทบผลต่อความสม่ำเสมอของแสงสว่างในพื้นที่ และอาจทำให้การมองเห็นไม่ชัดเจน

3.1 ความสม่ำเสมอ (Uniformity)

การออกแบบแสงสว่างจะไม่สมบูรณ์ถ้าขาดการพิจารณาในเรื่องของความสม่ำเสมอของระดับความสว่างบนพื้นที่คำนวณ โดยค่าความสม่ำเสมอสามารถพิจารณาได้จากอัตราส่วนของค่าความสว่างต่ำสุดต่อค่าความสว่างเฉลี่ยและอัตราส่วนของค่าความสว่างต่ำสุดต่อค่าความสว่างสูงสุด แสดงดังสมการที่ (3.1) และ (3.2)

$$U_0 = \frac{E\,min}{Eav} \tag{3.1}$$

$$U_1 = \frac{E\,min}{E\,max} \tag{3.2}$$

โดยที่ $E\,min$ คือ ค่าความสว่างต่ำสุด (ลักซ์)

$E\,max$ คือ ค่าความสว่างสูงสุด (ลักซ์)

Eav คือ ค่าความสว่างเฉลี่ย (ลักซ์)

3.2 พิกัดแสงจ้าแยงตา (Glare Rating : GR)

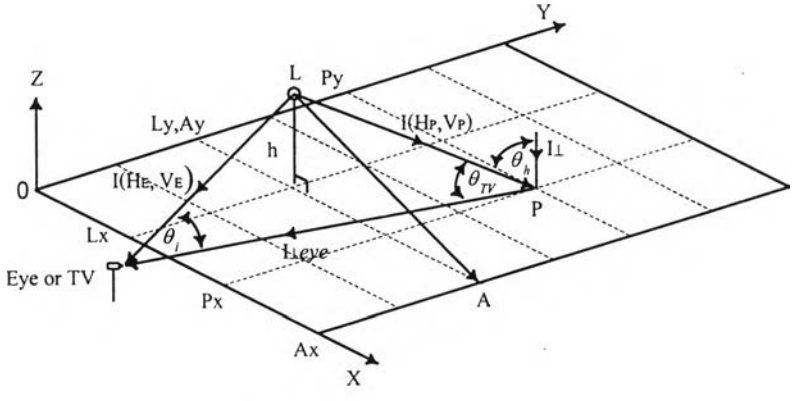
แสงจ้าแยงตา (Glare) หมายถึง แสงที่เข้าตาแล้วทำให้มองเห็นวัตถุได้ยากไม่ชัดเจนหรือมองไม่เห็นเลย การจัดวางโคมให้แสงสว่างโดยทั่วไปต้องการให้มีแสงจ้าแยงตาน้อยที่สุด การเกิดแสงจ้าแยงตาสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ

- **แสงจ้าแยงตาโดยตรง (Direct Glare)** เกิดขึ้นจากแหล่งกำเนิดแสงที่มีความส่องสว่างมาก ซึ่งมาอยู่ในบริเวณแนวมองของผู้สังเกตการณ์
- **แสงจ้าแยงตาที่เกิดจากการสะท้อน (Reflected Glare)** เกิดจากการสะท้อนของแสงจากพื้นผิวของวัตถุมาเข้าตาของผู้มอง เช่น แสงสะท้อนบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ เป็นต้น

แสงจ้าแยงตาโดยตรง แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

- **แสงจ้าพร่านัยน์ตา (Disability Glare)** มีแสงจ้าเข้าตามากจนไม่สามารถมองเห็นวัตถุได้
- **แสงจ้าระคายตา (Discomfort Glare)** เป็นแสงจ้าแยงตาประเภทที่ยังมองเห็นวัตถุได้ แต่เป็นไปด้วยความลำบาก และไม่สบายตาเพราะมีแสงแยงตา

การคำนวณหาปริมาณแสงจ้าแยงตาจากการให้แสงภายนอกอาคารพิจารณาได้จากรูปที่ 3-1 ซึ่งเป็นการจำลองแสงจ้าแยงตาจากโคม 1 ดวง และแสงจ้าแยงตาที่เกิดขึ้นนี้มาจาก 2 องค์ประกอบ คือ แสงที่มีทิศทางพุ่งออกจากดวงโคมเข้าสู่ตาผู้สังเกตการณ์โดยตรง อีกส่วนหนึ่งเป็นแสงที่ตกกระทบจุดใดๆ บนพื้นที่คำนวณแล้วสะท้อนเข้าสู่ตาผู้สังเกตการณ์



รูปที่ 3-1 การคำนวณแสงจ้าแยงตา

$$GR = 27 + 24\log\left[\frac{Lvl}{(Lve)^{0.9}}\right] \tag{3.3}$$

$$Lvl = 10 \times \sum\left\{\frac{Eeye,i}{\theta_i^2}\right\} \tag{3.4}$$

$$\cos\theta_i = \frac{LE^2 + EP^2 - LP^2}{2 \times LE \times EP} \tag{3.5}$$

$$Eeye,i = \frac{I(H_E, V_E)}{LE^2} \times \cos\theta_i \tag{3.6}$$

$$Lve = 0.035 \times Eh,ave \times \frac{\rho}{\pi} \tag{3.7}$$

$$Eh,ave = \frac{\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} Ehi,j}{mn} \tag{3.8}$$

โดยที่ Lvl คือ ความส่องสว่างซึ่งเกิดจากแสงจากโคมส่องมาที่ดวงตา

$Eeye,i$ คือ ความสว่างจากโคมดวงที่ i ที่แก้วตาบนระนาบที่ตั้งฉากกับแนวมอง (ลักซ์)

θ_i คือ มุมระหว่างแนวมองกับแนวแสงตกกระทบแก้วตา โดยมุม θ_i มีค่าอยู่ระหว่าง 1.5° กับ 60° (องศา)

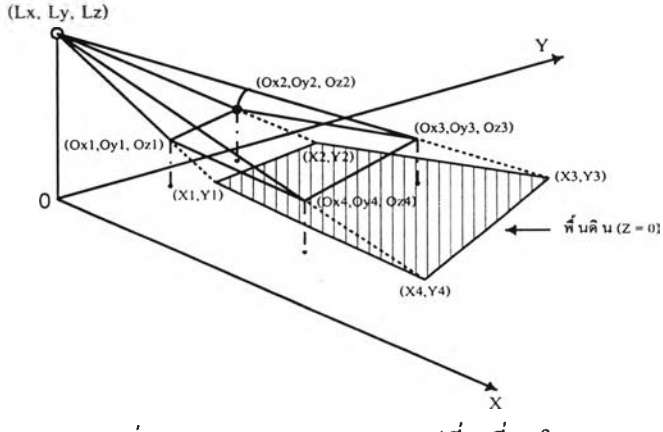
Lve คือ ความส่องสว่างซึ่งเกิดจากสิ่งแวดล้อม (สะท้อนจากพื้นสนาม)

ρ คือ ค่าตัวประกอบการสะท้อนแสงของพื้นสนาม

3.3 การคำนวณเงาที่เกิดจากวัตถุ (Shadow)

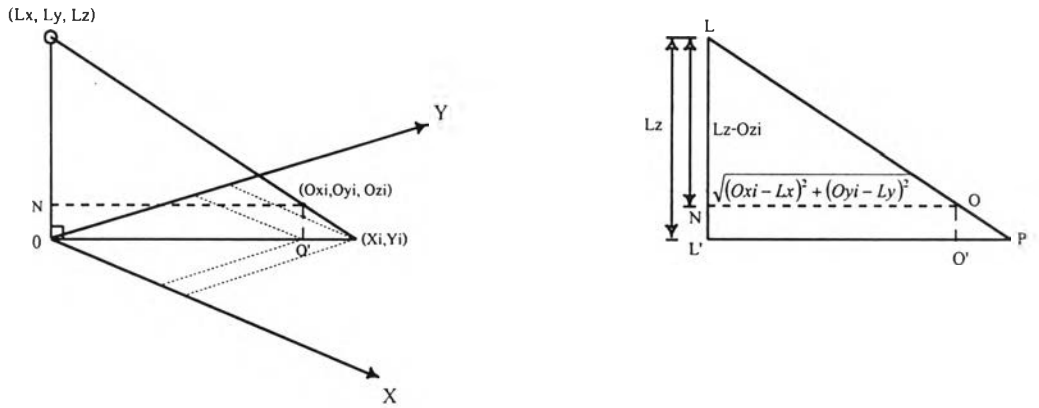
โดยธรรมชาติของเงาแล้วเงาเกิดขึ้นจากการที่มีวัตถุมาบดบังแนวของลำแสงจากแหล่งกำเนิดแสง ซึ่งอาจจะมีลักษณะผิดเพี้ยนจากรูปทรงของวัตถุไปบ้างขึ้นอยู่กับระยะห่างของแหล่งกำเนิดแสงกับตำแหน่งของวัตถุ โดยการคำนวณหาตำแหน่งที่เกิดเงานั้นจะมีประโยชน์มากในการออกแบบติดตั้งดวงโคมในสถานที่ต่างๆ

3.3.1 การคำนวณหาลักษณะเงาของวัตถุที่กระทำกับพื้น



รูปที่ 3-2 การเกิดเงาของวัตถุรูปสี่เหลี่ยมใดๆ

พิจารณารูปที่ 3-2 เป็นการจำลองวัตถุขึ้นมารูปหนึ่ง มีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมด้านไม่เท่า แล้วทำการคำนวณหาเงาของวัตถุที่กระทำกับพื้นโดยมีวิธีคำนวณดังนี้ ในรูปที่ 3-3 นี้จะพิจารณาวัตถุที่จุดๆ เดียวก่อน



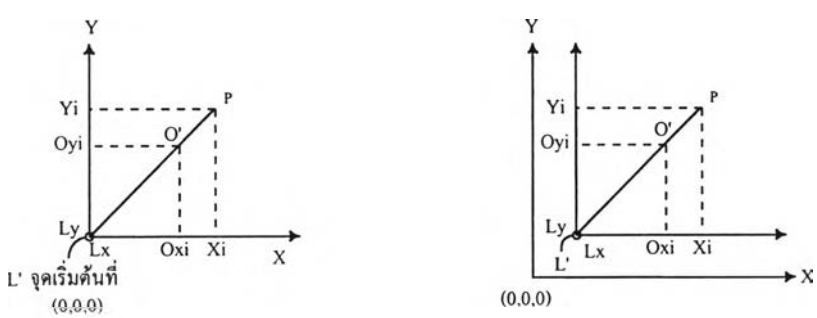
(ก) (ข)

รูปที่ 3-3 (ก) และ (ข) การคำนวณหาจุดที่ตกลงบนพื้นโดยพิจารณาวัตถุที่จุดๆเดียว

พิจารณา ΔLNO และ ΔLL′P จะสามารถหาระยะ L′P ได้จากกฎของสามเหลี่ยมคล้าย

$$\frac{L'P}{LL'} = \frac{\sqrt{(Oxi-Lx)^2+(Oyi-Ly)^2}}{Lz-Ozi} \tag{3.9}$$

$$\therefore \quad L'P = \frac{\sqrt{(Oxi-Lx)^2+(Oyi-Ly)^2}\times Lz}{Lz-Ozi} \tag{3.10}$$



(ก) (ข)

รูปที่ 3-4 (ก) และ (ข) มุมมองด้านบน (Top view) ของรูปที่ 3-3

จากรูปที่ 3-4 (ก) ใช้กฎของสามเหลี่ยมคล้ายคำนวณหาระยะ Xi และ Yi ของจุด P ได้ดังนี้

$$\frac{Xi}{L'P} = \frac{Oxi}{L'O'} = \frac{Oxi}{\sqrt{(Oxi - Lx)^2 + (Oyi - Ly)^2}} \tag{3.11}$$

แทนค่าสมการที่ (3.10) ลงในสมการที่ (3.11)

$$\therefore \quad Xi = \frac{Oxi \times L'P}{\sqrt{(Oxi - Lx)^2 + (Oyi - Ly)^2}} = \frac{Oxi \times Lz}{Lz - Ozi} \tag{3.12}$$

$$\frac{Yi}{L'P} = \frac{Oyi}{L'O'} = \frac{Oyi}{\sqrt{(Oxi - Lx)^2 + (Oyi - Ly)^2}} \tag{3.13}$$

แทนค่าสมการที่ (3.10) ลงในสมการที่ (3.13)

$$\therefore \quad Yi = \frac{Oyi \times L'P}{\sqrt{(Oxi - Lx)^2 + (Oyi - Ly)^2}} = \frac{Oyi \times Lz}{Lz - Ozi} \tag{3.14}$$

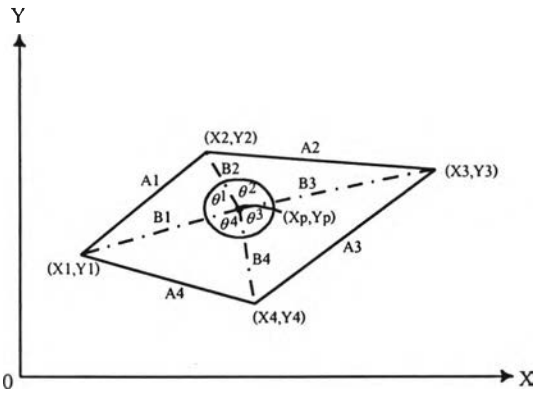
ถ้ามีการเลื่อนตำแหน่งของดวงโคมดังรูปที่ 3-4 (ข) จะได้สมการดังนี้

$$Xi = Lx + \frac{(Oxi - Lx) \times Lz}{Lz - Ozi} \tag{3.15}$$

$$Yi = Ly + \frac{(Oyi - Ly) \times Lz}{Lz - Ozi} \tag{3.16}$$

3.3.2 การตรวจสอบตำแหน่งของจุดที่อยู่ภายในบริเวณที่เกิดเงา

การคำนวณความสว่างของพื้นที่หนึ่งๆ นั้น บางครั้งเมื่อมีเงาตกลงบนพื้นผิวที่ต้องการคำนวณ ความสว่างในบริเวณที่เกิดจากดวงโคมที่กำลังพิจารณานั้นจะมีค่าน้อยมากซึ่งอาจประมาณให้เป็นศูนย์ได้ การคำนวณหาจุดที่อยู่ในบริเวณที่เกิดเงาจะพิจารณาได้จากรูปที่ 3-5 พื้นที่สี่เหลี่ยมในรูปนี้เป็นรูปร่างของเงาที่ตกลงบนพื้นและสมมุติจุด P ใดๆ ให้อยู่ในพื้นที่นี้



รูปที่ 3-5 การตรวจสอบตำแหน่งของจุดที่อยู่ภายใน
บริเวณที่เกิดเงาเป็นรูปสี่เหลี่ยม

โดยพิจารณาว่าถ้ามุม θ ทั้ง 4 มุมในรูปรวมกันแล้วมีค่าประมาณ 360 องศา ก็แสดงว่าจุดนั้นอยู่ในบริเวณที่เกิดเงา ซึ่งมีขั้นตอนในการคำนวณดังนี้

- คำนวณหาขนาดของด้าน $A_1, A_2, A_3, A_4, B_1, B_2, B_3, B_4$

$$A_1^2 = (X1 - X2)^2 + (Y1 - Y2)^2$$

$$A_2^2 = (X2 - X3)^2 + (Y2 - Y3)^2$$

$$A_3^2 = (X3 - X4)^2 + (Y3 - Y4)^2$$

$$A_4^2 = (X4 - X1)^2 + (Y4 - Y1)^2$$

$$B_1^2 = (X1 - Xp)^2 + (Y1 - Yp)^2$$

$$B_2^2 = (X2 - Xp)^2 + (Y2 - Yp)^2$$

$$B_3^2 = (X3 - Xp)^2 + (Y3 - Yp)^2$$

$$B_4^2 = (X4 - Xp)^2 + (Y4 - Yp)^2$$

- คำนวณมุม $\theta 1, \theta 2, \theta 3, \theta 4$

$$\theta 1 = \cos^{-1}\left[\frac{\left(B_1^2 + B_2^2 - A_1^2\right)}{2 \times B_1 \times B_2}\right]$$

$$\theta 2 = \cos^{-1}\left[\frac{\left(B_2^2 + B_3^2 - A_2^2\right)}{2 \times B_2 \times B_3}\right]$$

$$\theta 3 = \cos^{-1}\left[\frac{\left(B_3^2 + B_4^2 - A_3^2\right)}{2 \times B_3 \times B_4}\right]$$

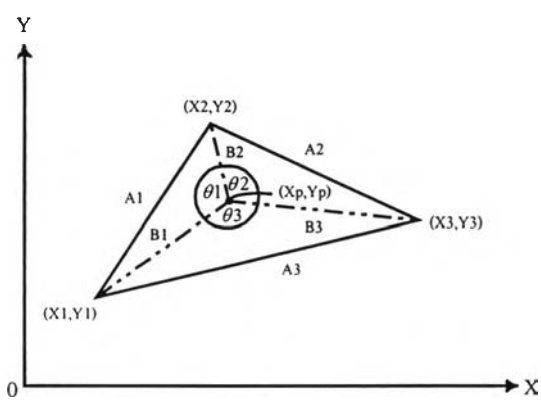
$$\theta 4 = \cos^{-1}\left[\frac{\left(B_4^2 + B_1^2 - A_4^2\right)}{2 \times B_4 \times B_1}\right]$$

- รวมมุม θ ทั้ง 4 มุม แล้วพิจารณาว่ามีค่าประมาณ 360 องศา หรือไม่

$$\theta_{Total} = \theta 1 + \theta 2 + \theta 3 + \theta 4$$

$$359.5^\circ \leq \theta_{Total} \leq 360.5^\circ$$

ถ้าจุด P อยู่ในพื้นที่ที่เกิดเงาจากโคมดวงนั้นๆ ก็ไม่ต้องคำนวณความสว่างที่จุด P ที่เกิดจากโคมดวงนั้น



รูปที่ 3-6 การตรวจสอบตำแหน่งของจุดที่อยู่ภายใน
บริเวณที่เกิดเงาเป็นรูปสามเหลี่ยม

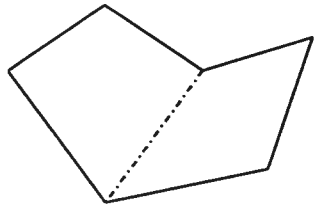
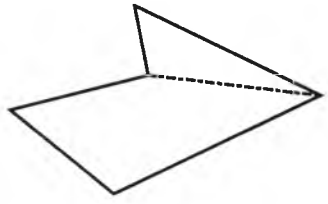
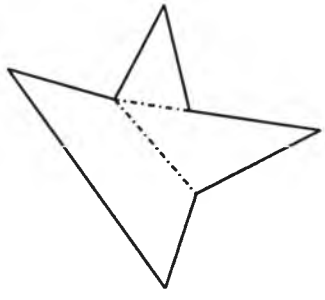
ในกรณีที่เงาของวัตถุมีลักษณะเป็นรูปสามเหลี่ยม ก็จะตรวจสอบเหมือนกับรูปสี่เหลี่ยม โดยใช้เงื่อนไข

$$\theta_{Total} = \theta 1 + \theta 2 + \theta 3$$

$$359.5^\circ \leq \theta_{Total} \leq 360.5^\circ$$

เหตุผลที่ใช้เงื่อนไขในการตรวจสอบจุดใดๆ ที่อยู่ในพื้นที่ที่เกิดเงาเป็นรูปสามเหลี่ยม และสี่เหลี่ยมนั้น เพื่อให้สามารถประยุกต์ใช้งานกับวัตถุที่จะไปบังแสงทำให้เกิดเงารูปร่างอย่างใดก็ได้ ดังตารางที่ 3-1

ตารางที่ 3-1 รูปภาพแสดงการประยุกต์ใช้งานกับวัตถุที่มีรูปร่างต่างๆ

รูปภาพของวัตถุ	วิธีการพิจารณา
	จะแบ่งออกเป็นสี่เหลี่ยม 2 ชิ้น
	จะแบ่งออกเป็นสี่เหลี่ยมและ สามเหลี่ยมอย่างละ 1 ชิ้น
	จะแบ่งออกเป็นสี่เหลี่ยม 1 ชิ้น และสามเหลี่ยม 2 ชิ้น