บทที่ 2

ไฟถนนและสภาพการมองเห็นวัตถุบนถนน

ในการขับขี่ยวดยานบนท้องถนนที่มีการติดตั้งไฟถนนเวลากลางคืนนั้น แสงที่เข้าตาผู้ขับขี่ยวดยานจะมาจากแสงของโคมไฟ และแสงที่สะท้อนจากผิวถนน ถ้าปริมาณแสงที่เข้าตามากขึ้น จะทำให้ประสาทตามีความรู้สึกมากขึ้น สำหรับความสว่างบนผิวถนนนั้น เป็นแต่เพียงค่าที่บ่งบอกถึงปริมาณแสงที่ตกลงบนหนึ่งหน่วยพื้นที่ของผิวถนนเท่านั้น ไม่สามารถระบุถึงปริมาณแสงที่เข้าตาผู้มองแต่อย่างใด หรืออีกนัยหนึ่งไม่สามารถระบุว่าผิวถนนมีความส่องสว่าง (brightness) เท่าใด ดังนั้นความส่องสว่างของผิวถนนเท่านั้นไม่ใช่ความสว่างบนผิวถนน ที่เป็นค่าที่สามารถระบุถึงสภาพการมองเห็น และสภาพการมองเห็นแล้วสบายตาหรือไม่ ขณะที่ผู้ขับขี่ยวดยานมองออกไปข้างหน้าบนท้องถนน ดังจะได้กล่าวถึงสภาพการมองวัตถุบนผิวถนนโดยละเอียดต่อไปนี้

2.1 <u>การมองเห็น</u> (visual performance)

2.1.1 ระดับความส่องสว่าง

การปรับตัวของตาอยู่ที่การทำงานของประสาทตาที่เรียกว่า rod และ cone ซึ่งอยู่บน retina เมื่อแสงมีความส่องสว่างประมาณจาก 0.01 Cd/m^2 ถึง 3 Cd/m^2 ตาจะปรับตัวให้เห็นแสงด้วย rod แต่ถ้าความส่องสว่างตั้งแต่ 3 Cd/m^2 จนถึง 10^4 Cd/m^2 ซึ่งทำให้เกิดแกล์ตาจะปรับตัวให้เห็นสีด้วย cone คนเราสามารถสังเกตเห็นวัตถุใด ๆ ได้ต่อเมื่อมีความแตกต่างของค่าความส่องสว่างระหว่างวัตถุนั้นกับบริเวณที่มอง ซึ่งเขียนเป็นความสัมพันธ์ได้ว่า

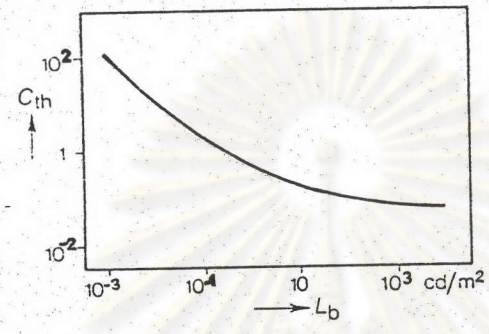
$$C = \frac{L_o - L_b}{L_b}$$

เมื่อ C เป็น Luminance contrast ไม่มีหน่วย

L_o เป็น ความส่องสว่างของวัตถุมีหน่วย Cd/m^2

L_b เป็น ความส่องสว่างของบริเวณที่มองมีหน่วย Cd/m^2 เมื่อวัตถุมืดกว่าบริเวณที่มอง จะทำให้เห็นวัตถุเป็นเงาดำ ซึ่งค่า C จะเป็นลบ แต่เมื่อวัตถุสว่างกว่าบริเวณที่มองค่า C จะเป็นบวก และโดยทั่วไปสำหรับกรณีของการสังเกตเห็นวัตถุบนถนน ขณะขับขี่ยวดยานนั้นค่า C จะเป็นลบ

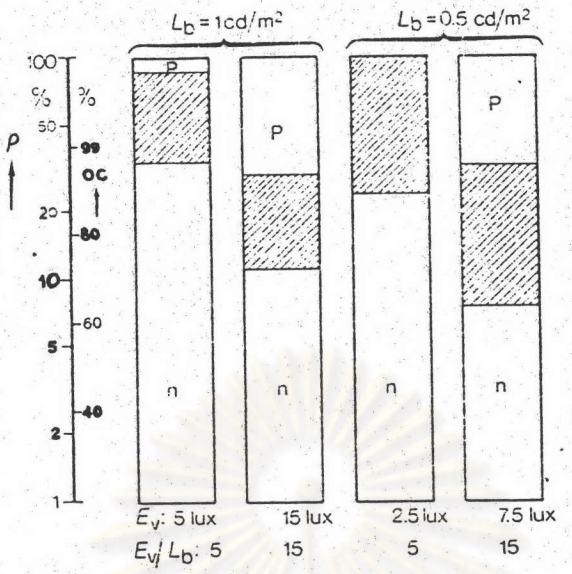
วัตถุที่อยู่ในบริเวณที่มองแล้ว เริ่มถูกสังเกตเห็น หมายความว่าวัตถุและบริเวณที่มองนั้นมี Luminance contrast ระดับหนึ่งเรียกว่า Threshold Contrast (C_{th}) และค่า Threshold contrast จะลดลง เมื่อค่าความส่องสว่างของบริเวณที่มองเพิ่มขึ้นดังรูป 2.1 แต่ค่า C_{th} จะสูงสุดที่ค่า L_b ประมาณ 10^2 ถึง 10^3 Cd/m^2 เมื่อค่า L_b สูงขึ้นไปอีกค่า C_{th} จะลดลง เนื่องจากผลของแกล์



รูปที่ 2.1 แสดงค่า threshold contrast และความส่องสว่างบริเวณที่มอง

อิทธิพลของความส่องสว่างของบริเวณที่มองที่มีผลต่อการสังเกตเห็นวัตถุได้แสดงไว้ในรูป 2.2 บริเวณที่แลเงาหมายถึงวัตถุมีสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง (ρ) คิดเป็นเปอร์เซนต์ (%) แล้วพอดีทำให้ความส่องสว่างของวัตถุกลมกลืนกับบริเวณที่มอง หรือหากเป็นคนเดินถนนก็หมายถึงการสะท้อนแสงของเสื้อผ้าคนเดินถนน (oc) คิดเป็นเปอร์เซนต์ (%) แล้วพอดีทำให้ความส่องสว่างของเสื้อผ้าคนเดินถนนกลมกลืนกับบริเวณที่มอง ซึ่งทั้งสองกรณีที่กล่าวนี้จะไม่สามารถสังเกตเห็นวัตถุ และคนเดินถนนได้เลย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 2.2 แสดงการสังเกตเห็นวัตถุหรือคนเดินเท้าบนถนนด้วย Luminance Contrast บวก (P) และลบ (n)

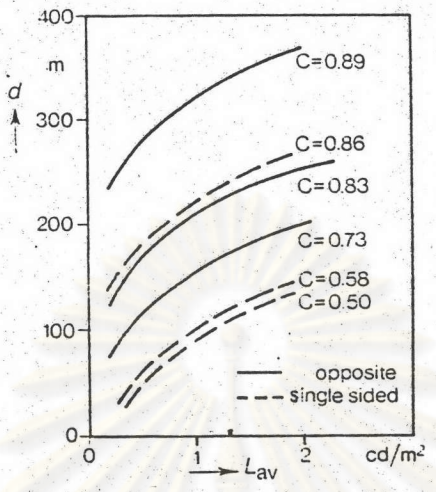
โดยปกติการสังเกตเห็นวัตถุบนถนนนั้นจะอยู่ในช่วงที่ luminance contrast เป็นลบ (n) สำหรับกรณีที่ไฟหน้ารถส่องถูกวัตถุ จะสังเกตเห็นวัตถุอยู่ในช่วงที่ luminance contrast เป็นบวก (P) และจากรูป 2.2 จะเห็นว่าเราสามารถทำให้การสังเกตเห็นวัตถุบนถนนดีขึ้นได้โดยการลดค่าความสว่างในแนวดิ่ง (E_v) ซึ่งคือการเลือกใช้ชนิดของโคมไฟ และการเพิ่มค่าความส่องสว่างของผิวถนน (L_b) นั่นเอง

2.1.2 ระยะการสังเกตเห็นและความเร็วที่ปลอดภัยของยวดยาน

เกี่ยวกับ Luminance contrast (C) และค่าเฉลี่ยของความส่องสว่าง (L_{av}) ทำให้เราสามารถพิจารณาถึงระยะทางที่เริ่มสังเกตเห็นวัตถุบนถนน และความเร็วของยวดยานที่ปลอดภัยต่อการขับขี่ได้

ในการหาระยะทางที่เริ่มสังเกตเห็นตามมาตรฐาน ซี ไอ อี ได้ใช้ก้อนวัตถุสี่เหลี่ยมลูกบาศก์ขนาด 20 เซ็นติเมตร ผิวด้านมีสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง 11 เปอร์เซนต์ วางไว้บนถนนที่มีค่า luminance contrast ต่าง ๆ กัน ให้ผู้สังเกตขับรถด้วยความเร็ว 40 และ 80 กิโลเมตรต่อชั่วโมง แล้วบันทึกระยะทางที่เริ่มสังเกตเห็นวัตถุบนถนน โดยนำระยะทางที่บันทึกไว้ของการขับขี่รถด้วยความเร็วทั้งสองมาเฉลี่ยกัน เมื่อนำมาเขียนกราฟแสดงค่าระยะทางที่เริ่มสังเกต

เห็นวัตถุ (d) กับค่าความส่องสว่างเฉลี่ย (L_{av}) ที่ค่า luminance contrast ต่าง ๆ กัน โดยที่ถนนได้รับการติดตั้งไฟถนนแบบ opposite และ single side จะได้ดังรูป 2.3



รูปที่ 2.3 แสดงระยะทางที่เริ่มสังเกตเห็นวัตถุบนถนน (d) เมื่อผิวถนนมีความส่องสว่างเฉลี่ย (L_{av}) เปลี่ยนไป เมื่อวัตถุมีค่า C ต่าง ๆ กัน

2.1.3 ความสม่ำเสมอทั้งหมด (Overall Uniformity, U_o)

ความสม่ำเสมอทั้งหมด หมายถึง อัตราส่วนของความส่องสว่างต่ำสุดต่อความส่องสว่างเฉลี่ยของบริเวณที่มอง

$$U_o = \frac{L_{min}}{L_{av}}$$

ถ้าหากการออกแบบไฟถนนใดแล้วมีค่า ความสม่ำเสมอทั้งหมดต่ำ นั่นหมายความว่าเมื่อวัตถุอยู่ในบริเวณที่มีค่าความส่องสว่างต่ำ การสังเกตเห็นวัตถุบนผิวถนนนั้นจะเป็นไปได้ยาก เพราะมีค่า Luminance Contrast ต่ำ

จากการทดลองให้ผู้ขับขี่ยวดยานสังเกตวัตถุสี่เหลี่ยมลูกบาศก์ขนาด 20 เซนติเมตร ที่วางไว้บนถนนจุดที่มีความส่องสว่างของผิวถนนต่ำที่สุด และให้วัตถุดังกล่าวนี้มี luminance contrast = 0.25 เมื่อผู้ขับขี่ยวดยานอยู่ห่างจากวัตถุเป็นระยะทาง 60 ถึง 100 เมตร จากรูป 2.4 จะได้ความสัมพันธ์ระหว่างค่า overall uniformity (U_o) กับความส่องสว่างเฉลี่ย

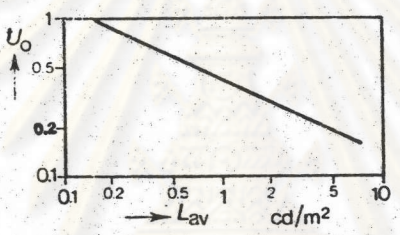
ของผิวถนน (L_{av}) ที่ทำให้ผู้ขับขี่ยวดยานสามารถสังเกตเห็นวัตถุถึง 75 เปอร์เซนต์ ซึ่งจากรูป 2.4 จะได้ว่า

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

แต่เมื่อค่า U_o ลดลงครึ่งหนึ่งคือ

U_o = 0.2 ค่า L_{av} = 5 Cd/m^2

จะเห็นว่า L_{av} จะต้องเพิ่มขึ้นถึง 3.5-4 เท่า จึงจะทำให้การสังเกตเห็นวัตถุมีผลเท่าเดิม



รูปที่ 2.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความสม่ำเสมอทั้งหมด (U_o) กับความส่องสว่างเฉลี่ยของผิวถนน (L_{av}) เพื่อให้การสังเกตเห็นวัตถุสี่เหลี่ยมลูกบาศก์ขนาด 20 เซ็นติเมตร ได้ 75 เปอร์เซ็นต์ เมื่อวางวัตถุไว้ที่จุดมืดที่สุดของผิวถนน

2.1.4 Disability glare

ในการมองวัตถุใดให้ได้ความชัดเจน หมายความว่าภาพของวัตถุนั้นจะต้องตกลงบนเรตินาภายในดวงตา แต่หากมีแสงที่อยู่ข้างเคียงกับวัตถุที่มองอยู่นั้นส่องเข้าสู่ดวงตา จะทำให้เสมือนมีม่านบาง ๆ กั้น ภาพที่มองนั้นไว้ก่อนถึงเรตินา เป็นผลให้ภาพที่มองวัตถุไม่ชัดเจน ซึ่งลักษณะเช่นนี้เรียกว่า การเกิด disability glare

ม่านของแสงสว่างดังกล่าวอาจเขียนเป็นสมการได้ดังนี้คือ

009402

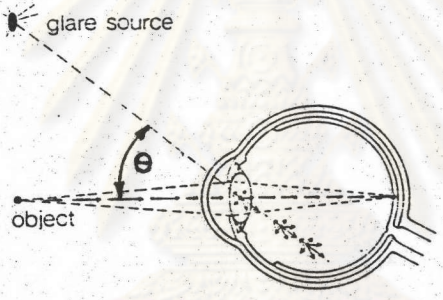
$$L_v = 10 \frac{E_{eye}}{\theta^2}$$

เมื่อ L_v เป็นค่าของม่านความส่องสว่างมีหน่วยเป็น Cd/m^2

E_{eye} เป็นค่าความสว่างที่ตา เนื่องจากต้นกำเนิดแสงที่ทำให้เกิด disability glare ในทิศทางตั้งฉากกับทิศทางการมองมีหน่วยเป็น lx

θ เป็นมุมระหว่างทิศทางที่มองและต้นกำเนิดแสงที่ทำให้เกิด disability glare มีหน่วยเป็นองศา (°)

ซึ่งลักษณะการเกิด disability glare ได้แสดงไว้ดังรูป 2.5



รูปที่ 2.5 แสดงการมองวัตถุแล้วมีแสงเข้าตาทำให้เกิดแกล์

สำหรับค่า θ นั้น ส่วนมากจะมีค่าอยู่ระหว่างช่วงมุม 1.5 ถึง 60 องศา และค่า 10 ในสมการเป็นค่าคงที่ มีหน่วยเป็น องศา^2/สเตอเรเดียน ซึ่งจะขึ้นอยู่กับอายุของผู้มอง โดยมีค่าเป็น 10 เมื่อผู้มองมีอายุระหว่าง 20 ถึง 30 ปี และจะมีค่าเพิ่มขึ้น 0.2 องศา^2/สเตอเรเดียน ต่อปีของอายุผู้มองที่เพิ่มขึ้น

หากมีแหล่งกำเนิดแสงที่ทำให้เกิด disability glare หลาย ๆ อัน (n แหล่งกำเนิดแสง) ค่าม่านของความส่องสว่างทั้งหมดก็คือผลรวมของค่าม่านความส่องสว่าง เนื่องจากแหล่งกำเนิดแสงแต่ละอันนั่นเอง

$$L_v = \sum_{i=1}^{n} L_{vi}$$

ดังนั้น เมื่อมองวัตถุใดแล้วมีแสงที่ทำให้เกิด disability glare หากต้องการมองเห็นวัตถุให้ชัดเจนเสมือนเมื่อยังไม่มีแสงจากต้นกำเนิด disability glare ก็จะต้องเพิ่มค่า luminance contrast ของวัตถุนั้นขึ้นอีก ส่วนที่เพิ่มขึ้นนี้เรียกว่า Threshold Increment (เขียนย่อว่า TI)

โดย ซี ไอ อี ได้กำหนดค่า TI โดยประมาณเมื่อค่าความส่องสว่างเฉลี่ยของผิวถนนอยู่ในช่วง 0.05 ถึง 5 Cd/m^2 ดังนี้

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

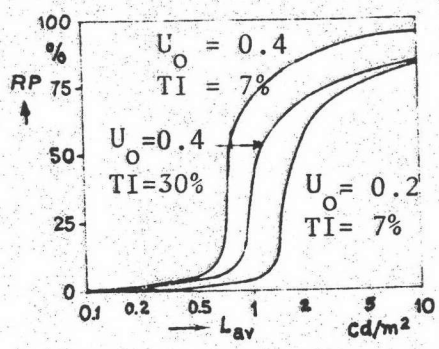
เมื่อ TI เป็นค่า Threshold Increment มีหน่วยเป็นเปอร์เซนต์

L_v เป็นค่าของม่านความส่องสว่างเมื่อมองขนานกับแนวถนนและมุมของการมองลงที่ผิวถนนเท่ากับ 1 องศา

L_{av} เป็นค่าความส่องสว่างเฉลี่ยของผิวถนน

2.1.5 Revealing power

คือเปอร์เซนต์การมองเห็นวัตถุ และคนเดินถนนที่จุดต่าง ๆ บนถนน โดยจะเน้นถึงตำแหน่งที่มืดที่สุดบนถนนในขณะขับขี่ยวดยานตอนกลางคืน ซึ่งจากการทดลองพบว่า revealing power (RP) เกิน 50 % เมื่อความส่องสว่างเฉลี่ย (L_{av}) ของผิวถนนมากกว่า 0.5 Cd/m^2 เมื่อไฟถนนมีค่า U_o = 0.4 และ TI = 7 และ 30 % แต่เมื่อ U_o = 0.2 และ TI = 7 % ค่า L_{av} จะต้องมากกว่า 2 Cd/m^2 ดังรูป 2.6



รูปที่ 2.6 แสดงค่า revealing power (RP) เมื่อความส่องสว่างเฉลี่ย (L_{av}) ของผิวถนนเปลี่ยนไปที่ U_o และ TI ต่าง ๆ กัน

2.1.6 Visual acuity

คือส่วนกลับของมุม ที่มองเห็นวงแหวนแลนดอลท์เปิดพอดีคิดเป็นลิปดา

$$\text{visual acuity} = \frac{1}{\alpha}$$

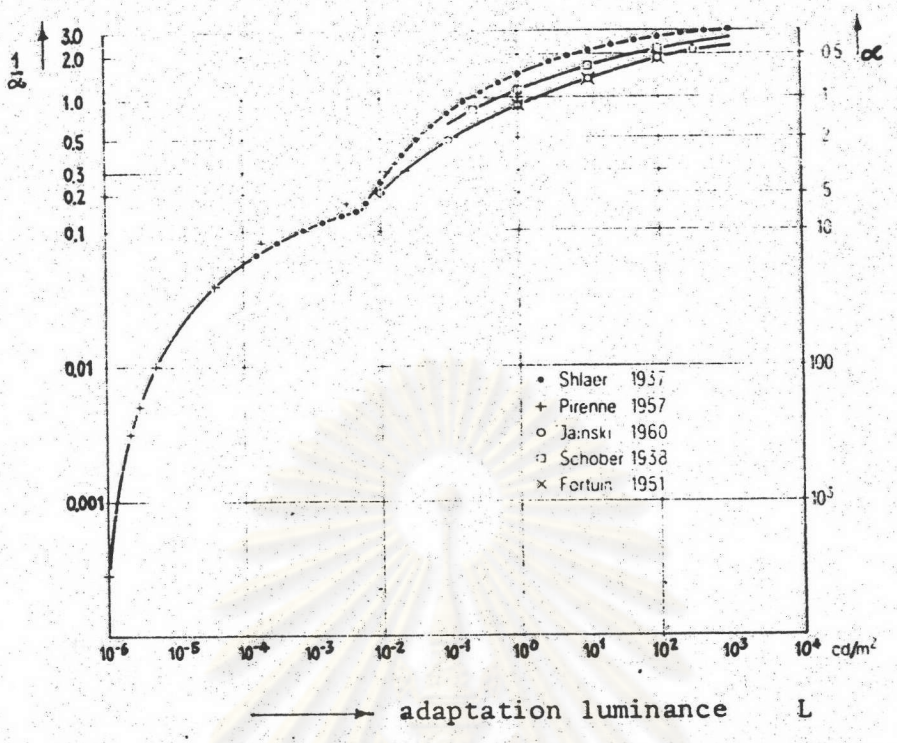
เช่นการมองวัตถุมาตรฐานที่ใช้ในการทดลองเป็นสี่เหลี่ยมลูกบาศก์ขนาด 20 เซ็นติเมตร เมื่อเริ่มสังเกตเห็นวัตถุได้ที่ระยะทาง 160 เมตร จะได้ค่า

$$\alpha = \frac{180 \times 60}{\pi} \times \frac{20}{160 \times 100}$$

$$= 4.2 \text{ ลิปดา}$$

หรือ visual acuity $= 0.2$ ลิปดา$^{-1}$

จากรูป 2.7 ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง visual acuity กับความส่องสว่างของผิวถนน จะได้ว่าผู้ขับขี่ยวดยานจะเริ่มสังเกตเห็นวัตถุสี่เหลี่ยมลูกบาศก์ดังกล่าว เมื่อผิวถนนมีค่าความส่องสว่างประมาณ 10^{-2} Cd/m^2 และจะสามารถสังกเกตเห็นวัตถุได้ระยะทางไกลขึ้นเมื่อค่า L มีค่ามากขึ้นจนสูงสุดประมาณ 10^2 ถึง 10^3 Cd/m^2



รูปที่ 2.7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง visual acuity กับความส่องสว่างของผิวถนน

2.2 การมองเห็นแล้วสบายตา (visual comfort)

ในการขับขี่ยวดยานบนถนน นอกจากการสังเกตเห็นวัตถุดังที่กล่าวมาแล้ว ความสบายตาในการมองแสงไฟขณะขับขี่ยวดยานก็มีความสำคัญมากในด้านความปลอดภัย เพราะถ้าผู้ขับขี่ยวดยานมีความสบายตาก็จะทำให้ความเครียดของประสาทตาลดลง ซึ่งทำให้ผู้ขับขี่ยวดยานไม่เพลียจนเกินไป

2.2.1 ระดับความส่องสว่าง

ระดับความส่องสว่างเฉลี่ยของผิวถนนที่มีค่าสูงขึ้น แต่ต่ำกว่าระดับความส่องสว่างที่ทำให้เกิด disability glare จะทำให้การมองเห็นดีขึ้นและสบายตามากยิ่งขึ้น

2.2.2 ความสม่ำเสมอในแนวยาวของถนน (Longitudinal Uniformity)

ความสม่ำเสมอในแนวยาวของถนนของช่องวิ่งตามแนวถนนก็เป็นอีกลักษณะหนึ่งที่ทำให้ผู้ขับขี่ยวดยานมีความสบายตาในขณะขับขี่ยวดยานไปตามถนน เพราะหากมีค่า longitudinal

uniformity ต่ำ คือมีความส่องสว่างของผิวถนนน้อยและมากสลับกันไป ก็จะทำให้คล้ายกับเรามองดูตัวม้าลายวิ่งผ่านหน้าไป ซึ่งอาจเกิดอาการตาลายและก่อให้เกิดอุบัติเหตุตามมาก็ได้

ค่าความสม่ำเสมอในแนวยาวของถนนเป็นอัตราส่วนของความส่องสว่างต่ำสุดต่อความส่องสว่างสูงสุดในช่องวิ่งของถนนที่พิจารณา

$$\text{จะได้} \qquad U_1 = \frac{L_{min}}{L_{max}}$$

ซึ่งค่า U_1 ยิ่งมีค่ามากจะทำให้การมองเห็นยิ่งสบายตามากขึ้น ค่า U_1 จะเริ่มพอใช้ได้ที่ค่าเท่ากับ 0.5

2.2.3 Discomfort glare

แสงไฟจากโคมไฟที่เข้าตาผู้ขับขี่ยวดยานไปบนถนน นอกจากจะทำให้ความสามารถในการสังเกตเห็นวัตถุลดลงแล้ว ยังทำให้เกิดความไม่สบายตาอีกด้วย ค่า discomfort glare ที่ทำให้เกิดความไม่สบายตานี้ จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของหลอดไฟ โคมไฟ และการติดตั้งโคมไฟ ตัวแปรที่ทำให้ค่า discomfort glare เปลี่ยนแปลงไปเป็นข้อ 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 factor ของหลอดไฟซึ่งขึ้นกับ spectral distribution ของแสงจากหลอดไฟ

ข. ลักษณะการติดตั้งโคมไฟ

L_{av} เป็นค่าเฉลี่ยความส่องสว่างของผิวถนน

h' เป็นความสูงจากระดับสายตาซึ่งสูงจากพื้น 1.5 เมตร จนถึงโคมไฟ มีหน่วยเป็นเมตร

P เป็นจำนวนโคมไฟต่อความยาวของถนน 1 กิโลเมตร

จากลักษณะในข้อ ก. และ ข. นี้ ซี ไอ อี ได้กำหนดเป็นสมการ เพื่อหาค่า discomfort glare หรือเรียกว่า discomfort glare control mark (G) ได้ดังนี้

$$G = 13.84 - 3.31 \log I_{80} + 1.3 (\log I_{80}/I_{88})^{0.5} - 0.08 \log I_{80}/I_{88} + 1.29 \log F + C + 0.97 \log L_{av} + 4.41 \log h' - 1.46 \log P$$

หรือ $$G = SLI + C + 0.97 \log L_{av} + 4.41 \log h' - 1.46 \log P$$

เมื่อ SLI = specific lantern index

ซึ่งสมการนี้จะใช้ได้ต่อเมื่อ

$50 < I_{80} < 7000$ (Cd)

$1 < I_{80}/I_{88} < 50$

$0.007 < F < 0.4$ (m^2)

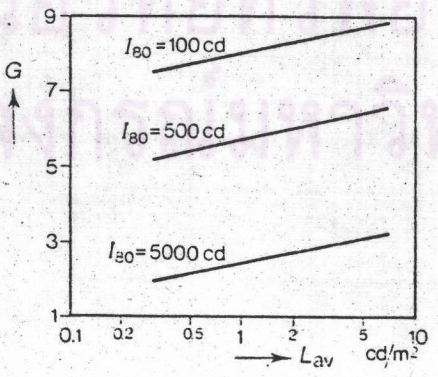
$0.3 < L_{av} < 7$ (Cd/m^2)

$5 < h' < 20$ (m)

$20 < P < 100$

luminaire rows = 1 or 2

จากการสังเกตไฟถนนจะได้ว่าถ้าค่า G ยิ่งมากขึ้น ทำให้ผู้สังเกตยิ่งมีความสบายตามากยิ่งขึ้น ดังรูป 2.8 เป็นรูปแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า L_{av} และค่า G เมื่อการติดตั้งไฟถนนแบบ single sided โดยมีค่า I_{80} ต่าง ๆ กัน ค่า h' = 7.5 m, P = 33, F = 0.07 m^2 และ I_{80}/I_{88} = 1.75



รูปที่ 2.8 แสดงค่า discomfort glare control mark (G) กับความส่องสว่างเฉลี่ย (L_{av}) ของผิวถนน

ในการทดลองของ ซี ไอ อี เกี่ยวกับการกำหนดค่า G นั้นได้ให้คนจำนวนมากนั่งรถที่ขับไปตามถนนในสภาพการติดตั้งไฟถนนต่าง ๆ กัน แล้วสอบถามถึงความพึงพอใจและความสบายตาในการมองผิวถนนแล้วสรุปผลออกมาว่า

ถ้า G = 1 หมายถึง มีแกล์ระดับที่ทนไม่ได้

G = 3 หมายถึง มีแกล์ระดับที่รบกวนในตา

G = 5 หมายถึง มีแกล์ระดับที่พอรับได้

G = 7 หมายถึง มีแกล์ระดับที่น่าพอใจ

G = 9 หมายถึง ไม่รู้สึกว่ามีแกล์เลย

ส่วนค่า G ที่เป็นเลขคู่หมายถึงความรู้สึกที่อยู่ระหว่างค่า G ที่เป็นเลขคี่นั้น ๆ และเป็นที่สังเกตว่าการคำนวณค่า G นั้นไม่ขึ้นอยู่กับความสม่ำเสมอของความส่องสว่าง ความกว้างของถนน หรือแบบการติดตั้งโคมไฟเลย

2.3 <u>ชนิดของถนนและค่าทางแสงสว่างของไฟถนน</u>

จากสภาพการมองเห็นวัตถุบนถนน ขณะขับขี่ยวดยานไปบนถนนที่ติดตั้งไฟถนนซึ่งได้ศึกษามาแล้วนั้น ทำให้รู้ว่าการติดตั้งไฟถนนแต่ละแห่ง จะต้องพิจารณาถึงสภาพการจราจรของถนนแห่งนั้น ๆ คือ การจราจรคับคั่งหรือไม่ และยวดยานขับด้วยความเร็วหรือไม่อย่างไรดังนี้เป็นต้น ซึ่งจากเหตุผลดังกล่าวนี้ ซี ไอ อี จึงได้พิจารณาแบ่งประเภทของถนนออกเป็น 5 ประเภท ดังตารางที่ 2.1

จากตารางที่ 2.1 ทำให้รู้ประเภทของถนน ความคับคั่งของการจราจร และความเร็วในการขับขี่ยวดยานบนถนน ซี ไอ อี จึงได้ให้คำแนะนำในการกำหนดค่าทางแสงสว่างในการติดตั้งไฟถนน ดังตารางที่ 2.2 ซึ่งเหตุผลในการกำหนดค่าต่าง ๆ ในตารางที่ 2.2 นั้น พอจะประมวลได้จากการศึกษาเรื่อง visual performance และ visual comfort แล้วดังนี้

ค่า L_{av} ควรอยู่ระหว่าง 0.5 ถึง 10^2 Cd/m^2 ทั้งนี้เพื่อให้มี revealing power และ visual acuity ดีพอที่จะสังเกตเห็นวัตถุและคนเดินถนน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับประเภทของถนน โดยที่ค่า L_{av} เป็นค่าต่ำสุด ก็เพื่อผลทางเศรษฐกิจนั่นเอง

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 เท่าจากเดิม จึงจะทำให้การสังเกตเห็นวัตถุบนถนนดีดังเดิมดังนี้เป็นต้น

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

ค่า U_l จะต้องมีค่าไม่น้อยกว่า 0.5 จึงจะเริ่มทำให้การมองไฟถนนมีความสบายตาพอใช้ได้

ค่า G ก็จะต้องมีค่าไม่น้อยกว่า 4 จึงจะเริ่มทำให้การมองไฟถนนมีความสบายตาพอใช้ได้เช่นกัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.1 ประเภทถนนตามคำแนะนำของ ซี ไอ อี

	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.

* In cases where the road lay-out is below standard for the considered type and density of traffic, it is advised to install a lighting quality higher than the recommended one. In cases, however, where the road lay-out is considered to be above standard for the expected traffic density, a slight decrease of the lighting quality may be economically justified.

** Speed limit approx. 70 km/h.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.2 คำแนะนำค่าแสงสว่างไฟถนนของ ซี ไอ อี

Category		Surrounds	Luminance level	Uniformity ratios		Glare restriction	
			Average road surface luminance L_{av} (cd m^{-2}) ⩾	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

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย