บทที่ 2

การออกแบบไฟแสงสว่างของถนน

การออกแบบด้านแสงสว่างของไฟถนนในปัจจุบันส่วนใหญ่เป็นที่ยอมรับกันแล้วว่า การออกแบบไฟถนนโดยใช้ค่าความส่องสว่างของผิวถนนและค่าแกลร์จะเป็นการออกแบบไฟถนนซึ่งคิดถึงปริมาณแสงที่เข้าสู่ตาผู้ขับขี่ยวดยาน ซึ่งเป็นผลโดยตรงในการมองเห็นวัตถุ หรือคนเดินถนน แต่ถ้าออกแบบไฟถนนโดยคิดค่าความสว่างบนผิวถนนแล้ว จะเป็นเพียงการประมาณค่าปริมาณแสงที่เข้าสู่ตาผู้ขับขี่ยวดยานบนถนนเท่านั้น

ดังนั้นในบทนี้จะกล่าวถึงข้อมูลที่ควรทราบซึ่งใช้ในการออกแบบไฟถนน และค่าทางแสงสว่างไฟถนนโดยพิจารณาถึงค่าความส่องสว่าง, ความสม่ำเสมอของค่าความส่องสว่าง และแกลร์ตามมาตรฐานของ CIE.

2.1 ศัพท์เฉพาะทางด้านแสงสว่าง

2.1.1. มุมเชิงของแข็ง (Solid Angle) เขียนย่อด้วย ω หรือ Ω คืออัตราส่วนของพื้นที่บนผิวทรงกลม (A_s) ต่อรัศมีของทรงกลม (r) ยกกำลังสอง

$$\text{หรือ} \quad \Omega = \frac{A_s}{r^2}$$

2.1.2. ฟลักซ์การส่องสว่าง (Luminous Flux) เขียนย่อด้วย Φ เป็นพลังงานแสงสว่างที่แผ่ออกต่อวินาทีของแหล่งกำเนิดแสงสว่าง สามารถหาได้ดังนี้

ก. คำนวณจากการกระจายความเข้มแห่งการส่องสว่าง

$$\Phi = \Sigma I_{\Delta\Omega} . \Delta\Omega$$

ข. หาได้โดยตรงจากการวัดด้วย Integrating Photometer

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หน่วยของ Φ เป็น ลูเมน (lm)

2.1.3. ความเข้มแห่งการส่องสว่าง (Luminous Intensity) เขียนย่อด้วย I คือ ความหนาแน่นของฟลักซ์การส่องสว่างจากแหล่งกำเนิดแสงในทิศทางใด ๆ ต่อหน่วยมุมตัน

$$I = \frac{d\Phi}{d\Omega}$$

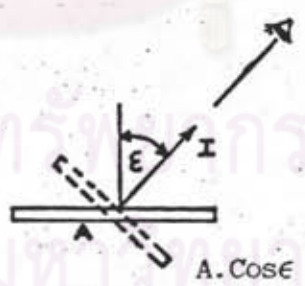
หน่วยของ I เป็นแคนเดล่า (Cd)

2.1.4. ความสว่าง (Illuminance) เขียนย่อด้วย E หมายถึง ฟลักซ์ การส่องสว่างที่ตกกระทบส่วนย่อยหนึ่งของพื้นผิวแห่งหนึ่งหารด้วยพื้นที่ของ ส่วนย่อยนั้น

$$E = \frac{d\Phi}{dA}$$

หน่วยของ E เป็น lux(lx)

2.1.5. ความส่องสว่าง (Luminance) เขียนย่อด้วย L หมายถึง ความเข้มแห่งการส่องสว่างในทิศทางที่มองของพื้นที่ย่อยนั้น หารด้วยพื้นที่ของส่วนย่อยนั้นในทิศทางตั้งฉากกับทิศทางที่มอง ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 แสดงการหาค่าความส่องสว่าง

$$L = \frac{I}{A.\cos\epsilon}$$

ค่าความส่องสว่างอาจหาได้อีกแบบหนึ่งคือ ผลคูณของค่าสัมประสิทธิ์ความส่องสว่าง (Coefficient of Luminance,q) ในทิศทางที่มองกับค่าความสว่างของพื้นผิวนั้น

$$L = q.E$$

หน่วยของ L เป็น แคนเดล่าต่อตารางเมตร (Cd/m^2)

2.2 ค่าทางแสงสว่างของไฟถนน

ในการขับขี่ยวดยานบนถนนที่มีการติดตั้งไฟถนนเวลากลางคืนนั้น แสงที่เข้าตาผู้ขับขี่ยวดยานจะมาจากแสงของโคมไฟ และแสงที่สะท้อนจากผิวถนน ถ้าปริมาณแสงที่เข้าตามากขึ้นจะทำให้ประสาทตามีความรู้สึกมากขึ้น สำหรับความสว่างบนผิวถนนนั้น เป็นแต่เพียงค่าที่บ่งบอกถึงปริมาณแสงที่ตกลงบนหนึ่งหน่วยพื้นที่ของผิวถนนเท่านั้น ไม่สามารถระบุถึงปริมาณแสงที่เข้าตาผู้มองแต่อย่างใด หรืออีกนัยหนึ่งไม่สามารถระบุว่าผิวถนนมีความส่องสว่าง (Brightness) เท่าใด ดังนั้นความส่องสว่างของผิวถนนเท่านั้นไม่ใช่ความสว่างบนผิวถนน ที่เป็นค่าที่สามารถระบุถึงสภาพการมองเห็น และสภาพการมองเห็นนั้นเห็นแล้วสบายตาหรือไม่ ขณะที่ผู้ขับขี่ยวดยานมองออกไปข้างหน้าบนท้องถนน ดังนั้นจะกล่าวถึงค่าทางแสงสว่างของไฟถนนที่ควรทราบในการออกแบบดังต่อไปนี้

2.2.1. Luminance Contrast (C)

Luminance Contrast หมายถึง ความแตกต่างของค่าความส่องสว่างระหว่างวัตถุกับบริเวณที่มอง ซึ่งเขียนเป็นความสัมพันธ์ได้ว่า

$$C = \frac{L_o - L_b}{L_b} \qquad (2.1)$$

เมื่อ C เป็น Luminance Contrast ไม่มีหน่วย

L_o เป็น ความส่องสว่างของวัตถุ มีหน่วย Cd/m^2

L_b เป็น ความส่องสว่างของบริเวณที่มอง มีหน่วย Cd/m^2

เมื่อวัตถุมืดกว่าบริเวณที่มอง จะทำให้เห็นวัตถุเป็นเงาดำ ซึ่งค่า C จะเป็นลบ แต่เมื่อ

วัตถุสว่างกว่าบริเวณที่มองค่า C จะเป็นบวก และโดยทั่วไปสำหรับกรณีของการสังเกตเห็นวัตถุบนถนน ขณะขับขี่ยวดยานนั้นค่า C จะเป็นลบ คือวัตถุมีความส่องสว่างต่ำกว่าความส่องสว่างของบริเวณที่มองโดยรอบ

2.2.2. ความส่องสว่างเฉลี่ยของถนน (Average Luminance, L_{av})

ความส่องสว่างเฉลี่ยของถนน หมายถึง ค่าเฉลี่ยของความส่องสว่างของถนนในบริเวณที่มอง ถ้าระดับความส่องสว่างเฉลี่ยของผิวถนนที่มีค่าสูงขึ้นจะทำให้การมองเห็นดีขึ้น

2.2.3. ความสม่ำเสมอทั้งหมด (Overall Uniformity, U_o)

ความสม่ำเสมอทั้งหมด หมายถึง อัตราส่วนของความส่องสว่างต่ำสุดต่อความส่องสว่างเฉลี่ยของบริเวณที่มอง

$$U_o = \frac{L_{min}}{L_{av}} \qquad (2.2)$$

ถ้าหากการออกแบบไฟถนนใดแล้วมีค่า ความสม่ำเสมอทั้งหมดต่ำ นั่นหมายความว่าเมื่อวัตถุอยู่ในบริเวณที่มีค่าความส่องสว่างต่ำ การสังเกตเห็นวัตถุบนผิวถนนนั้นจะเป็นไปได้ยากเพราะมีค่า Luminance Contrast ต่ำ

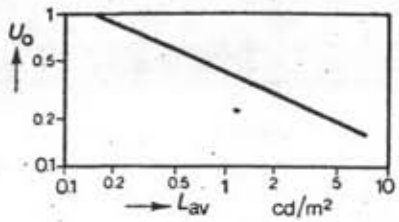
จากการทดลองให้ผู้ขับขี่ยวดยานสังเกตวัตถุสี่เหลี่ยมลูกบาศก์ขนาด 20 เซนติเมตร ที่วางไว้บนถนนตรงจุดที่มีความส่องสว่างของผิวถนนต่ำที่สุด และให้วัตถุดังกล่าวนี้มี Luminance Contrast = 0.25 เมื่อผู้ขับขี่ยวดยานอยู่ห่างจากวัตถุเป็นระยะทาง 60 ถึง 100 เมตร จากรูปที่ 2.2 จะได้ความสัมพันธ์ระหว่างค่า Overall Uniformity (U_o) กับความส่องสว่างเฉลี่ยของผิวถนน (L_{av}) ที่ทำให้ผู้ขับขี่ยวดยานสามารถสังเกตเห็นวัตถุถึง 75 เปอร์เซนต์ ซึ่งจากรูปที่ 2.2 จะได้ว่า

เมื่อ $U_o = 0.4$,ค่า $L_{av} = 1.5$ Cd/m^2

แต่เมื่อค่า U_o ลดลงครึ่งหนึ่ง คือ

$U_o = 0.2$,ค่า $L_{av} = 5$ Cd/m^2

จะเห็นว่า L_{av} จะต้องเพิ่มขึ้นถึง 3.5 - 4 เท่า จึงจะทำให้การสังเกตเห็นวัตถุมีผลเท่าเดิม



รูปที่ 2.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความสม่ำเสมอทั้งหมด (U_o) กับความส่องสว่างเฉลี่ยของผิวถนน (L_{av}) เพื่อให้การสังเกตเห็นวัตถุสี่เหลี่ยมลูกบาศก์ขนาด 20 เซ็นติเมตร ได้ 75 เปอร์เซนต์ เมื่อวางวัตถุไว้ที่จุดมืดที่สุดของผิวถนน

2.2.4. ความสม่ำเสมอในแนวยาวของถนน (Longitudinal Uniformity, U_l)

ความสม่ำเสมอในแนวยาวของถนนของช่องวิ่งตามแนวถนนก็เป็นอีกลักษณะหนึ่งที่ทำให้ผู้ขับขี่ยวดยานมีความสบายตาในขณะขับขี่ยวดยานไปตามถนน เพราะหากมีค่าความสม่ำเสมอตามแนวยาวต่ำ คือมีความส่องสว่างของผิวถนนน้อยและมากสลับกันไป ก็จะทำให้คล้ายกับเรามองดูตัวม้าลายวิ่งผ่านหน้าไป ซึ่งอาจเกิดอาการตาลายและก่อให้เกิดอุบัติเหตุตามมาก็ได้

ค่าความสม่ำเสมอในแนวยาวของถนนเป็นอัตราส่วนของความส่องสว่างต่ำสุดต่อความส่องสว่างสูงสุดในช่องวิ่งของถนนที่พิจารณา จะได้

$$\text{จะได้} \quad U_l = \frac{L_{min}}{L_{max}} \tag{2.3}$$

ซึ่งค่า U_l ยิ่งมีค่ามากจะทำให้การมองเห็นยิ่งสบายตามากขึ้น ค่า U_l จะเริ่มพอใช้ได้ที่ค่าเท่ากับ 0.5

2.2.5. Disability Glare

ในการมองวัตถุใดให้ได้ความชัดเจน หมายความว่าภาพของวัตถุนั้นจะต้องตกลงบนเรตินาภายในดวงตา แต่หากมีแสงที่อยู่ข้างเคียงกับวัตถุที่มองนั้นส่องเข้าสู่ดวงตา จะทำให้เสมือนมีม่านบาง ๆ กั้น ภาพที่มองนั้นไว้ก่อนถึงเรตินา เป็นผลให้ภาพที่มองวัตถุไม่ชัดเจน ซึ่งลักษณะเช่นนี้เรียกว่า การเกิด Disability Glare

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ม่านของแสงสว่างดังกล่าวอาจเขียนเป็นสมการได้ดังนี้คือ

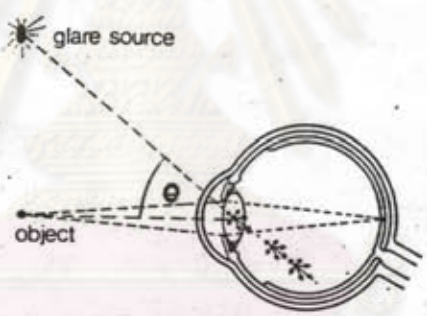
$$L_v = \frac{10.E_{eye}}{\theta^2} \qquad (2.4)$$

เมื่อ L_v เป็นค่าของม่านความส่องสว่างมีหน่วยเป็น Cd/m^2

E_{eye} เป็นค่าความสว่างที่ตา เนื่องจากต้นกำเนิดแสงที่ทำให้เกิด Disability Glare ในทิศทางตั้งฉากกับทิศทางการมองมีหน่วยเป็น lx

θ เป็นมุมระหว่างทิศทางที่มองและต้นกำเนิดแสงที่ทำให้เกิด Disability Glare มีหน่วยเป็นองศา

ซึ่งลักษณะการเกิด Disability Glare ได้แสดงไว้ดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 แสดงการมองวัตถุแล้วมีแสงเข้าตาทำให้เกิดแกลร์

สำหรับค่า θ นั้น ส่วนมากจะมีค่าอยู่ระหว่างมุม 1.5 ถึง 60 องศาและค่า 10 ในสมการเป็นค่าคงที่ มีหน่วยเป็น องศา^2/สเตอเรเดียน ซึ่งจะขึ้นอยู่กับอายุของผู้มอง โดยมีค่าเป็น 10 เมื่อผู้มองมีอายุระหว่าง 20 ถึง 30 ปี และจะมีค่าเพิ่มขึ้น 0.2 องศา^2/สเตอเรเดียน ต่อปีอายุผู้มองที่เพิ่มขึ้น

หากมีแหล่งกำเนิดแสงที่ทำให้เกิด Disability Glare หลายๆ อัน (n แหล่งกำเนิดแสง) ค่าม่านของความส่องสว่างทั้งหมดก็คือผลรวมของค่าม่านความส่องสว่าง เนื่องจากแหล่งกำเนิดแสงแต่ละอันนั่นเอง

$$L_v = \sum_{i=1}^{n} L_{vi} \qquad (2.5)$$

ดังนั้นเมื่อมองวัตถุใดแล้วมีแสงที่ทำให้เกิด Disability Glare หากต้องการมองเห็นวัตถุให้ชัดเจนเสมือนเมื่อยังไม่มีแสงจากต้นกำเนิด Disability Glare ก็จะต้องเพิ่มค่า Luminance Contrast ของวัตถุนั้นขึ้นอีก ส่วนที่ต้องเพิ่มขึ้นเรียกว่า Threshold Increment (เขียนย่อว่า TI)

CIE. ได้กำหนดค่า TI โดยประมาณเมื่อค่าความส่องสว่างเฉลี่ยของผิวถนนอยู่ในช่วง 0.05 ถึง 5 Cd/m^2 ดังนี้

$$TI = \frac{65.L_v}{(L_{av})^{0.8}} \qquad (2.6)$$

เมื่อ TI เป็นค่า Threshold Increment มีหน่วยเป็นเปอร์เซนต์

L_v เป็นค่าของม่านความส่องสว่างเมื่อมองขนานกับแนวถนนและมุมของการมองลงที่ผิวถนนเท่ากับ 1 องศา

L_{av} เป็นค่าความส่องสว่างเฉลี่ยของผิวถนน

2.2.6. Discomfort glare

แสงไฟจากโคมไฟที่เข้าตาผู้ขับขี่ยวดยานไปบนถนน นอกจากจะทำให้ความสามารถในการสังเกตเห็นวัตถุลดลงแล้ว ยังทำให้เกิดความไม่สบายตาอีกด้วย ค่า Discomfort Glare ที่ทำให้เกิดความไม่สบายตานี้ จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของหลอดไฟ โคมไฟ และการติดตั้งโคมไฟ ตัวแปรที่ทำให้ค่า Discomfort Glare เปลี่ยนแปลงไปแบ่งเป็นข้อ ๆ ดังต่อไปนี้

ก. ลักษณะหลอดไฟและโคมไฟ

I_{80} เป็นความเข้มแห่งการส่องสว่างที่มุม 80 องศา กับแนวดิ่งลงและขนานกับแนวถนน

I_{80}/I_{88} เป็นอัตราส่วนความเข้มแห่งการส่องสว่างที่มุม 80 และ 88 องศา กับแนวดิ่งลงและขนานกับแนวถนน

F เป็นพื้นที่การส่องสว่างเมื่อมองที่มุม 76 องศา กับแนวดิ่งลงมีหน่วยเป็นตารางเมตร

C เป็น Colour Constant ของหลอดไฟซึ่งขึ้นอยู่กับ Spectral Distribution ของแสงจากหลอดไฟ

ข. ลักษณะการติดตั้งโคมไฟ

L_{av} เป็นค่าความส่องสว่างเฉลี่ยของผิวถนน

h' เป็นความสูงจากระดับสายตาซึ่งสูงจากพื้น 1.5 เมตรจนถึงระดับโคมไฟ มีหน่วยเป็นเมตร

P เป็นจำนวนโคมไฟต่อความยาวของถนน 1 กิโลเมตร

จากลักษณะในข้อ ก. และ ข. นี้ CIE. ได้กำหนดเป็นสมการ เพื่อหาค่า Discomfort Glare หรือเรียกว่า Discomfort Glare Control Mark (G) ได้ดังนี้

$$G = 13.84 - 3.31 \log(I_{so}) + 1.3 \log(I_{so}/I_{ss})^{0.5} - 0.08 \log(I_{so}/I_{ss}) + 1.29 \log(F) + C + 0.97 \log(L_{av}) + 4.41 \log(h') - 1.46 \log(P) \quad (2.7)$$

หรือ

$$G = SLI + C + 0.97 \log(L_{av}) + 4.41 \log(h') - 1.46 \log(P) \quad (2.8)$$

เมื่อ SLI = Specific Lantern Index

ซึ่งสมการนี้จะใช้ได้ต่อเมื่อ

$50 < I_{so} < 7000$ (Cd) $5 < h' < 20$ (m)

$1 < I_{so}/I_{ss} < 50$ $20 < P < 100$

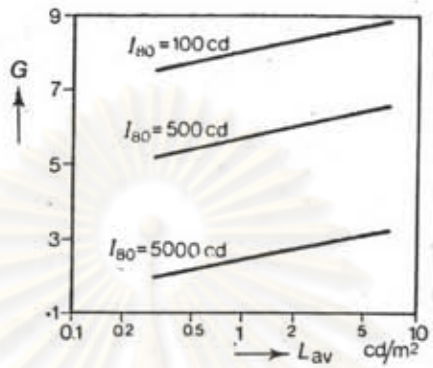
$0.007 < F < 0.4$ (m^2) luminaire rows = 1 หรือ 2

$0.3 < L_{av} < 7$ (Cd/m^2)

จากการสังเกตไฟถนนจะได้ว่าถ้าค่า G ยิ่งมากขึ้น ทำให้ผู้สังเกตยิ่งมีความสบายตา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

มากยิ่งขึ้น ดังรูปที่ 2.4 เป็นรูปแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า L_{av} และค่า G เมื่อการติดตั้งไฟถนนแบบ Single Sided โดยมีค่า I_{80} ต่างๆ กัน ค่า h' = 7.5 m, P = 33, F = 0.07 m^2 และ I_{80}/I_{88} = 1.75



รูปที่ 2.4 แสดงค่า Discomfort Glare Control Mark (G) กับความส่องสว่างเฉลี่ย (L_{av}) ของผิวถนน

ในการทดลองของ CIE. เกี่ยวกับการกำหนดค่า G นั้นได้ให้คนจำนวนมากนั่งรถที่ขับไปตามถนนในสภาพการติดตั้งไฟถนนต่าง ๆ กัน แล้วสอบถามถึงความพึงพอใจและความสบายตาในการมองผิวถนนแล้วสรุปผลออกมาว่า

ถ้า G = 1 หมายถึง มีแกลร์ระดับที่ทนไม่ได้
G = 3 หมายถึง มีแกลร์ระดับรบกวนตา
G = 5 หมายถึง มีแกลร์ระดับที่พอรับได้
G = 7 หมายถึง มีแกลร์ระดับที่น่าพอใจ
G = 9 หมายถึง ไม่รู้สึกว่ามีแกลร์เลย

ส่วนค่า G ที่เป็นเลขคู่หมายถึงความรู้สึกที่อยู่ระหว่างค่า G ที่เป็นเลขคี่นั้น ๆ และเป็นที่สังเกตว่าการคำนวณค่า G นั้นไม่ขึ้นอยู่กับความสม่ำเสมอของความส่องสว่าง ความกว้างของถนน หรือแบบการติดตั้งโคมไฟเลย

2.3 ชนิดของถนนและการกำหนดค่าทางแสงสว่างของไฟถนน

จากสภาพการมองเห็นวัตถุบนถนน ขณะขับขี่ยวดยานไปบนถนนที่ติดตั้งไฟถนนซึ่งได้ศึกษามาแล้วนั้น ทำให้รู้ว่าการติดตั้งไฟถนนแต่ละแห่ง จะต้องพิจารณาถึงสภาพการจราจรของถนนแห่งนั้น ๆ คือ การจราจรคับคั่งหรือไม่ และยวดยานขับด้วยความเร็วหรือไม่อย่างไรดังนี้เป็นต้น ซึ่งจากเหตุผลดังกล่าวนี้ CIE. จึงได้พิจารณาแบ่งประเภทของถนนออกเป็น 5 ประเภท ดังตารางที่ 2.1

จากตารางที่ 2.1 ทำให้รู้ประเภทของถนน ความคับคั่งของการจราจร และความเร็วในการขับขี่ยวดยานบนถนน CIE. จึงได้ให้คำแนะนำในการกำหนดค่าทางแสงสว่างในการติดตั้งไฟถนน ดังตารางที่ 2.2 ซึ่งพอสรุปได้ดังนี้

ค่า L_{av} ควรอยู่ระหว่าง 0.5 ถึง 100 Cd/m^2 ทั้งนี้เพื่อให้มีความส่องสว่างพอที่จะสังเกตเห็นวัตถุและคนเดินถนน ซึ่งขึ้นอยู่กับประเภทของถนนโดยที่ค่า L_{av} เป็นค่าต่ำสุด ก็เพื่อผลทางเศรษฐกิจ

ค่า U_o ต่ำสุดเท่ากับ 0.4 ทั้งนี้เพื่อให้การสังเกตเห็นวัตถุบนถนนดีพอ เพราะถ้าหากค่า U_o ลดลงอีก จะทำให้ต้องเพิ่มค่า L_{av} ขึ้นจึงจะทำให้การสังเกตเห็นวัตถุได้ดีดังเดิม เช่น ค่า U_o ลดลงจาก 0.4 เป็น 0.2 จะต้องเพิ่มค่า L_{av} ขึ้นถึงประมาณ 3.5 ถึง 4 เท่าจากเดิมจึงจะทำให้การสังเกตเห็นวัตถุบนถนนดีดังเดิม

ค่า U_1 จะต้องมีค่าไม่น้อยกว่า 0.5 จึงจะเริ่มทำให้ไฟถนนมีความสบายตาพอใช้ได้

ค่า TI สูงสุดเท่ากับ 20 % ทั้งนี้เหตุผลก็เช่นเดียวกับการกำหนดค่า U_o ซึ่งจากการทดลองถ้าค่า TI เพิ่มขึ้นจาก 7% เป็น 30 % จะต้องเพิ่มค่า L_{av} ขึ้นถึงประมาณ 2.5 เท่าจากเดิมจึงจะทำให้การสังเกตเห็นวัตถุบนถนนดีดังเดิม

ค่า G จะต้องมีค่าไม่น้อยกว่า 4 จึงจะเริ่มทำให้การมองไฟถนนมีความสบายตาพอใช้ได้เช่นกัน

สำหรับในประเทศไทยยังคงกำหนดค่าทางแสงสว่างของไฟถนนในรูปของค่าความสว่าง (Illuminance) โดยกรมทางหลวงได้กำหนดค่าที่ยอมรับได้ดังนี้ ค่าความสว่างเฉลี่ย (E_{mean}) ต้องไม่ต่ำกว่า 21.5 lux ค่า E_{min}/E_{mean} ต้องไม่ต่ำกว่า 1/3 และค่า E_{min}/E_{max} ต้องไม่ต่ำกว่า 1/6

ตารางที่ 2.1 แสดงการแบ่งประเภทถนนตาม CIE

Category of road		Type and density of traffic	Types of road	Examples
mixed traffic motorized traffic	A		Road with separated carriageways, completely free of crossings at grade complete access control	Motorways Express roads
	B	Heavy and high speed motorized traffic	Important traffic roads for motorized traffic only, possibly separate carriageways for slow traffic and/or pedestrians	Trunk roads Major roads
	C	Heavy and moderate speed motorized traffic or Heavy mixed traffic of moderate speed	Important, all purpose, rural or urban roads	Ring roads Radial roads
	D	Fairly heavy mixed traffic of which a major part may be slow traffic or pedestrians	Roads in city or shopping centers, approach roads to official buildings and areas, where motorized traffic meets heavy slow traffic or pedestrians	Trunk roads Commercial streets Shopping streets etc.
	E	Mixed traffic of limited speed and moderate traffic density	Collector roads between residential areas (residential streets) and A- to D-type roads	Collector roads Local streets etc.

ตารางที่ 2.2 แสดงการกำหนดค่าทางแสงสว่างของไฟถนนตาม CIE

Category	Surrounds	Luminance level	Uniformity ratios		Glare restriction	
		Average road surface luminance L_{av} (cd/m²) ⩾	Overall uniformity ratio U_o ⩾	Lengthwise uniformity ratio U_l ⩾	Glare control mark G ⩾	Threshold increment TI (%) ⩽
A	any	2	0.4	0.7	6	10
B 1	bright	2			5	10
2	dark	1			6	10
C 1	bright	2		0.5	5	20
2	dark	1			6	10
D	bright	2			4	20
E 1	bright	1			4	20
2	dark	0.5			5	20

015922

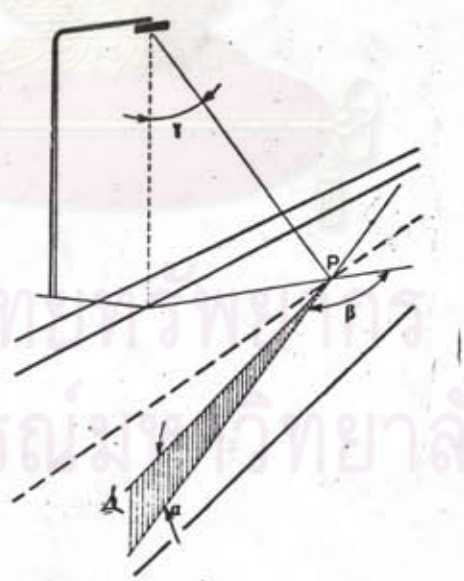
2.4 ผิวถนน

2.4.1. ค่าสัมประสิทธิ์ความส่องสว่างของผิวถนน

ในปัจจุบันนี้การกำหนดและอธิบายเกี่ยวกับคุณสมบัติของการสะท้อนแสงของผิวถนนที่เข้าใจดีที่สุดคือ วิธีกำหนดและอธิบายด้วยค่าสัมประสิทธิ์ความส่องสว่าง (Luminance Coefficient) ซึ่งก็คืออัตราส่วนระหว่างค่าความส่องสว่างของผิวถนนต่อค่าความสว่างบนผิวถนนที่พิจารณา เขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$q = L/E \qquad (2.9)$$

ค่าสัมประสิทธิ์ความส่องสว่าง (q) ขึ้นอยู่กับวัสดุที่ใช้ทำผิวถนน ตำแหน่งที่แสงตกลงบนผิวถนน และตำแหน่งของผู้มองไปยังผิวถนนที่พิจารณา ซึ่งตำแหน่งต่าง ๆ นี้กำหนดได้ด้วยมุม 3 มุม ดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 การติดตั้งไฟถนนและการมองความส่องสว่างของผิวถนน

เมื่อ α คือ มุมของแนวที่มองกับแนวระดับ

β คือ มุมของระนาบแสงตกกับระนาบที่มอง วัดในระนาบนอน

γ คือ มุมของแนวแสงตกกับแนวดิ่ง วัดในระนาบดิ่ง

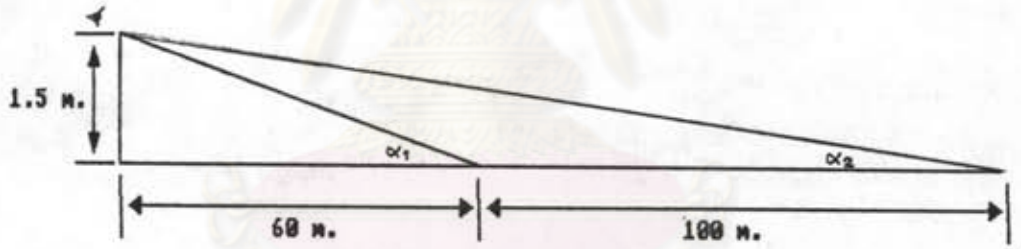
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แต่โดยทั่วไปแล้วในทางปฏิบัติ ระยะจากผู้มองถึงจุดที่พิจารณาอยู่ระหว่าง 60 เมตร ถึง 160 เมตร และผู้มองอยู่สูงจากพื้น 1.5 เมตร ดังรูปที่ 2.6 จะได้มุม α อยู่ระหว่าง 0.53 ถึง 1.43 องศา โดยที่ค่าสัมประสิทธิ์ความส่องสว่างมีผลเปลี่ยนแปลงน้อยมากในช่วงของมุมดังกล่าว มาตรฐาน CIE. จึงกำหนดให้ค่ามุม α มีค่าคงที่เป็นค่าเฉลี่ยระหว่างมุม 0.53 ถึง 1.43 องศา คือ เท่ากับ 1 องศา ดังนี้

$$\alpha_1 = \tan^{-1}\frac{1.5}{60} = 0.53^\circ$$

$$\alpha_2 = \tan^{-1}\frac{1.5}{160} = 1.43^\circ$$

$$\alpha = \frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2} = \frac{0.53^\circ + 1.43^\circ}{2} = 1^\circ$$



รูปที่ 2.6 การกำหนดค่ามุมของแนวที่มองกับแนวระดับ

ดังนั้นค่าสัมประสิทธิ์ความส่องสว่างจึงขึ้นอยู่กับมุมเพียง 2 มุม คือ β และ γ ซึ่งเขียนได้ว่า

$$q = q(\beta,\gamma)$$

สำหรับการคำนวณค่าความส่องสว่างของผิวถนน ถ้าใช้ค่า r(Reduced Luminance Coefficient) แทนค่า q (Luminance Coefficient) จะสะดวกในการคำนวณมากกว่า ดังแสดงต่อไปนี้

ค่าความส่องสว่างของผิวถนนเนื่องจากโคมไฟเพียงโคมเดียวจะได้

$$L = q.E$$

$$L = \frac{q.I.\cos(\gamma)}{l^2} \qquad \left(E = \frac{I.\cos(\gamma)}{l^2} \right)$$

$$L = \frac{q.I.\cos^3(\gamma)}{h^2} \qquad \left(l = \frac{h}{\cos(\gamma)} \right)$$

$$L = r.\frac{I}{h^2} \qquad \left(r = q.\cos^3(\gamma) \right) \quad (2.10)$$

เมื่อ r คือ Reduced Luminance Coefficient ขึ้นกับมุม β และ γ มีหน่วยเป็น $Cd/m^2/lx$

ในการหาค่า r ที่มุม β และ γ ต่าง ๆ นั้น สามารถทำการวัดในห้องปฏิบัติการได้ ซึ่งจะได้คุณสมบัติการสะท้อนแสงของวัสดุที่ใช้ทำผิวถนนแต่ละชนิด โดยที่ค่ามุม γ ในตาราง r แทนที่จะเป็นค่ามุม(องศา) ก็กำหนดเป็นค่าของ Tangent ของมุม γ ทั้งนี้เพื่อความสะดวกในการคำนวณโดยใช้คอมพิวเตอร์

2.4.2. การจัดประเภทของผิวถนนในสภาพแห้ง

การจัดประเภทของผิวถนนในสภาพแห้งโดยพิจารณาจากคุณสมบัติในการสะท้อนแสงของผิวถนนนั้น ๆ ได้ใช้ประโยชน์ในการคำนวณค่าความส่องสว่างของผิวถนนอย่างมาก เพราะถนนต่าง ๆ แม้จะใช้วัสดุทำผิวถนนที่เหมือนกัน แต่คุณสมบัติของการสะท้อนแสงก็อาจจะแตกต่างกันบ้างเล็กน้อย ยิ่งกว่านั้นคุณสมบัติในการสะท้อนแสงของผิวถนนยิ่งจะแตกต่างกันมากขึ้นตามเวลาและสภาพการใช้งาน ดังนั้นในกรณีที่ไม่รู้ว่าค่าจริงของคุณสมบัติในการสะท้อนแสงของผิวถนน แต่รู้ประเภทของวัสดุที่ใช้ทำผิวถนน เราก็ยังสามารถคำนวณออกแบบไฟถนนโดยคิดค่าความส่องสว่างของผิวถนนได้ประมาณใกล้เคียงกับความเป็นจริงมาก

CIE. ได้จัดประเภทของผิวถนนในสภาพแห้งเป็นมาตรฐานไว้ 4 ประเภท คือ R_1 , R_2 , R_3 และ R_4 ดังตารางที่ 2.3 ซึ่งในต่างประเทศได้ใช้เป็นมาตรฐานในการคำนวณออกแบบไฟถนนอย่างได้ผลถูกต้องแล้ว

ตารางที่ 2.3 แสดงการแบ่งประเภทของผิวถนนตาม CIE

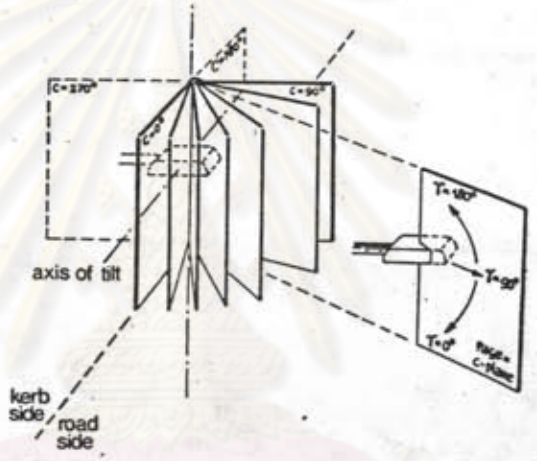
Class	Description
I	– Asphaltic type road surface containing either at least 15 per cent artificial brightener or at least 30 per cent very bright anorthosites. – Surface dressings containing chippings that cover over 80 per cent of the road surface, where the chippings mainly consist of either artificial brighteners or are 100 per cent very bright anorthosites. – Concrete road surfaces.
II	– Surface dressings having a harsh texture and containing normal aggregates. – Asphaltic surfaces containing 10 to 15 per cent artificial brighteners. – Coarse and harsh asphaltic concrete, rich in gravel (> 60%) of sizes up to or greater than 10 mm. – New condition mastic asphalt.
III	– Asphaltic concrete (cold asphalt, mastic asphalt) having gravel sizes up to 10 mm, but of a harsh texture (similar to sand paper). – Polished, coarse textured, surface dressings.
IV	– Mastic asphalt after some months of use. – Road surfaces having a rather smooth or polished texture.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.5 โคมไฟถนน

2.5.1. การกำหนดระนาบทางแสงของโคมไฟถนน

โคมไฟเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมแสงที่ออกจากหลอดไฟให้ส่องไปในทิศทางต่าง ๆ ตามต้องการซึ่งความเข้มแห่งการส่องสว่างที่ออกจากโคมไฟในมุมต่าง ๆ กันนั้นสามารถวัดได้โดยใช้ไฟโตมิเตอร์ ส่วนมุมและทิศทางรอบ ๆ โคมไฟนั้นอาจระบุอยู่ในระนาบและมุมต่างๆ ของระบบระนาบ C - γ ดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 ระบบระนาบ C - γ ที่ใช้แสดงลักษณะการกระจายความเข้มแห่งการส่องสว่างของไฟถนน

ระบบระนาบ C - γ เป็นการแบ่งระนาบดิ่งออกเป็นระนาบย่อย ๆ รอบแนวดิ่งตามมุมต่าง ๆ จาก C_0 ถึง C_{360} โดยกำหนดระนาบที่ขนานกับแนวด้านขวาของแกนโคมไฟเป็น C_0 และแต่ละระนาบ C จะเป็นลักษณะการกระจายของแสงในมุม γ จาก 0 องศา ถึง + 180 องศา

2.5.2. การแสดงค่าความเข้มแห่งการส่องสว่างของโคมไฟ

การแสดงปริมาณความเข้มแห่งการส่องสว่างของแสงที่ออกจากโคมไฟนั้น อาจแสดงได้หลายแบบด้วยกันดังนี้คือ

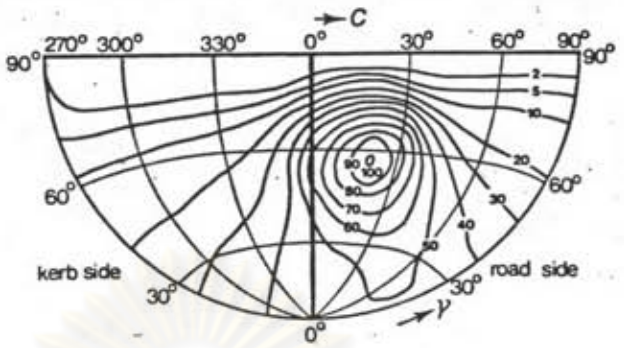
ก. ตารางความเข้มแห่งการส่องสว่าง เป็นวิธีการแสดงค่าความเข้มแห่งการส่องสว่างออกมาเป็นตัวเลข เพื่อใช้ในการคำนวณโดยใช้คอมพิวเตอร์ ถ้าความเข้มแห่งการส่องสว่างของโคมไฟสมมาตรกัน รอบระนาบ C_{270} ถึง C_{90} การแสดงค่าความเข้มแห่งการส่องสว่างของโคมไฟก็อาจจะแสดงเพียงด้านเดียวของโคมไฟก็พอ ดังรูปที่ 2.8 และค่าความเข้มแห่งการส่องสว่างในตารางจะเป็นแคนเดลา ต่อ 1000 ลูเมนของหลอดไฟ

γ / C	270	285	300	310	315	320	325	330	335	340	345	350	355	360	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	60	75	90
0	194	194	194	194	194	194	194	194	194	194	194	194	194	194	194	194	194	194	194	194	194	194	194	194	194	194	194
10	188	188	187	188	189	190	190	190	191	190	191	192	192	193	193	193	195	195	196	196	196	196	193	193	193	193	194
20	177	177	179	182	184	187	188	191	191	192	194	197	198	200	200	199	202	203	198	196	195	194	192	190	185	184	185
30	160	163	168	173	178	181	185	188	192	194	200	204	206	214	212	212	214	211	207	203	198	192	189	184	173	169	170
35	150	154	160	167	171	176	180	183	189	195	201	209	212	215	216	215	215	211	207	200	198	186	189	178	165	160	161
40	139	144	152	159	164	170	176	180	187	193	198	204	207	210	215	223	227	220	210	196	185	177	173	169	155	150	151
45	125	134	146	155	157	160	166	171	179	186	193	200	210	220	226	230	238	230	219	201	186	176	168	162	150	140	139
47.5	115	123	137	149	151	154	163	169	178	191	196	201	215	230	235	240	257	259	235	205	186	169	163	157	142	135	137
50	104	114	127	136	142	149	157	166	176	188	198	210	221	235	248	248	264	260	252	211	182	162	152	142	133	128	125
52.5	98	106	120	129	135	142	151	162	173	187	200	215	231	240	250	259	269	300	258	217	173	157	146	140	128	119	120
55	90	99	113	121	128	135	143	155	166	180	197	215	236	246	270	303	334	319	274	223	173	150	142	136	121	114	113
57.5	82	93	104	114	120	128	133	139	153	166	186	210	241	255	276	325	352	331	274	225	163	142	134	130	117	108	103
60	75	84	96	106	110	117	120	126	140	155	175	207	250	265	293	340	364	343	282	225	161	138	128	122	104	95	98
62.5	68	76	88	97	101	107	110	116	128	145	168	199	256	267	302	348	381	351	282	223	161	134	122	118	97	89	86
65	62	69	80	90	94	99	104	110	121	139	157	190	218	257	300	359	395	366	284	222	159	127	114	105	91	77	79
67.5	53	63	73	83	87	92	96	102	115	134	152	179	210	247	294	348	390	330	277	227	150	117	106	100	85	71	71
70	36	47	67	76	78	87	89	91	104	126	150	177	204	241	276	324	343	306	260	215	136	101	87	85	75	65	66
72.5	18	29	40	49	55	71	74	77	92	115	142	167	187	224	261	312	320	274	231	188	111	88	62	64	61	51	62
75	5	8	19	29	36	43	47	52	66	97	130	151	160	168	210	279	275	187	162	144	99	73	61	60	37	37	47
77.5	2	6	6	7	9	11	12	12	20	39	60	82	90	77	110	188	126	46	91	86	17	7	8	54	5	16	16
80	0	1	3	4	4	5	6	6	7	7	8	11	12	13	20	85	13	6	8	27	9	3	7	8	1	2	3
82.5	0	0	0	0	0	0	1	1	1	2	2	2	2	2	4	13	5	3	4	5	2	1	1	2	1	1	0
85	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	2	4	2	0	1	2	1	0	0	1	0	0	0
87.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	2	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
90 และ C	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

รูปที่ 2.8 แสดงตัวอย่างตารางความเข้มแห่งการส่องสว่างของโคมไฟจากระนาบ C_{270} ถึง C_{90}

ข. ไอโซแคนเดล่าไดอะแกรม (Isocandela Diagram) เป็นการแสดงค่าความเข้มแห่งการส่องสว่างโดยใช้กราฟ ซึ่งสามารถจะรู้ค่าความเข้มแห่งการส่องสว่างรอบ ๆ โคมไฟอย่างครบถ้วน สำหรับโคมไฟที่มีแสงสว่างออกมาอย่างสมมาตรรอบระนาบ C_{270} และ C_{90} ก็อาจแสดงค่าความเข้มแห่งการส่องสว่างเพียงครึ่งซีกก็พอ ดังรูปที่ 2.9

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 2.9 แสดงไอโซแคนเดล่าไดอะแกรมของโคมไฟจากระนาบ C_{270} ถึง C_{90}

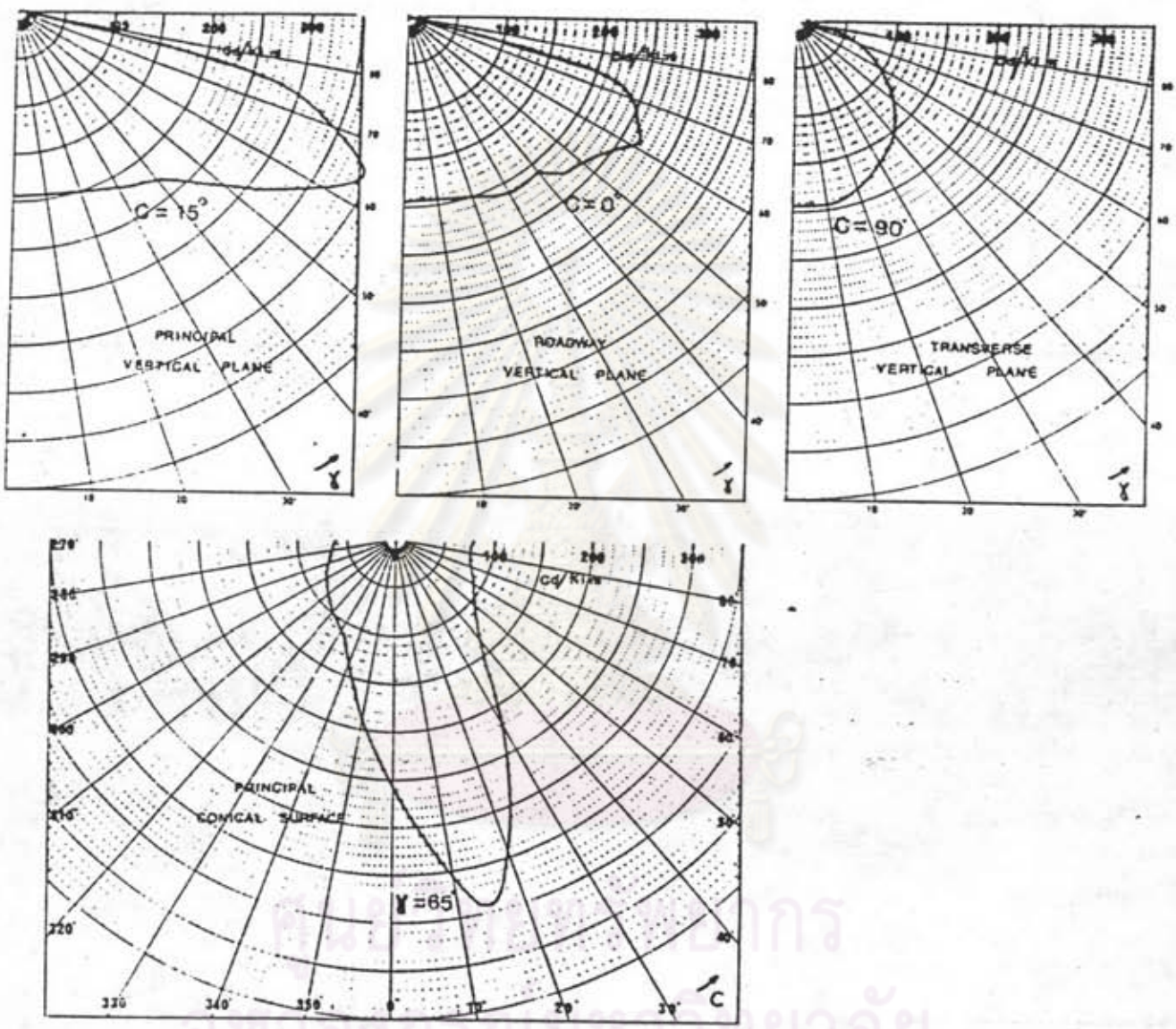
ค. โพลาไดอะแกรม (Polar Diagram) เป็นการแสดงค่าความเข้มแห่งการส่องสว่างเป็นกราฟในบางระนาบเท่านั้น ดังรูปที่ 2.10 ซึ่งมีระนาบที่สำคัญ 4 ระนาบ คือ

1) Principal Vertical Plane เป็นระนาบของ C ที่มีค่าความเข้มแห่งการส่องสว่างสูงที่สุด

2) Roadway Vertical Plane หรือ C_o Plane ถ้า Principal Vertical Plane ไม่ใช่ระนาบ C_o ก็ต้อง แสดงค่าความเข้มแห่งการส่องสว่างในระนาบ C_o ด้วยทั้งนี้เพื่อจะได้รู้ผลของ Discomfort Glare ต่อไป

3) Transverse Vertical Plane คือระนาบ C_{90} นั่นเอง ทั้งนี้เพื่อรู้ถึงปริมาณแสงที่ส่องไปในแนวขวางถนน

4) Principal Conical Surface เฉพาะข้อนี้ไม่ใช่เป็นการแสดงค่าความเข้มแห่งการส่องสว่างในระนาบใดระนาบหนึ่ง แต่เป็นการแสดงค่าความเข้มแห่งการส่องสว่างสูงสุดผ่านมุม γ ที่คงที่เป็นรูปกรวย



รูปที่ 2.10 แสดงโพลาไดอะแกรมของโคมไฟทั้ง 4 ระนาบ

2.5.3. พื้นที่ให้แสง (Flashed Area)

ค่า Discomfort Glare ของการติดตั้งโคมไฟถนนจะขึ้นอยู่กับพื้นที่ของโคมไฟที่เปล่งแสงออกมาที่มุม γ = 76 องศา ของระนาบ C_o ในกรณีที่ค่า Flashed Area คลาดเคลื่อนไป 10 % จะทำให้ค่า Glare Control Mark (G) ผิดไปเพียง 0.06 เท่านั้น

2.5.4. การแบ่งประเภทของโคมไฟ

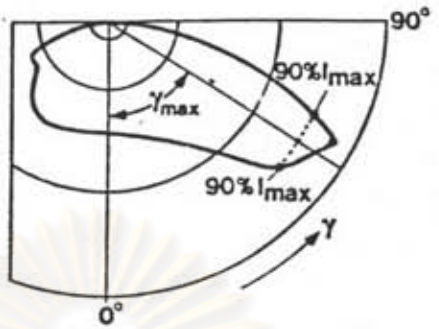
การแบ่งประเภทของโคมไฟที่ CIE. ใช้มาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2508 (ค.ศ. 1965) แบ่งตามลักษณะของการกระจายความเข้มแห่งการส่องสว่างเป็น 3 ประเภท คือ Cut-off, Semi cut-off, และ Non cut-off ดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 การแบ่งประเภทของโคมไฟตามมาตรฐาน CIE. ตั้งแต่ปี พ.ศ.2508 - 2520

	ค่าความเข้มแห่งการส่องสว่างสูงสุดที่มุม γ		ค่าความเข้มแห่งการส่องสว่างสูงสุดอยู่ที่มุม γ น้อยกว่า
	80°	90°	
Cut-off	30 Cd/1000 lm	10 Cd/1000 lm	65°
Semi-cut-off	100 Cd/1000 lm	50 Cd/1000 lm	75°
Non-cut-off	any	any	-

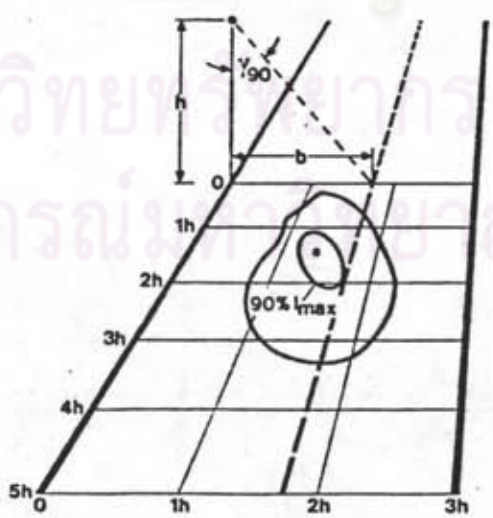
ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2520 (ค.ศ. 1977) จนถึงปัจจุบัน CIE. ได้จัดแบ่งประเภทของโคมไฟตามลักษณะของ Throw, Spread และ Control ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

ก. Throw เป็นลักษณะของแสงที่เปล่งออกจากโคมไฟที่ติดตั้งแล้วส่องลงไปบนผิวถนนซึ่งอาจอธิบายให้ง่ายขึ้นจากโพลาไดอะแกรม ดังแสดงในรูปที่ 2.11 เป็น Principal Vertical Plane มุม γ_{max} คือมุมตรงกลางระหว่างมุม γ ของเส้น 90% I_{max} Throw คือ ค่ามุม γ_{max} นั่นเอง



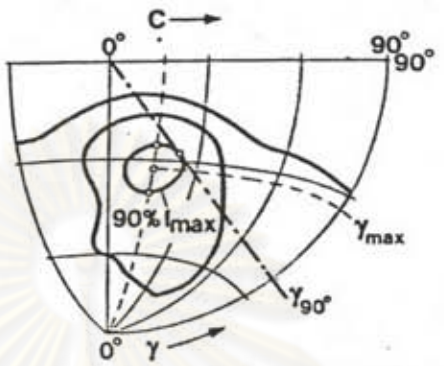
รูปที่ 2.11 แสดงรูป Polar Diagram (Principal Vertical Plane) เพื่อพิจารณาค่า Throw

ข. Spread คือตำแหน่งของเส้นที่ขนานกับแนวยาวของถนนซึ่งสัมผัสกับเส้น 90 % ของเส้น I_{max} ที่ฉายลงไปบนผิวถนน ซึ่งอาจจะมีได้หลายเส้นแต่จะเลือกเส้นที่อยู่ห่างจากโคมมากที่สุด ดังแสดงในรูปที่ 2.12 ค่า Spread คือมุม γ_{90} ในรูปนั่นเอง ซึ่งเป็นมุมที่อยู่ในระนาบ C_{90} จากรูป Spread = Arctan(b/h)



รูปที่ 2.12 แสดงการพิจารณาค่า Spread

ทั้งค่า Throw และ Spread ของโคม อาจอธิบายได้จากรูป Isocandela Diagram ดังแสดงในรูปที่ 2.13 โดยที่ Throw = γ_{max} และ Spread = γ_{90}



รูปที่ 2.13 แสดง Isocandela Diagram เพื่ออธิบายค่า Throw และ Spread

ค. Control คือค่า Specific Lantern Index (SLI) นั่นเอง (ดังที่กล่าวมาแล้ว ในเรื่อง Discomfort Glare)

ซึ่งจากลักษณะทั้ง 3 อย่างที่กล่าวนี้อาจแบ่งโคมไฟได้ตามตารางที่ 2.5

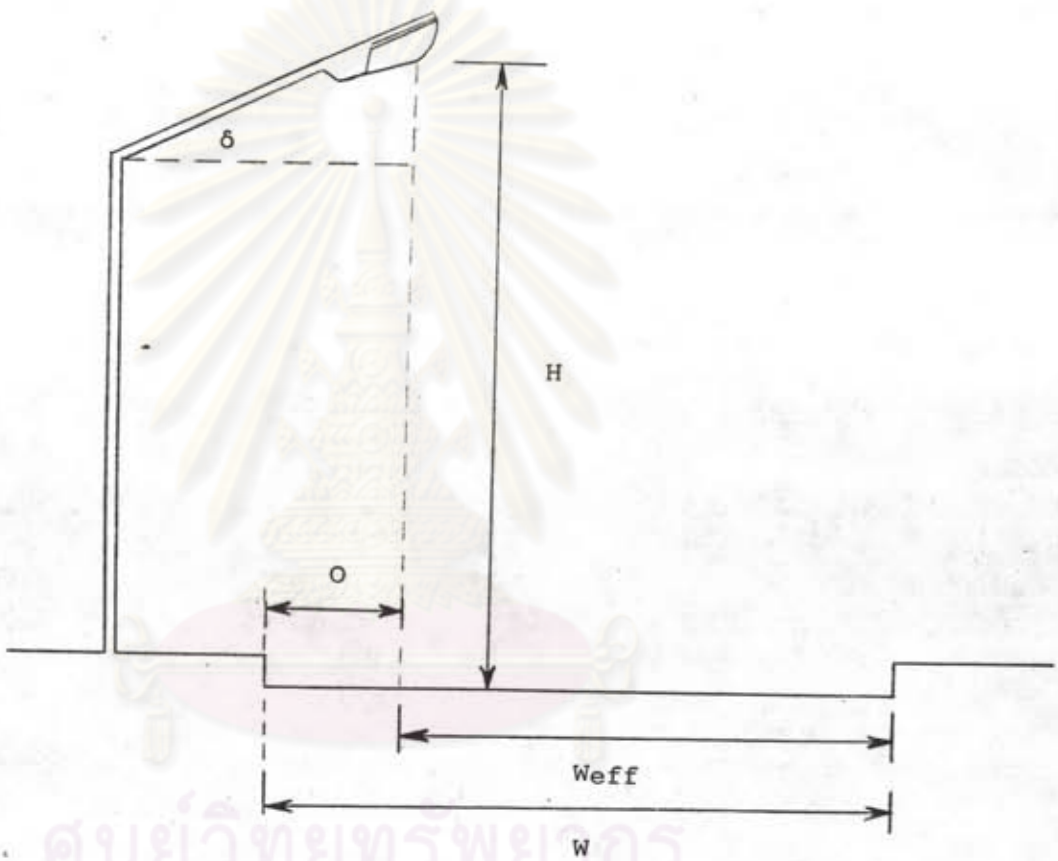
ตารางที่ 2.5 การแบ่งประเภทของโคมไฟตามมาตรฐาน CIE. ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2520

Throw		Spread		Control	
Short	$\gamma_{max} < 60°$	narrow	$\gamma_{90} < 45°$	limited	SLI < 2
Inter-mediate	$60° \leq \gamma_{max} \leq 70°$	average	$45° \leq \gamma_{90} \leq 55°$	moderate	$2 \leq SLI \leq 4$
Long	$\gamma_{max} > 70°$	broad	$\gamma_{90} > 55°$	tight	SLI > 4

จากลักษณะการกระจายแสงของโคมไฟที่กล่าวข้างต้นนี้ ทำให้การแบ่งประเภทของโคมไฟอาจเป็นไปได้ถึง 3*3*3 = 27 ประเภทที่แตกต่างกัน ซึ่งจะใช้งานกับลักษณะของถนนต่าง ๆ กัน เช่น โคมไฟประเภท Broad-Spread สามารถใช้กับเสาไฟต่ำและถนนกว้าง โคมไฟประเภท Short-Throw ไม่เหมาะกับเสาไฟต่ำ เว้นแต่ช่วงห่างของเสาไฟจะน้อย เป็นต้น

2.6 การติดตั้งไฟถนน

การติดตั้งไฟถนนทางตรงซึ่งต้องติดตั้งเสาไฟที่ริมถนนหรือที่เกาะกลางถนนนั้น มีคำจำกัดความที่ควรทราบดังต่อไปนี้ ดูรูปที่ 2.14



รูปที่ 2.14 คำจำกัดความของการติดตั้งโคมไฟถนน

H เรียกว่า ความสูงของการติดตั้ง (Mounting Height)

o เรียกว่า ช่วงยื่น (Overhang)

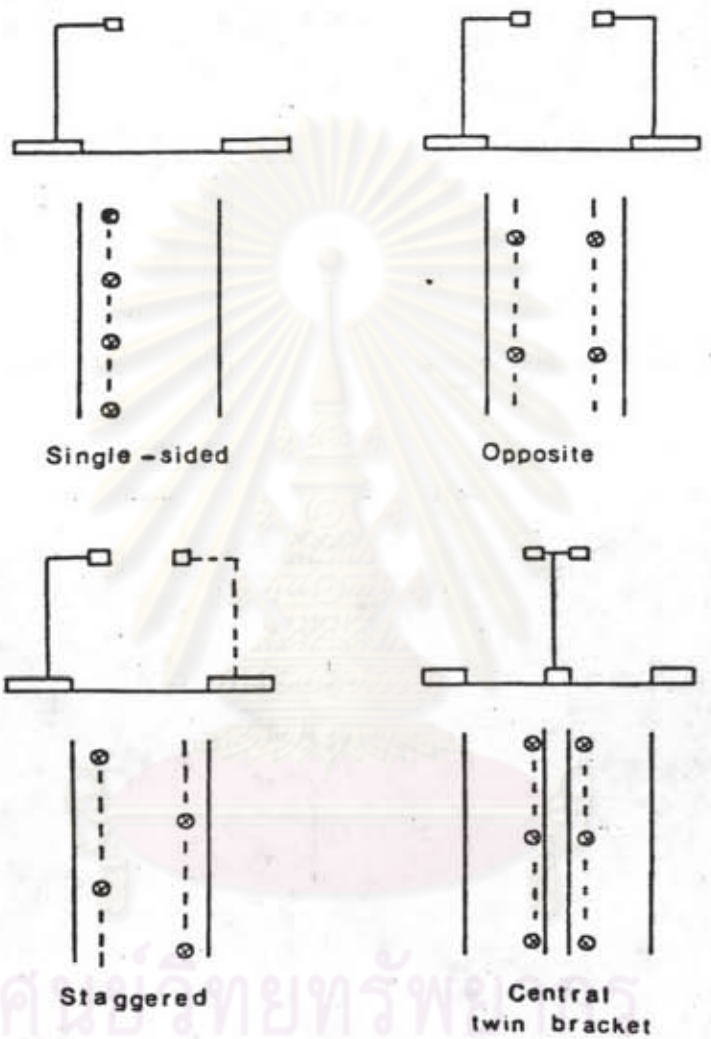
δ เรียกว่า มุมเอียง (Tilt Angle)

W_{eff} เรียกว่า ความกว้างประสิทธิผลของถนน (Effective Road Width)

W เรียกว่า ความกว้างของถนน (Road Width)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ในการติดตั้งไฟถนนนั้น มีวิธีการติดตั้งหลายแบบด้วยกันดังรูปที่ 2.15 ซึ่งการที่จะติดตั้งไฟถนนแบบไหนก็แล้วแต่คุณภาพของไฟถนนที่ต้องการและการลงทุน ในที่นี้จะกล่าวถึงหลักการกว้างๆ ในการติดตั้งไฟถนนดังต่อไปนี้



รูปที่ 2.15 แสดงการติดตั้งไฟถนนแบบที่ใช้กันมากในประเทศไทย

2.6.1. ความสูงของการติดตั้ง (Mounting Height)

ก. แบบ Single-Sided ควรให้ $h > W_{eff}$

ข. แบบ Staggered ควรให้ $h > W_{eff}$

ค. แบบ Opposite ควรให้ $h > W_{eff}$ ซึ่งค่าที่เหมาะสมควรเป็น 2/3 W_{eff} ถ้าหากมีเกาะกลางถนนซึ่งกว้างกว่า 1/3 ของความกว้างของถนน

แต่ละข้าง หรือมีการปลูกต้นไม้ที่เกาะกลางถนนแล้วก็ให้คิดการติดตั้งโคมไฟ ดังเช่น การติดตั้งโคมไฟแบบ Single-Sided

ง. แบบ Central Twin ควรให้ $h > W_{eff}$

2.6.2. ระยะห่างระหว่างช่วงเสา (Spacing)

ระยะห่างระหว่างเสาไฟถนนแต่ละต้นขึ้นอยู่กับความสูงของเสาไฟถนน ซึ่งจะเป็นตัวกำหนดค่าความสม่ำเสมอตามแนวยาว ถ้าเสาไฟถนนยิ่งสูงก็จะทำให้ระยะห่างของเสาไฟถนนยิ่งกว้างขึ้นได้โดยที่ค่าความสม่ำเสมอตามแนวยาวยังคงอยู่ในพิกัดที่ยอมรับได้ และยังทำให้ค่าแกลร์ลดลงอีกด้วย แต่ค่าความส่องสว่างเฉลี่ยจะลดลง

2.6.3. มุมเงย (Tilt Angle)

ในกรณีที่จำกัดความสูงของเสาไฟถนน อาจทำให้ริมถนนด้านตรงข้ามกับโคมไฟมีแสงตกไม่เพียงพอ การกระดกโคมไฟให้เอียงขึ้นจากแนวระดับจะช่วยเพิ่มปริมาณแสงตกให้มากขึ้น แต่การเอียงโคมไฟมากเกินไปจะทำให้เกิดแกลร์มากขึ้น ดังนั้นควรจะเอียงโคมไฟจากแนวระดับไม่เกิน 10 องศา ซึ่งค่าที่เหมาะสมควรเป็น 5 องศา

2.6.4. ช่วงยื่น (Overhang)

ในการติดตั้งเสาไฟถนนจะต้องทำให้มองเห็นไฟถนนเป็นแนวเส้นเรียงไปตาม ขอบถนน เพื่อให้มีความสม่ำเสมอของแสงที่เข้าตาผู้ขับขี่ยวดยาน ดังนั้นในสภาพที่ขอบถนนไม่เว้าเข้าไป ช่วงยื่นของโคมไฟจะต้องเท่ากัน แต่ถ้าเป็นบริเวณป้ายรถประจำทางที่เว้าเข้าไป เสาไฟถนนที่ปักในช่วงนั้นจะต้องมีช่วงยื่นยาวกว่าปกติ จนกระทั่งโคมไฟอยู่ในแนวเส้นตรงเดียวกัน