มาตรฐานและมาตรฐานการปฏิบัติวิชาชีพอ้างอิงในข้อ 2. เกี่ยวข้องกับสมรรถนะทางแสงโดยตรงในการพิจารณากำหนด ระดับชั้นการส่องสว่างของถนน (Lighting classes) การจำแนกโคมไฟถนนตามสมรรถนะทางแสง และวิธีการคำนวณค่าสมรรถนะด้านความสว่าง ค่าความส่องสว่างและค่าที่เกี่ยวข้องเกณฑ์สมรรถนะการส่องสว่างไฟถนน เป็นเรื่องสำคัญมากสำหรับประสิทธิภาพและการประหยัดพลังงาน ในการออกแบบไฟถนน ผู้ออกแบบได้คำนึงถึงสมรรถนะด้านความสว่าง ใช้ค่าความสว่าง(Illuminance) และความสม่ำเสมอของความสว่างเป็นเกณฑ์ในการออกแบบต่อมาได้ปรับเปลี่ยนไปใช้ค่าความส่องสว่าง (Luminance) ความสม่ำเสมอรวมของความส่องสว่างและความสม่ำเสมอในแต่ละช่องทางวิ่งของความส่องสว่าง ตลอดจนปัจจัยที่ก่อให้เกิดความจ้าตา (Glare) เป็นเกณฑ์ในการออกแบบ การใช้ค่าความส่องสว่างนี้ได้รวมปัจจัยเกี่ยวกับคุณสมบัติการสะท้อนแสงของผิวถนนชนิดต่าง ๆ เข้าไปด้วยการออกแบบไฟถนนในยุคปัจจุบัน นอกจากจะต้องคำนึงถึงสมรรถนะด้านความส่องสว่างแล้ว ยังต้องคำนึงถึงประสิทธิภาพทางพลังงาน (Energy efficiency) ของระบบด้วย ทั้งนี้เพื่อให้เกิดการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด และช่วยลดผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมด้วยมาตรฐานการปฏิบัติวิชาชีพด้านประสิทธิผลทางพลังงานของโคมไฟถนนนี้ ใช้มาตรฐานอ้างอิง CIEPubl. 115 ซึ่งเป็นมาตรฐานนานาชาติที่มีข้อแนะนำให้ใช้ ไม่เป็นข้อบังคับ มาตรฐาน EN – 13201ของยุโรป เป็นมาตรฐานที่มีข้อบังคับให้ใช้กับการติดตั้งและบำรุงรักษาระบบการส่องสว่างของโคมไฟถนนที่ใหม่กว่า และ ANSI / IESNA RP-8-00 ในการออกแบบและติดตั้งต้องจำแนกประเภทของพื้นที่ถนนดูภาคผนวก ค เพื่อกำหนดระดับชั้นของการส่องสว่างก่อนและพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้อง

3.2.1 การกำหนด ระดับชั้นการส่องสว่างของถนนแต่ละประเภท

ในการออกแบบการส่องสว่างของโคมไฟถนน ต้องคำนึงถึงปัจจัยที่สำคัญทั้งในด้านสมรรถนะการส่องสว่าง และประสิทธิภาพพลังงานของระบบ เพื่อให้ได้มาซึ่งระบบที่เหมาะสมกับสภาพของถนนและกิจกรรมที่เกี่ยวข้องทั้งหมด เช่น

- ปัจจัยทางด้านกายภาพของถนน และสิ่งอำนวยความสะดวกต่าง ๆ
- ปัจจัยทางด้านกิจกรรมที่จะเกิดขึ้นบนท้องถนน เช่น ปริมาณการจราจร ความเร็วของยานพาหนะ
- การใช้งานร่วมกันของผู้ใช้ถนนประเภทต่าง ๆ
- ปัจจัยทางด้านสภาพแวดล้อม สภาพภูมิอากาศ

มาตรฐานดังกล่าวประกอบด้วย มาตรฐานสากลที่เกี่ยวข้องหลายฉบับ ที่ใช้งานในการออกแบบไฟแสงสว่างถนน เช่น

1. CIE Publ. 115-2007 Recommendations for the Lighting of Motorized Traffic

2. CIE Publ. 132-1999 Design Methods for Lighting of Roads

3. CEN/TR 13201-1 Road Lighting-Part 1: Selection of lighting classes

4. EN 13201-2 Road Lighting – Part 2: Performance requirements

5. ANSI / IESNA RP-8-00 American National Standard Practice for Roadway Lighting, 2000 (Reaffirmed 2005)

มาตรฐานเหล่านี้ มีการแบ่งพื้นที่ของถนนออกไปตามกิจกรรมหลัก เช่น เพื่อยานพาหนะความเร็วสูงเป็นหลัก (Motorized traffic) พื้นที่ที่มีลักษณะเป็นพื้นที่ขัดแย้งกัน (Conflict area) เช่น ทางแยก วงเวียน ทางแยกออกจากถนนหลัก เป็นถนนและพื้นที่สำหรับคนเดินเท้า และยานพาหนะความเร็วต่ำ เช่น รถจักรยาน เป็นต้น เมื่อได้กำหนดเป็นพื้นที่ประเภทต่าง ๆ แล้ว ลำดับถัดไปก็จะกำหนด ระดับชั้นการส่องสว่างตามปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง โดยระดับชั้นการส่องสว่างแต่ละระดับชั้นจะมีเกณฑ์กำหนดด้านการส่องสว่างที่แตกต่างกันไป เช่น ระดับความสว่างหรือความส่องสว่าง ความสม่ำเสมอของการให้ความสว่าง เป็นต้น

3.2.2 การกำหนดระดับชั้นการส่องสว่างของ CIE

ก) CIE ได้ระบุประเภทของพื้นที่ออกเป็น 3 ประเภท ประกอบด้วย

- ประเภท M: การจราจรด้วยรถยนต์ (Motorized traffic)
- ประเภท C: พื้นที่ขัดแย้งกัน (Conflict areas)
- ประเภท P: การจราจรของคนเดินเท้า (Pedestrian traffic)

ข) พื้นที่ประเภท M แบ่งออกเป็น 5 ระดับ คือ M1, M2, M3, M4 และ M5 โดยเรียกว่า ระดับชั้นการส่องสว่าง M ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับพารามิเตอร์ที่มีอิทธิพลสำหรับการจราจรด้วยรถยนต์ (Motor traffic) ดังต่อไปนี้

- ความเร็ว (Speed) ของรถยนต์ในพื้นที่ : สูง หรือ ปานกลาง
- ปริมาณจราจร: สูงมาก สูง ปานกลาง ต่ำ หรือ ต่ำมาก
- สัดส่วนจราจร: ผสม (ยานยนต์มีเปอร์เซนต์ต่ำ) ผสม หรือ มีแต่ยานยนต์อย่างเดียว
- การแยกส่วนช่องทางเดินรถ : ไม่มี หรือ มี
- ความหนาแน่นของทางแยก : สูง หรือ ปานกลาง

- รถจอดริมถนน : มี หรือ ไม่มี
- ความส่องสว่างโดยรอบ : สูงมาก สูง ปานกลาง ต่ำ หรือ ต่ำมาก
- การนำทางการมองเห็น, การควบคุมจราจร : เลว ดี หรือ ดีมาก

โดยมีรายละเอียดแสดงในภาคผนวก ก. ตารางที่ ก. 3 สำหรับตัวอย่างวิธีเลือกระดับชั้นการส่องสว่างของพื้นที่ประเภท M แสดงในตารางที่ ก. 5

ค) เมื่อกำหนดระดับชั้นการส่องสว่างประเภท M แล้ว ใช้เกณฑ์ที่เกี่ยวข้อง ตามที่ระบุในตารางที่ ก.4 โดยมีเกณฑ์ที่เกี่ยวข้องกับ

-ระดับและความสม่ำเสมอของความส่องสว่างของถนน(Luminance,luminance uniformity of road)

- การส่องสว่างของพื้นที่โดยรอบ (Lighting of the surrounds of the road)
- การจำกัดของความจ้าตา (Limitation of glare)
- การนำทางการมองเห็น (Direct visual guidance)

ง) พื้นที่ประเภท C และ P ไม่รวมในประมวลหลักปฏิบัติวิชาชีพนี้

3.2.3 การกำหนด ระดับชั้นการส่องสว่าง ของ EN

ก) มาตรฐานของยุโรป (European Norm: EN) ได้ระบุประเภทของพื้นที่ถนนในลักษณะเดียวกับ CIEกล่าวคือ แบ่งออกเป็น

- ประเภท ME: มอเตอร์เวย์และเส้นทางการจราจร (Motorways and traffic routes)
- ประเภท CE: พื้นที่ขัดแย้งกัน (Conflict areas)
- ประเภท S: ถนนสาขา (Subsidiary roads)

ข) การระบุระดับชั้นการส่องสว่างของพื้นที่ประเภท ME ดูรายละเอียดในตารางที่ ก.6

ค) เกณฑ์ด้านการส่องสว่างของระดับชั้นการส่องสว่าง ME มีรายละเอียดแสดงในตารางที่ ก.7

ง) พื้นที่ประเภท CE และ S ไม่รวมในประมวลหลักปฏิบัติวิชาชีพนี้

3.2.4 การเลือกระดับชั้นการส่องสว่าง สำหรับถนนในประเทศไทย

เนื่องจากมาตรฐานการปฏิบัติวิชาชีพนี้จะมุ่งเน้นในส่วนของพื้นที่ประเภท M หรือ ME จากการเปรียบเทียบเกณฑ์ของ CIE และ EN พบว่ามีลักษณะเหมือนกัน ต่างกันที่ค่าตัวเลขของเกณฑ์เพียงบางตัวเท่านั้น

- ประเภท M1 เหมือนกับ ประเภท ME1
- ประเภท M2 เหมือนกับ ประเภท ME2
- ประเภท M3 มีค่า TI ต่ำกว่า ประเภท ME3c
- ประเภท M4 ไม่ต้องการค่า Ul และ SR เมื่อเทียบกับ ประเภท ME4
- ประเภท M5 มีค่า Uo สูงกว่า และไม่ต้องการค่า Ul และ SR เมื่อเทียบกับ ประเภท ME5

การใช้เกณฑ์การส่องสว่าง จึงสามารถใช้ได้ทั้งเกณฑ์ของ CIE และ EN ทั้งนี้ในการวิเคราะห์การออกแบบ สามารถใช้โปรแกรมสำเร็จรูป ซึ่งมีความสามารถในการตรวจสอบกับเกณฑ์ที่กำหนดดังกล่าวได้ การส่องสว่างถนนของประเทศไทย ต้องมีสมรรถนะด้านการส่องสว่างตามเกณฑ์ที่ระบุในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 เกณฑ์สมรรถนะ การส่องสว่างถนนของประเทศไทย

ชนิดของถนน	ระดับชั้นการส่องสว่าง	ความส่องสว่าง (ข้อกำหนด)					ความสว่าง (ข้อแนะนำ)			ชนิดของโคมไฟถนน (ข้อแนะนำ)
		Lav cd/m^3	U_0	U_l	TI (%)	SR	แบบ R	Eav lx	U1	
ทางด่วน มอเตอร์เวย์ ถนนที่มีการสัญจรความเร็วสูง	M1	2	0.4	0.7	10	0.5	R1 R2 R3	20 28 28	0.4 0.4 0.4	Intermediate, Narrow, Limited, Type II,Cut-off
ถนนสายประธาน/ถนนสายหลักมีรถมาก	M1	2	0.4	0.7	10	0.5	R1 R2 R3	20 28 28	0.4 0.4 0.4	Intermediate, Narrow, Limited, Type II,Cut-off
ถนนสายหลักมีรถป่านกลาง	M2	1.5	0.4	0.7	10	0.5	R1 R2 R3	15 21 21	0.4 0.4 0.4	Intermediate, Narrow, Limited, Type II,Cut-off
ถนนสายรอง/ทางสายรอง	M3	1	0.4	0.5	15	0.5	R1 R2 R3	10 14 14	0.4 0.4 0.4	Intermediate, Narrow, Limited, Type II,Cut-off
ถนนเชื่อมกับถนนใหญ่	M4	0.75	0.4	0.5	15	0.5	R1 R2 R3	8 11 11	0.4 0.4 0.4	Intermediate, Narrow, Limited, Type II,Cut-off
ถนนตามที่อยู่อาศัย	M5	0.5	0.4	0.5	15	0.5	R1 R2 R3	5 7 7	0.4 0.4 0.4	Intermediate, Narrow, Limited, Type II,Cut-off

1) ความส่องสว่างเฉลี่ยของพื้นผิวถนน (Average luminance of road surface, Lav)

ความส่องสว่างเฉลี่ยของพื้นผิวถนน (Lav) หมายถึง ค่าต่ำสุดที่มีความสูญเสีย (ต้องบำรุงรักษา ตลอดอายุการติดตั้งใช้งาน) ซึ่งขึ้นอยู่กับการกระจายแสงของโคมไฟฟ้า ฟลักซ์ส่องสว่างของหลอดไฟฟ้า ค่าทางเรขาคณิตของตำแหน่งการติดตั้งโคมไฟถนน และคุณสมบัติการสะท้อนแสงของพื้นผิวถนน โดยระดับค่าเฉลี่ยที่สูงกว่าก็สามารถยอมรับได้ถ้าพิสูจน์ได้ว่าคุ้มค่าทางเศรษฐกิจ

การคำนวณและการวัดค่าความส่องสว่างโดยเฉลี่ยของพื้นผิวถนนให้เป็นไปตาม CIE Publ.140

2) ค่าความสม่ำเสมอรวมของความส่องสว่างถนน (Overall uniformity of road luminance, Uo)

ค่าความสม่ำเสมอรวมของความส่องสว่างถนน (Uo) หมายถึง อัตราส่วนของค่าความส่องสว่างต่ำสุด ณ จุดหนึ่ง เทียบกับ ค่าความส่องสว่างเฉลี่ยของพื้นผิวถนน ค่าความสม่ำเสมอรวมของความส่อง สว่างถนนขึ้นอยู่กับองค์ประกอบเดียวกันกับองค์ประกอบของค่า Lav

3) ค่าความสม่ำเสมอตามยาวของความส่องสว่างพื้นผิวถนน (Longitudinal uniformity of road surface luminance, Ul)

ค่าความสม่ำเสมอตามยาวของความส่องสว่างพื้นผิวถนน (Ul) หมายถึง อัตราส่วนของความส่องสว่างต่ำสุด เทียบกับ ความส่องสว่างสูงสุดตามแนวเส้นขนานหนึ่งหรือหลายเส้นที่ขนานกับทางวิ่งของถนน ให้คำนวณและวัดตาม CIE Publ. 140 และค่าความสม่ำเสมอตามยาวของความส่องสว่างพื้นผิวถนนขึ้นอยู่กับองค์ประกอบเดียวกันกับองค์ประกอบของค่า Lav

4) ส่วนเพิ่มขีดเริ่มเปลี่ยน (Threshold increment, TI)

ส่วนเพิ่มขีดเริ่มเปลี่ยน (TI) หมายถึง ขนาดของความสูญเสียทัศนวิสัยเนื่องจากความจ้าตาแบบเสียความสามารถจากโคมไฟถนน คำนวณได้จากสมการ ซึ่งคิดเป็นร้อยละจากค่าที่เพิ่มขึ้นของความแตกต่างระหว่างความส่องสว่างที่จำเป็นสำหรับทำให้เห็นวัตถุที่ต้องเห็นในขณะที่มีความจ้าตา กับ เมื่อเพิ่งเห็นวัตถุนั้นในขณะที่ไม่มีความจ้าตา (นั่นคือ เมื่อบัง (Screen)ไม่ให้ผู้สังเกตมองเห็นโคมไฟถนน) วิธีคำนวณทางคณิตศาสตร์มีแสดงใน CIE 31-1976 :Glare and Uniformity in Road Lighting Installations และเป็นการคำนวณสำหรับโคมไฟถนนสะอาดที่ใส่หลอดไฟฟ้าเปล่งฟลักซ์ส่องสว่างเริ่มต้น

ให้คำนวณ TI ในภาวะเลวที่สุด กล่าวคือ ด้วยโคมไฟฟ้าสะอาดและฟลักซ์ส่องสว่างเริ่มต้นของหลอดไฟฟ้า

5) อัตราส่วนบริเวณแวดล้อม (Surround ratio, SR)

อัตราส่วนบริเวณแวดล้อม (SR) หมายถึง ความสว่างเฉลี่ยบนทางยาว (Strips) กว้าง 5 เมตร หรือแคบกว่าถ้าที่ว่างไม่อำนวย ซึ่งอยู่ชิดขอบทั้งสองของช่องทางเดินรถ เทียบกับ ความสว่างเฉลี่ยบนทางยาวประชิด (Adjacent strips) กว้าง 5 เมตร หรือครึ่งหนึ่งของความกว้างช่องทางเดินรถแล้วแต่ความกว้างใดแคบกว่าในช่องทางเดินรถนั้น ส่วนช่องทางเดินรถคู่ ให้ถือเสมือนว่า ช่องทางเดินรถทั้งสองเป็นช่องทางเดินรถเดี่ยว ยกเว้นช่องทางเดินรถทั้งสองนั้นอยู่ห่างกันเกิน 10 เมตร

ประโยชน์ของอัตราส่วนบริเวณแวดล้อม คือ เพื่อทำให้แน่ใจว่าแสงที่ส่องโดยตรงให้แก่บริเวณ แวดล้อมมีเพียงพอที่ทำให้เห็นวัตถุที่ต้องเห็น แสงนี้ยังเป็นประโยชน์ต่อคนเดินเท้าในพื้นที่ที่มีทางเท้าด้วย

ในสถานการณ์ที่มีการส่องสว่างบริเวณแวดล้อมแล้ว ก็ไม่จำเป็นต้องใช้อัตราส่วนบริเวณแวดล้อม

6) ค่าความสว่างเฉลี่ยบนพื้นผิวถนน (Average illuminance on road surface, Eav)

หมายถึง ค่าต่ำสุดที่มีความสูญเสีย (ต้องบำรุงรักษา) ตลอดอายุการติดตั้งใช้งานของความสว่างเฉลี่ยบนพื้นผิวถนนซึ่งขึ้นอยู่กับการกระจายแสงของโคมไฟฟ้า ฟลักซ์ส่องสว่างของหลอดไฟฟ้า ค่าเรขาคณิตของตำแหน่งการติดตั้งโคมไฟถนน

การคำนวณและการวัดค่าความสว่างโดยเฉลี่ยบนพื้นผิวถนนให้เป็นไปตาม CIE Publ. 140

7) ความสม่ำเสมอของความสว่างบนพื้นผิวถนน (Illuminance uniformity on road surface, U1)

หมายถึง อัตราส่วนของความสว่างตามแนวราบ ต่ำสุด เทียบกับ ความสว่างเฉลี่ยตามแนวราบเพื่อให้แน่ใจว่ามีการใช้รถใช้ถนนเป็นไปอย่างปลอดภัย ความสว่างเฉลี่ยตามแนวราบ (Eav)และความสม่ำเสมอของความสว่างบนพื้นผิวถนน ต้องเพียงพอ

3.3 การจัดประเภทผิวถนน [4]

การคำนวนค่าความส่องสว่าง บนผิวถนนต้องใช้คุณสมบัติการสะท้อนแสงในทิศทางต่าง ๆ ของผิวถนน ตามมาตรฐานก่อสร้างทาง พ.ศ. 2537 ของกรมทางหลวง ผิวถนนที่ก่อสร้างทั่วไป คือ ผิวคอนกรีตและ แอสฟัลส์ สมบัติการสะท้อนแสงของผิวถนนทั้งสองนี้ CIE แบ่งเป็น 4 แบบ โดยปริมาณของค่า Qo เป็นตัวบอกประเภทของผิวถนนอย่างหยาบ ๆ ผลการจัดประเภทของผิวถนนตามลักษณะของ Qo มีดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 การแบ่งประเภทของผิวถนน

ประเภท	ค่า Q_0	แบบการสะท้อนแสง
R1	0.1	ด้านมาก
R2	0.07	ด้านและเงาผสมกัน
R3	0.07	เงาน้อย
R4	0.08	เงามาก

R1 แทน ผิวถนนคอนกรีต (Portland cement concrete) หรือ ผิวถนนแอสฟัลท์ที่ผสมหินบดและมีหินบดสีขาวสะท้อนแสงได้ดีไม่น้อยกว่า 12 % ของจำนวนหินบด

R2 แทน ผิวถนนแอสฟัลท์ที่ผสมหินบดที่สะท้อนแสงไม่ดีไม่น้อยกว่า 60 % ของจำนวนหินบด

R3 แทน ผิวถนนแอสฟัลท์ที่ผสมหินบดสีทึบแสง

R4 แทน ผิวถนนดาดด้วยแอสฟัลท์ที่มีผิวเรียบมาก

สมบัติของผิวถนนซึ่งแทนด้วย R1, R2, R3 และ R4 มีการกำหนดค่าในรูปของ r -Table โดย CIEค่าสัมประสิทธิ์ความส่องสว่างเฉลี่ย Qo เป็นตัวบอกถึงระดับความสามารถในการสะท้อนแสงทั้งหมดของผิวถนน

3.4 การออกแบบไฟถนน [1][4]

การออกแบบระบบแสงสว่างถนนนั้นนอกจากจะต้องให้มีปริมาณของแสงสว่างที่เพียงพอแล้ว ควรคำนึงถึงระดับของแสงบาดตาที่ต้องไม่มากเกินไปและควรมีความสม่ำเสมอของแสงด้วย ระดับความสว่างบนพื้นถนนที่ต้องการขึ้นอยู่กับลักษณะของถนน

3.4.1 ระบบแสงสว่างถนน

สิ่งที่จะต้องพิจารณาในการออกแบบระบบแสงสว่างถนน คือ การจัดวางตำแหน่ง ความสูงในการติดตั้ง ระยะห่างระหว่างช่วงเสา มุมเงย และช่วงยื่น ข้อมูลทางแสงที่สำคัญของโคมไฟถนน คือ

1) กราฟแสดงค่าสัมประสิทธิ์การใช้ประโยชน์ หรือ Utilization Factor Diagram ของดวงโคม ซึ่งจะมีประโยชน์ในการออกแบบแสงสว่างแบบเฉลี่ยของไฟถนน

2) ข้อมูลการกระจายแสงของดวงโคม ซึ่งจะใช้ในการคำนวณค่าความส่องสว่าง และความสว่างแบบจุดต่อจุดบนผิวถนน มักแสดงเป็นระบบ C-γ หรือ Isoilluminance Diagram ซึ่งมักเรียกตามหน่วยของความส่องสว่างเป็น Isolux หรือ Isofootcandle Diagram

ภาพที่ 3.1 ตัวอย่างดวงโคมไฟถนนแบบต่างๆ

ภาพที่ 3.1 แสดงตัวอย่างของดวงโคมที่ใช้ในระบบไฟถนน การติดตั้งระบบไฟฟ้าแสงสว่างถนนสามารถทำได้หลายวิธี นอกจากนี้ยังสามารถจัดวางได้หลายรูปแบบขึ้นอยู่กับสภาพเงื่อนไขของถนน ดังแสดงในภาพที่ 3.2

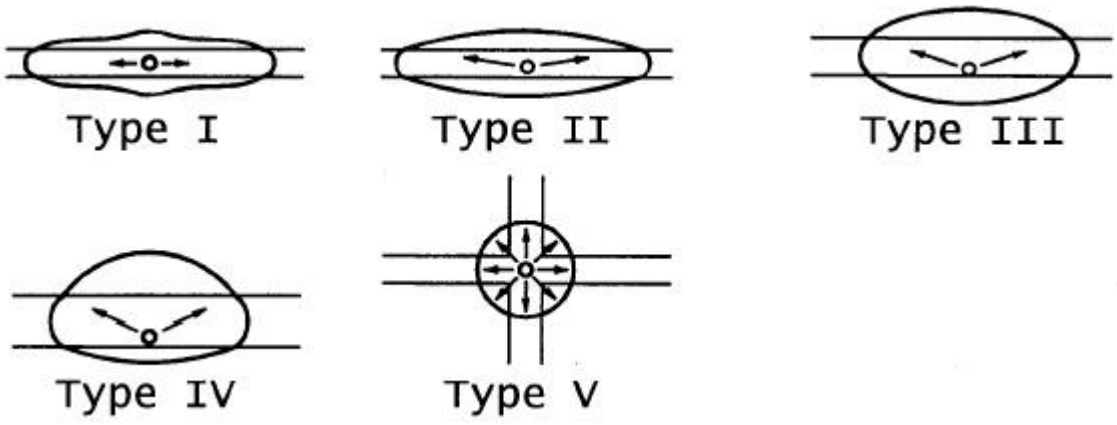
Standard Pole with 9 Foot Davit (9-40)

Double Davit Arm (6D-49)

Double Vertical Mount Pole Arrangement (VMD-45)

High Mast Tower Poles (3-100, 4-100, etc.)

ภาพที่ 3.2 แสดงตัวอย่างการติดตั้งโคมไฟถนน



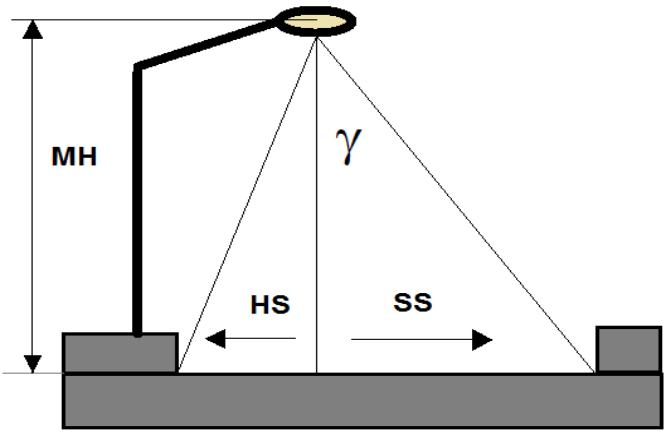
ภาพที่ 3.3 การจัดวางโคมไฟถนนตามลักษณะการกระจายแสงของโคมแบบต่างๆตามมาตราฐาน IES

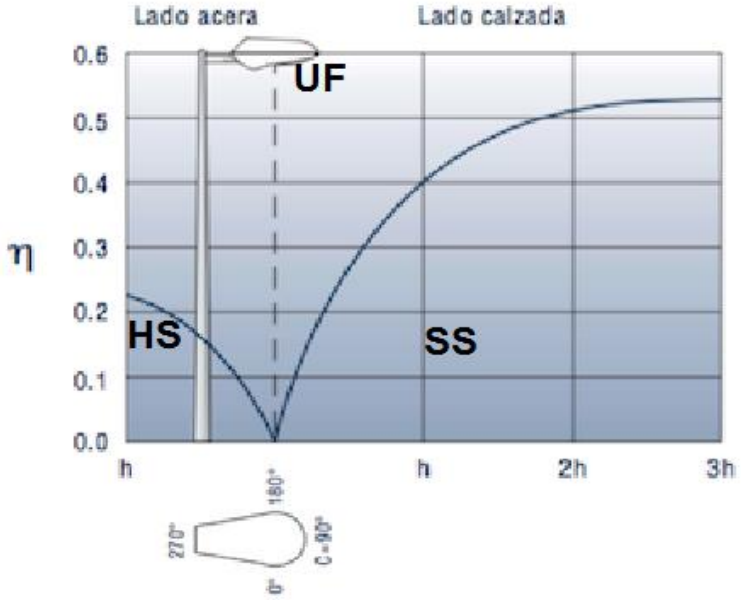
ภาพที่ 3.3 แสดงรูปแบบการจัดวางโคมไฟถนนตามลักษณะการกระจายแสงของดวงโคมแบบต่างๆตามมาตราฐาน IES ควงโคมแบบที่ I และ V จะติดตั้งเสาที่ศูนย์กลางของบริเวณที่ต้องการให้แสงสว่าง โดยดวงโคมแบบที่ I จะใช้ในการให้แสงตามแนวยาวในถนนแคบ ส่วนดวงโคมแบบที่ V จะใช้ในกรณีที่ต้องการกระจายแสงในทุกทิศทาง ซึ่งมักจะเป็นดวงโคมที่ใช้เสาสูง (high mast)

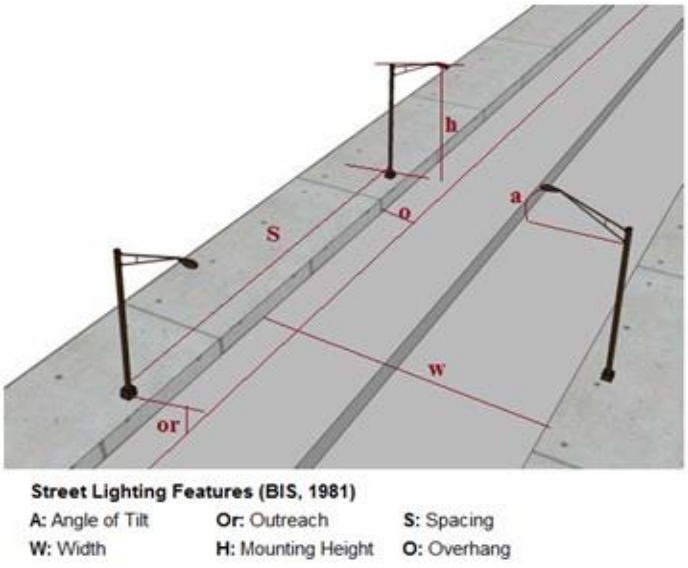
แบบที่ II,III และ IV จะเป็นดวงโคมที่ใช้ในการติดตั้งที่ขอบของบริเวณที่ต้องการให้แสงสว่าง โดยแบบที่ II จะใช้กับถนนแคบ แบบที่ III จะใช้กับถนนที่มีความกว้างปานกลาง ส่วนแบบที่ IV จะใช้กับถนนกว้าง

3.4.2 การออกแบบแสงสว่างแบบเฉลี่ยของไฟถนน

การออกแบบแสงสว่างแบบเฉลี่ยของไฟถนนจะใช้ข้อมูลของดวงโคมคือ Utilization Factor Diagram หรือ Utilization Factor Curve ซึ่งเป็นการแสดงค่าอัตราส่วนของฟลักซ์ส่องสว่าง (Lumen) ที่กระทบบนจุดต่างๆ ของถนนต่อฟลักซ์ส่องสว่างทั้งหมดที่พุ่งออกจากดวงโคม มักจะบอกจากระยะห่างจากดวงโคมเทียบกับระยะเท่าของความสูง (MH) หรือสามารถบอกในรูปของมุมก้ม-เงย ดังภาพที่ 3.4 โดยปกติแล้วค่า UF จะแบ่งออกเป็น 2 ด้าน คือด้านที่อยู่ด้านหน้าดวงโคมหรือเรียกว่าด้านถนน (Street Side,SS) และด้านที่อยู่ด้านหลังดวงโคม (House Side,HS)







ภาพที่ 3.4 แสดงมุมในการพิจารณาค่า UF

ค่า UF นี้สามารถนำมาหา จำนวนหลอดไฟที่ต้องใช้ในหนึ่งดวงโคม หรือหาค่า Lumen ของดวงโคม หรือหาค่าระยะห่างในการติดตั้งดวงโคมได้โดยคำนวณจากสมการ

$$E = \frac{\phi_{total} \cdot UF \cdot LLD \cdot LDD}{w \cdot s}$$

$$E = \frac{n \cdot \phi \cdot UF \cdot LLD \cdot LDD}{w \cdot s}$$

เมื่อ E เป็นค่าความส่องสว่างเฉลี่ย

ϕ_{total} เป็นค่าฟลักซ์ส่องสว่างทั้งหมดที่ออกจากดวงโคม

UF เป็นค่า Utilization Factor หรือค่าสัมประสิทธิ์การใช้ประโยชน์ของดวงโคม

W เป็นค่าความกว้างถนน

S เป็นระยะห่างของดวงโคม

ϕ เป็นค่าฟลักซ์ส่องสว่างทั้งหมดที่ได้จากหลอดไฟ 1 หลอด

n เป็นจำนวนหลอดไฟต่อ 1 ดวงโคม

LLD เป็นค่าความเสื่อมของหลอดไฟ

LDD เป็นค่าความเสื่อมจากความสกปรกของดวงโคม

3.4.3 การคำนวณแบบจุดต่อจุด *(point-by-point)*

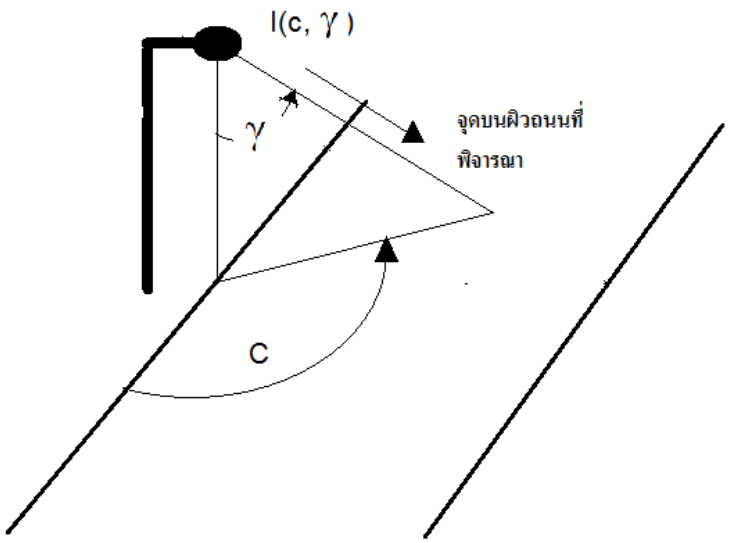
การคำนวณค่าความส่องสว่างแบบจุดต่อจุด จะเป็นการคำนวณเพื่อตรวจสอบค่าความส่องสว่างบนผิวถนนหลังจากที่ได้ทำการออกแบบ นอกจากนี้ยังใช้ในการตรวจสอบความสม่ำเสมอของระบบไฟถนนที่ออกแบบอีกด้วย

1) การตรวจสอบความสม่ำเสมอของระดับความส่องสว่างบนผิวถนน

ค่าความสม่ำเสมอของแสงไฟถนนนั้นสามารถคำนวณได้หลายวิธี โดยทั่วไปแล้วพิจารณาจากค่าความส่องสว่างเฉลี่ยต่อค่าความส่องสว่างต่ำสุด (The average level to the minimum point method)ให้มีค่าไม่เกิน 3:1 อย่างไรก็ตามในบริเวณที่ไม่ใช่ย่านธุรกิจหนาแน่นอาจมีค่าสูงกว่านี้ได้ คืออาจสูงถึง 6:1

2) การคำนวณแบบจุดต่อจุดจากข้อมูลในระบบ C- γ

การบอกค่าความเข้มแสงของดวงโคมไฟถนนจะนิยมบอกในรูปของระบบ C- γดังภาพที่ 3.5



ภาพที่ 3.5 แสดงระนาบ C- γของโคมไฟถนน

การตรวจสอบความสว่างบนผิวถนน จะใช้วิธีที่มีพื้นฐานมาจากการคำนวณแบบจุดต่อจุด (Point – by – Point) โดยเราสามารถคำนวณค่าความส่องสว่างที่จุดต่างๆ บนผิวถนน เพื่อตรวจหาความสม่ำเสมอและค่าเฉลี่ยของความส่องสว่างได้

ค่าความส่องสว่าง E ที่จุด P ใดๆ บนผิวถนนที่เกิดจากดวงโคมจะคำนวณได้จาก

$$E_p = \frac{I(C,\gamma)}{D^2} \cos \gamma$$

หรือ $$E_p = \frac{I(C,\gamma)}{h^2} \cos^3 \gamma$$

เมื่อ E_p เป็นค่าความส่องสว่างที่จุด P

$I(C,\gamma)$ เป็นค่าความเข้มของการส่องสว่างจากดวงโคมที่พิจารณามายังจุด P

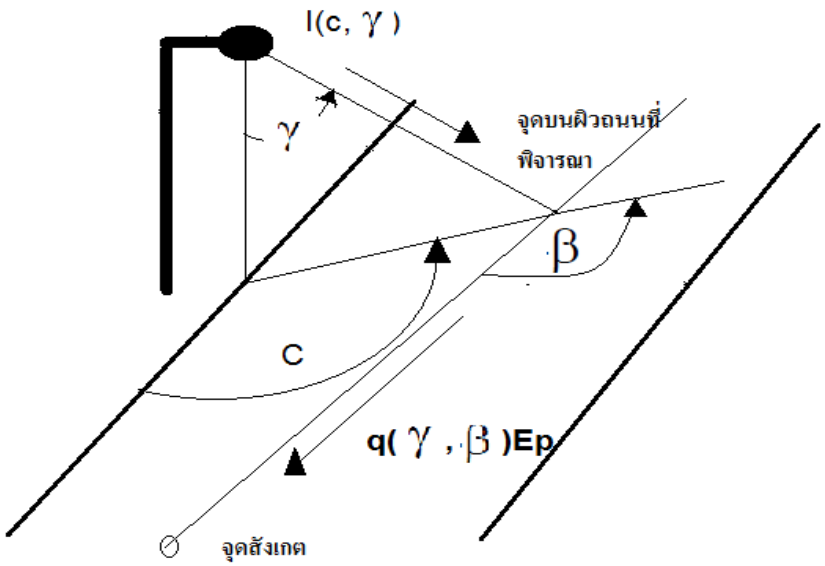
D เป็นระยะห่างจากดวงโคมมายังจุด P

H เป็นความสูงของดวงโคม

ค่า I(C,γ)เป็นค่าความเข้มของการส่องสว่างที่จุด P ที่ส่องจากดวงโคม โดยค่า I(C,γ) สามารถหาได้จากข้อมูลการกระจายแสงของดวงโคม

ค่าความสว่าง (Luminance)ที่จุด P หาได้จาก

$$L_p = E_p \cdot q(\gamma,\beta)$$



ภาพที่ 3.6 แสดงการพิจารณาความสว่าง

โดย q คือค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงที่มองจากจุดสังเกต

ดังนั้น $L_p = \frac{I(C,\gamma)}{h^2} \cos^3\gamma \cdot q(\gamma,\beta)$

ค่า $\cos^3\gamma \cdot q(\gamma,\beta)$ เรียกว่า Reduced Luminance Coefficient ซึ่งขึ้นอยู่กับประเภทของถนน ค่า $\cos^3\gamma \cdot q(\gamma,\beta)$ นี้บางครั้งใช้สัญลักษณ์แทน R โดยค่า R ของผิวถนนมาตราฐานได้แสดงไว้เป็นตารางที่ค่า γ และ β ต่างๆ

ดังนั้น $L_p = \frac{I(C,\gamma)}{h^2} R(\gamma,\beta)$

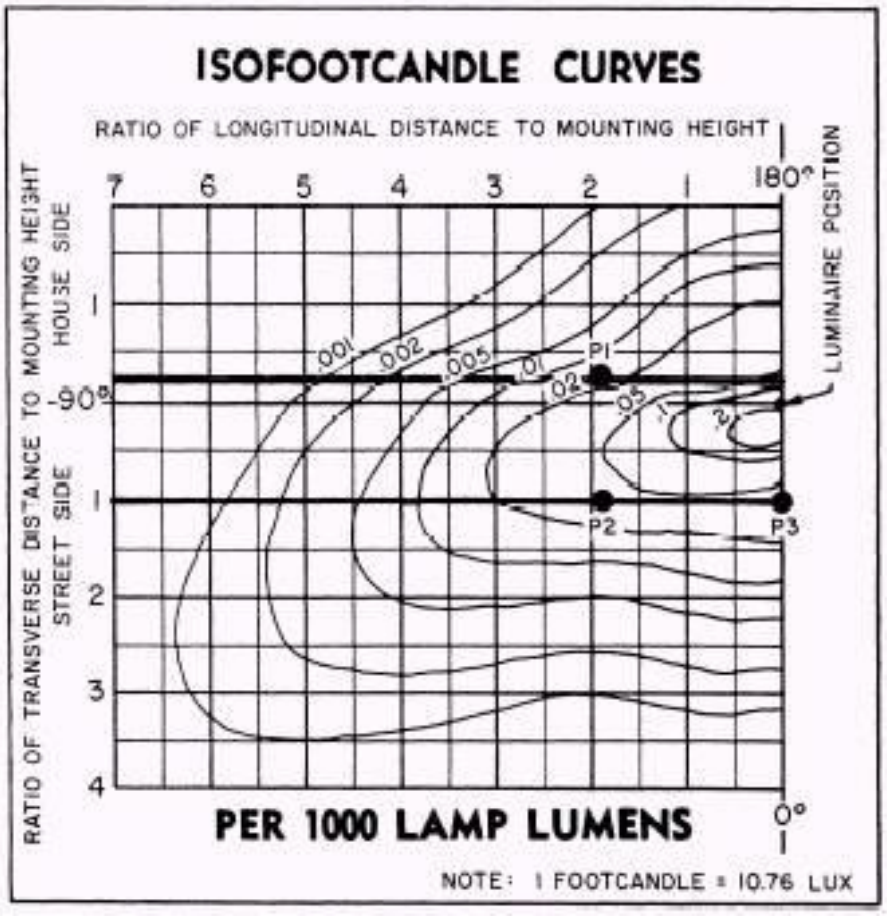
และถ้าเราพิจารณาทุกดวงโคม n โคมในบริเวณจะได้

$$E_p = \sum_n \frac{I(C,\gamma)}{h^2} \cos^3\gamma$$

$$L_p = \sum_n \frac{I(C,\gamma)}{h^2} R(\gamma,\beta)$$

3) การหาค่าความส่องสว่างแบบจุดต่อจุด

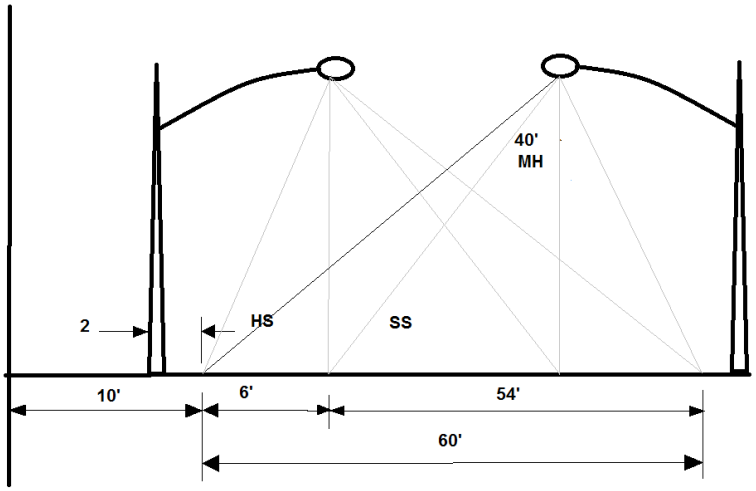
สามารถพิจารณาได้จากข้อมูลกราฟแสดงค่าความส่องสว่าง (Isoluminance) หรือบางครั้งเรียกตามหน่วยของความส่องสว่างว่ากราฟ Isolux หรือ Isofootcandle โดยผู้ผลิตดวงโคมจะทำการทดสอบให้ข้อมูลดังกล่าวมา กราฟดังกล่าวจะแสดงเส้นที่มีค่าของความส่องสว่างในแต่ละระดับดังแสดงในภาพที่ 3.7 โดยในการอ่านค่าจะทำได้โดยหาตำแหน่งของจุดบนถนนที่ต้องการหาค่าความส่องสว่างลงบนกราฟ Isoluminance



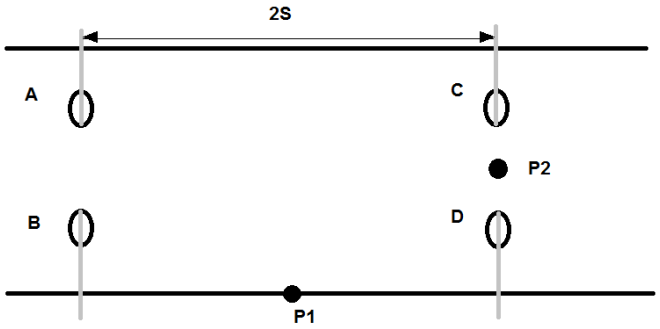
ภาพที่ 3.7 ตัวอย่างแสดงกราฟ Isoluminance

3.5 ตัวอย่างการคำนวณการออกแบบระบบแสงสว่างไฟถนน [1][2]

ตัวอย่างที่ 1 ให้ออกแบบระบบแสงสว่างของถนน โดยใช้ข้อมูลแสงสว่างของดวงโคมไฟถนน และตารางต่างๆ ตามภาพที่ 3.8 และกำหนดให้ระดับปริมาณแห่งการส่องสว่างที่ต้องการคงค่าไว้บนพื้นถนนมีค่าเท่ากับ 1.6 ฟุตแคลเดิลและเลือกใช้หลอดโซเดียมความดันสูง ขนาด 250 วัตต์ ซึ่งมีค่าปริมาณเส้นแรงของแสงสว่างเริ่มต้นเท่ากับ 27,500 ลูเมน ค่าความเสื่อมสภาพของหลอดไฟฟ้า = 0.73 และความเสื่อมสภาพจากความสกปรกของดวงโคมไฟฟ้าถนน = 0.946 และค่าความสม่ำเสมอของการส่องสว่าง(Uniformity) ใช้ได้หรือไม่ถ้าติดตั้งเสาแบบให้ดวงโคมไฟฟ้าถนนอยู่ตำแหน่งตรงกันข้ามกันของ 2 ข้างถนน (Opposite Spacing) มีกราฟการแสดงค่าสัมประสิทธิ์การใช้ประโยชน์ภาพที่ 3.9 และรูปแสดงตำแหน่งปริมาณแห่งการส่องสว่างที่เท่ากันบนพื้นงาน



ภาพที่ 3.8 แสดงระยะต่างๆของการติดตั้งเสาของดวงโคมไฟถนน



ภาพที่ 3.9 แสดงการติดตั้งตำแหน่งเสาของดวงโคมไฟถนนแบบวางตรงข้ามกันทั้งสองข้าง

วิธีทำ ถนนกว้าง = 60 ฟุต

ความกว้างด้านหน้าของดวงโคมไฟถนน (Street Side) = 54 ฟุต

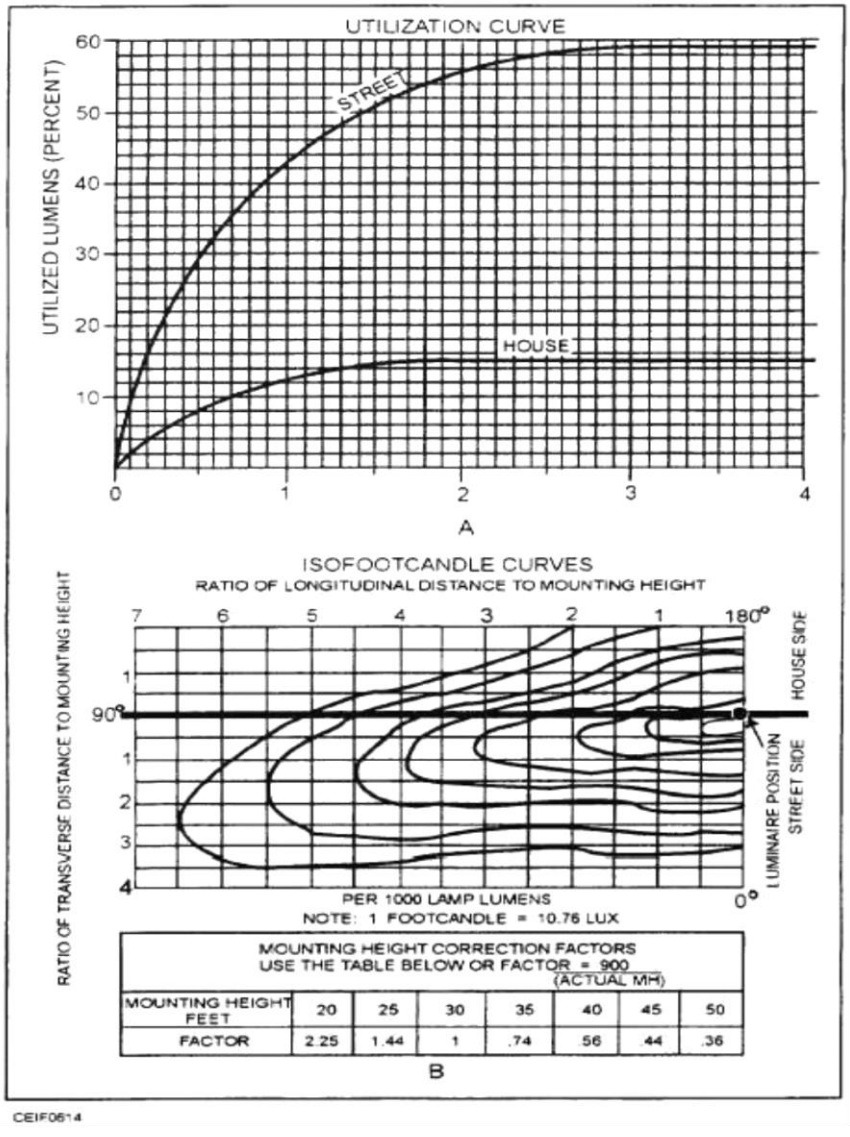
ความกว้างด้านหลังของดวงโคมไฟถนน (House Side) = 6 ฟุต

เสาสูง = 40 ฟุต

หาค่าต่างๆ ดังต่อไปนี้

$$\frac{\text{ความกว้างด้านหน้าของดวงโคมไฟฟ้าถนน (SS)}}{\text{ความสูงของดวงโคมไฟฟ้าถนน (MH)}} = \frac{60\text{-}6}{40} = \frac{54}{40} = 1.35$$

$$\frac{\text{ความกว้างด้านหลังของดวงโคมไฟฟ้าถนน (HS)}}{\text{ความสูงของดวงโคมไฟฟ้าถนน (MH)}} = \frac{6}{40} = 0.15$$



MOUNTING HEIGHT FEET	20	25	30	35	40	45	50
FACTOR	2.25	1.44	1	.74	.56	.44	.36

ภาพที่ 3.10 กราฟแสดงค่าสัมประสิทธิ์การใช้ประโยชน์ของดวงโคมไฟถนนด้านต่างๆ

จากค่าที่ได้นำไปหาค่าสัมประสิทธิ์การใช้ประโยชน์ของดวงโคมไฟฟ้าถนนได้จากกราฟภาพที่ 3.10 จากกราฟจะหาค่าสัมประสิทธิ์การใช้ประโยชน์ของดวงโคมไฟฟ้าถนนได้ดังนี้

สัมประสิทธิ์การใช้ประโยชน์ของด้านหน้าของดวงโคมไฟฟ้าถนน = 48 **%**

สัมประสิทธิ์การใช้ประโยชน์ของด้านหลังของดวงโคมไฟฟ้าถนน = 3 **%**

จะได้สัมประสิทธิ์การใช้ประโยชน์รวมของดวงโคมไฟฟ้าถนนทั้งหมด = 51**%**

พิจารณาระยะห่างระหว่างเสาที่ใช้ติดตั้งดวงโคมไฟฟ้าถนนแต่ละเสา **(S)**

$$S = \frac{(LL)(MF)(CU)}{(E)(W)} = \frac{27{,}500 \times 0.73 \times 0.946 \times 0.51}{1.6 \times 60} = 100.88 \text{ ฟุต} \approx 101 \text{ ฟุต}$$

การติดตั้งเสาแบบให้ดวงโคมไฟฟ้าถนนอยู่ตำแหน่งตรงกันข้ามกันของ 2 ข้างถนน (Opposite Spacing) จะได้ระยะห่างระหว่างเสาสำหรับติดตั้งดวงโคมไฟถนน (2S) = 101 x 2 = 202 ฟุตแต่ละด้านของถนน

ตรวจสอบปริมาณแห่งการส่องสว่างเมื่อติดตั้งเสาแบบให้ดวงโคมไฟฟ้าถนนอยู่ตำแหน่งตรงข้ามกันของ 2 ข้างถนน

ตารางที่3.3 แสดงค่าที่จุดต่างๆที่หาได้จากเส้นโค้งแสดงตำแหน่งปริมาณแห่งการส่องสว่างที่เท่ากันเมื่อติดตั้งตำแหน่งเสาของดวงโคมไฟถนนแบบอยู่ตรงข้ามกันของ 2 ข้างถนน

ตำแหน่งของหลอดไฟฟ้าที่ใช้	อัตราส่วนที่จุดทดสอบ				ความสว่างที่จุดทดสอบ	
	อัตราส่วนตามยาว (TR)		อัตราส่วนตามยาว(LR)			
	P1	P2	P1	P2	P1	P2
A	1.35	-	2.525	-	0.02	-
B	-0.15	-	2.525	-	0.007	-
C	1.35	-	2.525	-	0.02	-
D	-0.15	-	2.525	-	0.007	-
				รวม	0.054	-

*จุดที่ P2 ไม่จำเป็นต้องหาค่าก็ได้เพราะเป็นจุดที่อยู่ระหว่างกึ่งกลางของโคมไฟฟ้าถนนทั้ง 2 ดวงโคมไฟฟ้าถนนซึ่งอยู่ตรงข้ามกันและอยู่ใกล้กัน จึงไม่มีผลต่อการคำนวณ

จากตารางที่ 3.3 เป็นค่าของการตรวจสอบการติดตั้งเสาของดวงโคมไฟฟ้าถนนแบบให้ดวงโคมไฟฟ้าถนนอยู่ในตำแหน่งตรงข้ามกันของ 2 ข้าวถนน และได้ปริมาณแห่งการส่องสว่างที่จุด P1 จะเป็นจุดที่มีปริมาณแห่งการส่องสว่างต่ำสุด คือ 0.054 ฟุตแคลเดิล แต่ในตารางที่ 3.3 เป็นค่าต่อ 1,000 ลูเมน จึงจะต้องทำให้เป็นค่าที่ถูกต้อง โดยคำนวณใหม่ดังนี้

$$\text{ปริมาณการส่องสว่างที่แท้จริงที่จุด P1} = \frac{0.054 \text{ x } 27{,}500 \text{ x } 0.73 \text{ x } 0.946 \text{ x } 0.56}{1000}$$

$$= 0.574 \text{ ฟุต-แคลเดิล}$$

ตรวจสอบอัตราส่วนของความสม่ำเสมอของปริมาณแห่งการส่องสว่างต่ำสุดที่จุด P1

$$\text{จะได้อัตราส่วนความสม่ำเสมอของปริมาณแห่งการส่องสว่างต่ำสุดที่จุด P1} = \frac{1.6}{0.574}$$

$$= 2.787$$

ค่าอัตราส่วนความสม่ำเสมอของปริมาณแห่งการส่องสว่างต่ำสุดที่จุด P1 เท่ากับ 2.787 ซึ่งไม่เกิน 3:1 ถือว่าใช้ได้

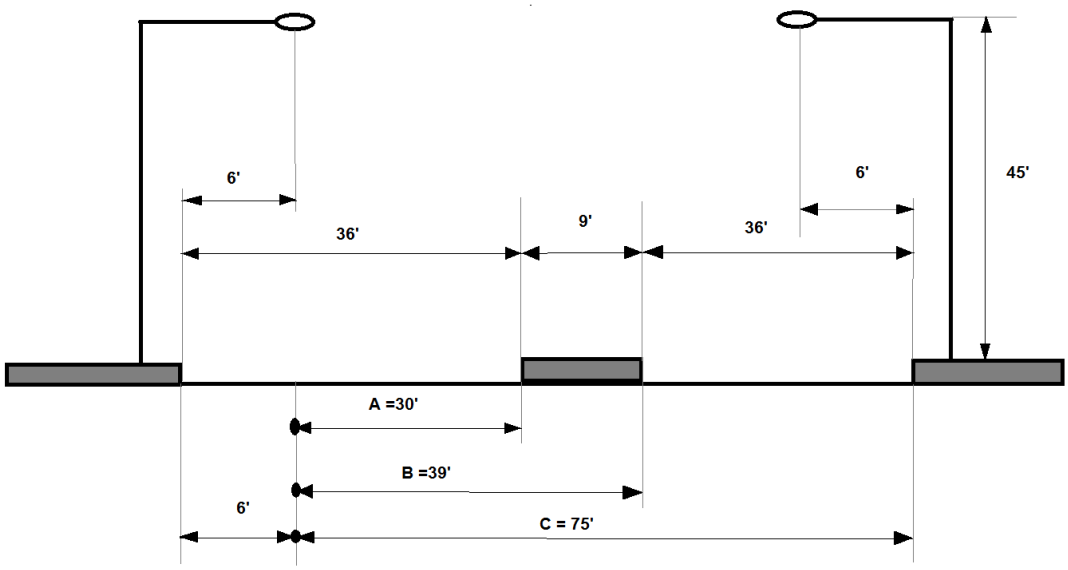
ตัวอย่างที่ 2 ให้ออกแบบระบบแสงสว่างไฟถนน ซึ่งการติดตั้งของเสาเป็นแบบเสาของดวงโคมไฟฟ้าสลับกันสองข้างถนน (Staggered Spacing)โดยกำหนดให้มีระยะห่างของดวงโคมไฟฟ้าถนนที่มีผลทำให้ค่าปริมาณแห่งการส่องสว่างเฉลี่ยบนพื้นถนนมีค่าเฉลี่ยคงไว้ไม่น้อยกว่า 1.2 ฟุต-แคนเดิล กำหนดให้ปริมาณของจำนวณเส้นแรงของการส่องสว่างเริ่มแรกที่ออกจากหลอดโซเดียมความดันสูง(High Pressure Sodium)ขนาด 400 วัตต์ เท่ากับ 50,000 ลูเมน ความสูงของเสาที่ติดตั้งดวงโคมไฟฟ้าถนนมีความสูงเท่ากับ 45 ฟุต และมีค่าตัวประกอบการบำรุงรักษา 0.8(LLD x LDD) ให้ใช้ข้อมูลจากภาพที่ 3.11 และ 3.12 ประกอบการคำนวณ ให้คำนวณหาค่าต่อไปนี้

1.ระยะห่างระหว่างเสาสำหรับติดตั้งโคมไฟฟ้าถนน

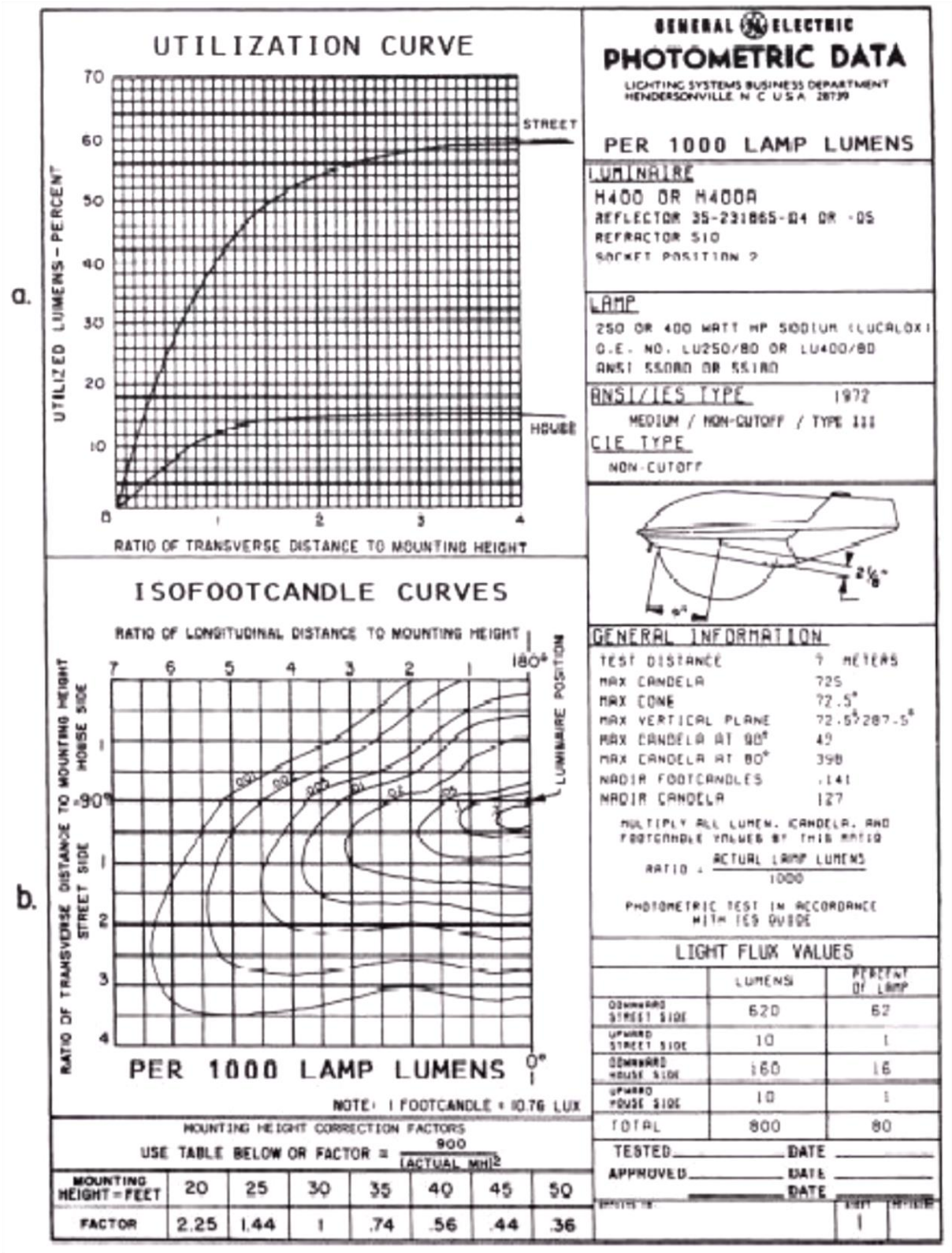
2.ค่าปริมาณแห่งการส่องสว่างที่จุดต่ำสุดมีค่าเท่าไหร่ และแสดงวิธีการหาค่าด้วย

3.ค่าสัมประสิทธิ์การใช้ประโยชน์ของดวงไฟถนนรวมทั้งหมด

4. ค่าความสม่ำเสมอของแสงสว่างใช้ได้หรือไม่



ภาพที่ 3.11 แสดงตำแหน่งการติดตั้งเสาสำหรับดวงโคมไฟถนนและระยะต่างๆของถนน



ภาพที่ 3.12 แสดงลักษณะตารางข้อมูลแสงสว่างของดวงโคมไฟฟ้า

วิธีทำ ส่วนที่ 1

สูตร $$S = \frac{LL \times MF \times CU}{E \times W}$$

S = ระยะระหว่างเสาสำหรับติดตั้งดวงโคมไฟฟ้าถนน

CU = สัมประสิทธิ์การใช้ประโยชน์ของดวงโคมไฟฟ้าถนน

LL = ปริมาณจำนวนเส้นแรงของแสงสว่างที่ออกจากหลอดไฟฟ้าที่ได้จากคู่มือของหลอดไฟฟ้าหรือกำหนดให้

MF = ค่าตัวประกอบการบำรุงรักษา

E = ปริมาณแห่งการส่องสว่าง

W = ความกว้างของถนน

หาอัตราส่วนด้านถนน (Street Side) ที่ระยะต่างๆ

$\frac{SS}{MH} = \frac{30}{45} = 0.67$ จากกราฟแสดงเส้นโค้งสัมประสิทธิ์การใช้ประโยชน์ของดวงโคมไฟฟ้าพื้น (Curve) สัมประสิทธิ์การใช้ประโยชน์ของดวงโคมไฟฟ้าถนน ด้านถนนจะได้ $CU_A = 0.27$

$\frac{SS}{MH} = \frac{75}{45} = 1.667$ จากกราฟแสดงเส้นโค้ง (Curve) สัมประสิทธิ์การใช้ประโยชน์ของดวงโคมไฟฟ้าถนน ด้านถนนจะได้ $CU_B = 0.45$

$\frac{SS}{MH} = \frac{39}{45} = 0.867$ จากกราฟแสดงเส้นโค้ง (Curve) สัมประสิทธิ์การใช้ประโยชน์ของดวงโคมไฟฟ้าถนน ด้านถนนจะได้ $CU_c = 0.335$

จากกราฟแสดงเส้นโค้งสัมประสิทธิ์การใช้ประโยชน์ของดวงโคมไฟฟ้าถนน จะได้ค่า

$CU_{BC} = CU_B - CU_C = 0.45 - 0.335 = 0.115$

ดังนั้น $CU_T = CU_A + CU_{BC} = 0.27 + 0.115 = 0.385$

หาค่าอัตราส่วนด้านหลังดวงโคมไฟฟ้าถนน (House Side) ที่ระยะต่างๆ

$\frac{HS}{MH} = \frac{6}{45} = 0.133$ จากกราฟแสดงเส้นโค้ง (Curve) สัมประสิทธิ์การใช้ประโยชน์ของดวงโคมไฟฟ้าถนน ด้านถนนจะได้ CU= 0.025

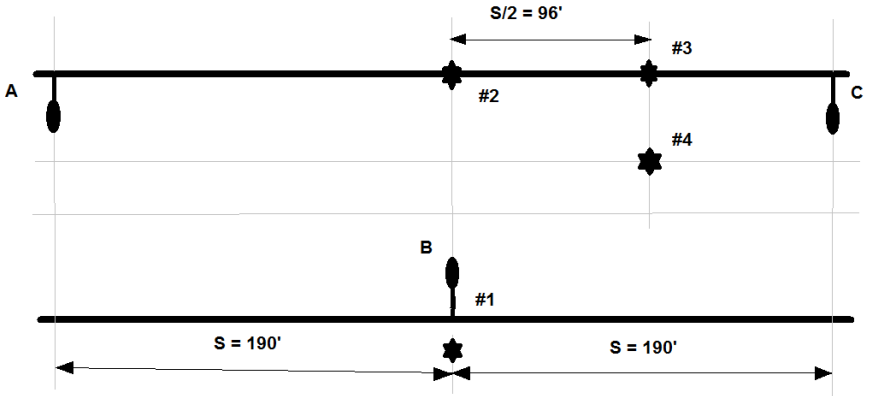
ดังนั้น CU_T รวมกันทั้ง 2 ด้าน = 0.385+0.025 = 0.41

$$S = \frac{50{,}000 \times 0.40 \times 0.8}{1.2 \times 7.2} = 189.8 \text{ ฟุต} \approx 190 \text{ ฟุต}$$

ส่วนที่ 2

ตรวจสอบความสม่ำเสมอของแสงสว่าง (Uniformity Check)

1.หาค่าปริมาณแห่งการส่องสว่าง (E_r) ที่จุดต่างๆ โดยพิจารณาจากรูป



ภาพที่3.13 แสดงตำแหน่งของจุดตรวจสอบทั้ง 4 จุด

จุดที่ 1

	TR/MH	LR/MH	E_r
ขั้วA	75/45 = 1.67	190/45 = 4.22	0.0035
ขั้วB	-6/45 = -0.13	0/45 = 0	0.1
ขั้วC	75/45 = 1.67	190/45 = 4.22	0.0035
			E_{r1}= 0.107 ฟุต-แคนเดิล

จุดที่ 2

	TR/MH	LR/MH	E_r
ขั้วA	-6/45 = -0.13	190/45 = 4.22	0.00175
ขั้วB	75/45 = 1.67	0/45 = 0	0.0125
ขั้วC	-6/45 = -0.13	190/45 = 4.22	0.00175
			E_{r2}= 0.016 ฟุต-แคนเดิล

จุดที่ 3

	TR/MH	LR/MH	E_r
ขั้วA	-6/45 = -0.13	285/45 = 6.33	0.00
ขั้วB	75/45 = 1.67	95/45 = 2.11	0.008
ขั้วC	-6/45 = -0.13	95/45 = 2.11	0.0014
			E_{r3}= 0.022 ฟุต-แคนเดิล

จุดที่ 4

	TR/MH	LR/MH	E_r
ขั้วA	30/45 = 0.66	285/45 = 6.33	0.008
ขั้วB	39/45 = 0.87	95/45 = 2.11	0.02
ขั้วC	30/45 = 0.66	95/45 = 2.11	0.03
			E_{r4}= 0.058 ฟุต-แคนเดิล

ค่า E_rต่ำสุดอยู่ที่จุดที่2 E_{r2} = 0.016 ฟุต-แคนเดิล

ค่า E_r ต่ำสุดที่แท้จริง $= \frac{E_r \times LL \times MF \times F}{1,000}$

$= \frac{0.016 \times 50,000 \times 0.8 \times 0.44}{1,000}$

= 0.2816 ฟุต-แคนเดิล

ตรวจสอบอัตราส่วนต่ำสุด $= \frac{E_{avg}}{E_{min}} \leq 3.0$

$= \frac{1.2}{0.2816}$

= 4.26

ดังนั้น ค่าอัตราส่วนแห่งการส่องสว่างของจุดที่ต่ำที่สุดเกินค่า 3:1 ถือว่าใช้ไม่ได้

3.6 การจำลองระบบติดตั้งไฟถนน คำนวณและวิเคราะห์ ด้วยคอมพิวเตอร์ซอฟท์แวร์[4]

การออกแบบไฟถนนในยุคปัจจุบัน ต้องคำนึงถึงปัจจัยหลายด้าน เช่น ด้านสมรรถนะการส่องสว่าง เพื่อการมองเห็นที่ดี ด้านสมรรถนะเชิงประสิทธิภาพพลังงาน เพื่อให้ได้มาซึ่งระบบที่มีประสิทธิภาพสูงตลอดจนด้านผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เช่น เรื่อง แสงสาดเข้า (Obtrusive Light) ที่เกิดการรบกวน ผู้อาศัยในพื้นที่ใกล้เคียง เพื่อให้การทำงานของบุคลากรต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับไฟถนนไม่ได้รับผลกระทบจากการปรับเปลี่ยนแนวคิด วิธีการออกแบบจากรูปแบบเดิม ที่ใช้เกณฑ์ความสว่าง (lux) กันมานานแล้ว มาเป็นวิธีการใหม่ใช้เกณฑ์ความส่องสว่าง (cd/m2) ที่อาจยังไม่คุ้นเคย มาตรฐานการปฏิบัติวิชาชีพนี้จึง พิจารณาด้านสมรรถนะที่สำคัญ คือ ด้านสมรรถนะการส่องสว่างและด้านสมรรถนะเชิงประสิทธิภาพพลังงาน แนวทางการวิเคราะห์ทำตามขั้นตอนรายละเอียดในรูปที่ 5.1

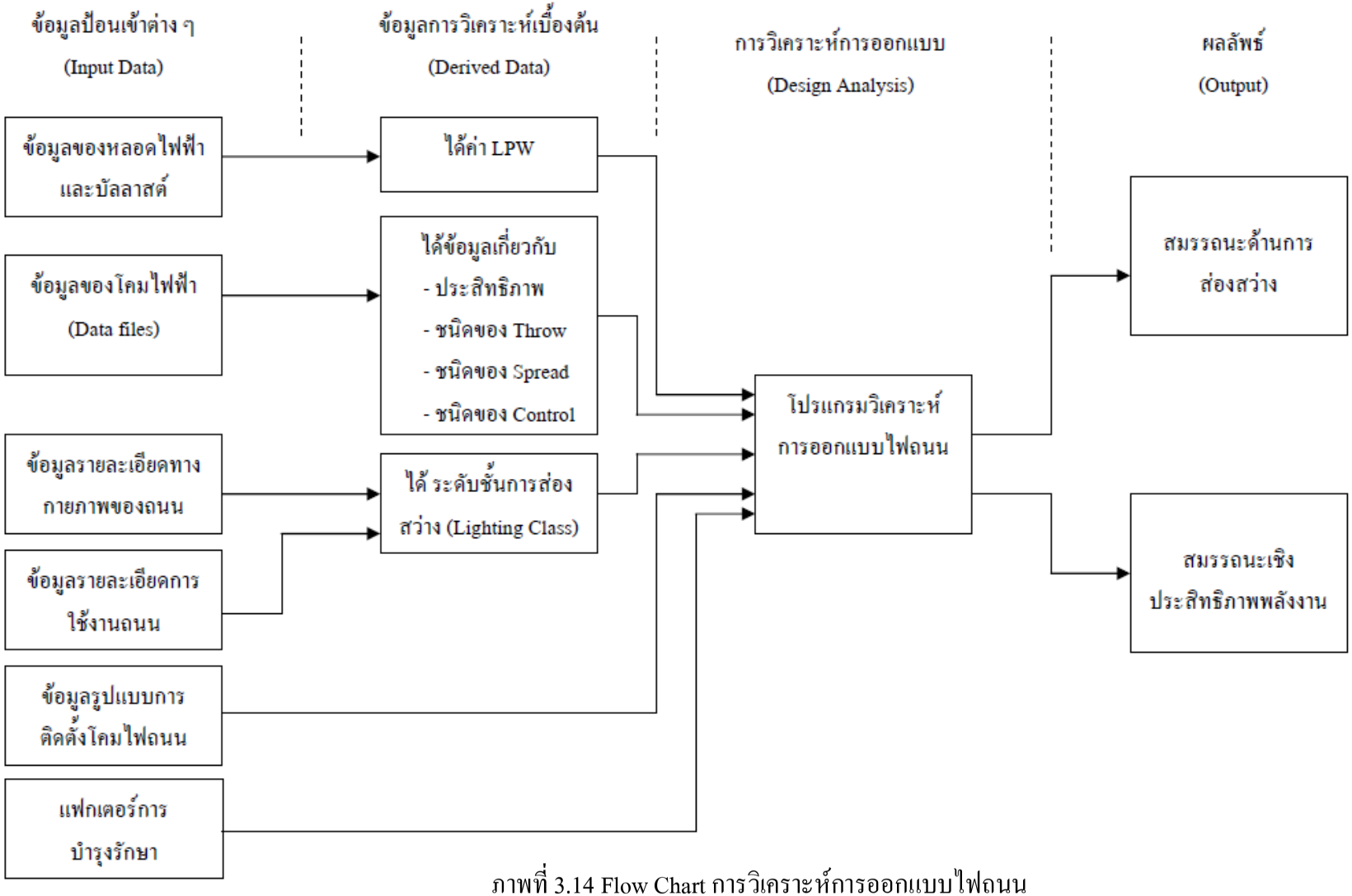
3.6.1 ข้อมูลป้อนเข้าต่าง ๆ (Input Data)

ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์ การออกแบบไฟถนน ประกอบด้วย

- ข้อมูลรายละเอียดทางกายภาพของถนน
- ข้อมูลรูปแบบการติดตั้งโคมไฟถนน
- ข้อมูลรายละเอียดการใช้งานถนน
- ข้อมูลของหลอดไฟฟ้าและบัลลาสต์
- ข้อมูลของโคมไฟถนน ใช้ข้อมูลในรูปของ Data files
- ข้อมูลค่าแฟกเตอร์การบำรุงรักษา
- ข้อมูลประเภทของผิวถนน

การออกแบบ การส่องสว่างของโคมไฟถนนในช่วงทางตรง ตามมาตรฐานการก่อสร้างทางของกรมทางหลวง ปี พ.ศ. 2537 มีลักษณะของถนนที่แตกต่างกัน คือ

1) ถนนกว้าง 7 เมตร ขนาด 2 เลน
2) ถนนกว้าง 14 เมตร ขนาด 4 เลน
3) ถนนกว้าง 21 เมตร ขนาด 6 เลน
4) ถนนกว้าง 21 เมตร ขนาด 6 เลน แบบมีเกาะกลาง
5) ถนนกว้าง 28 เมตร ขนาด 8 เลน แบบมีเกาะกลาง



ภาพที่ 3.14 Flow Chart การวิเคราะห์การออกแบบไฟถนน

เลือกใช้ พื้นผิวถนนที่ก่อสร้างทั่วไป 3 แบบ คือ ชั้น R1, R2, และ R3:

ชั้น R1 แทน ผิวถนนคอนกรีต (Portland cement concrete)

ชั้น R2 แทน ผิวถนนแอสฟัลท์ที่ผสมหินบดสีขาวสะท้อนแสงได้ดี

ชั้น R3 แทน ผิวถนนแอสฟัลท์ที่ผสมหินบดสีทึบแสง

3.6.2 รูปแบบการติดตั้งไฟฟ้าสาธารณะตามแนวถนน ทางแยก วงเวียน

สามารถเลือกชนิดของโคมไฟ และดวงโคมที่จะใช้งานได้ตามความเหมาะสม และสอดคล้องกับภูมิทัศน์ของพื้นที่นั้นๆ สำหรับการกำหนดรูปแบบในการติดตั้ง (ภาพที่ 3.15) สามารถดำเนินการได้ดังนี้

1) **ติดตั้งฝั่งเดียวกันของถนน** เหมาะสำหรับถนนเล็กๆในซอย หรือทางเท้า (ภาพที่ 3.16)

2) **ติดตั้งสองฝั่งถนน สลับกัน** เหมาะสำหรับถนนกว้างไม่เกิน 6 เมตร (ภาพที่ 3.17)

3) **ติดตั้งสองฝั่งถนน ตรงข้ามกัน** เหมาะสำหรับถนนกว้าง 8 เมตร ขึ้นไป (ภาพที่ 3.18)

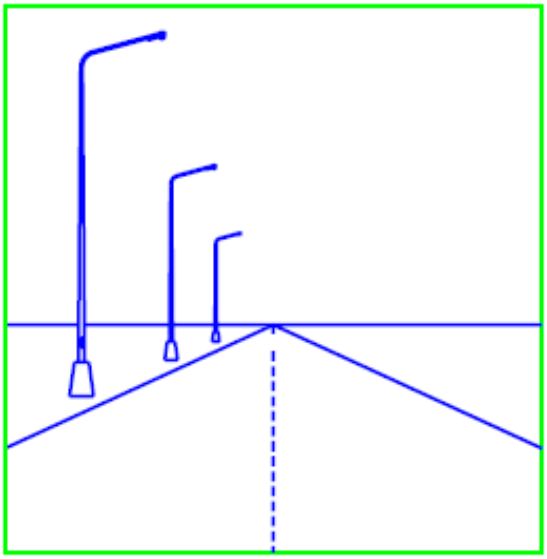
4) **ติดตั้งกลางถนน**โดยแยกโคมไฟฟ้าเป็นสองทางในเสาต้นเดียวกัน เหมาะสำหรับถนนกว้าง 8 เมตร ขึ้นไป และมีเกาะกลางถนน (ภาพที่ 3.19)

5) **การติดตั้งโคมไฟที่ทางสี่แยก (Cross-Road)** (ภาพที่ 3.20) ซึ่งจะมีระบบติดตั้งถี่กว่าการติดตั้งตามแนวถนนปกติ

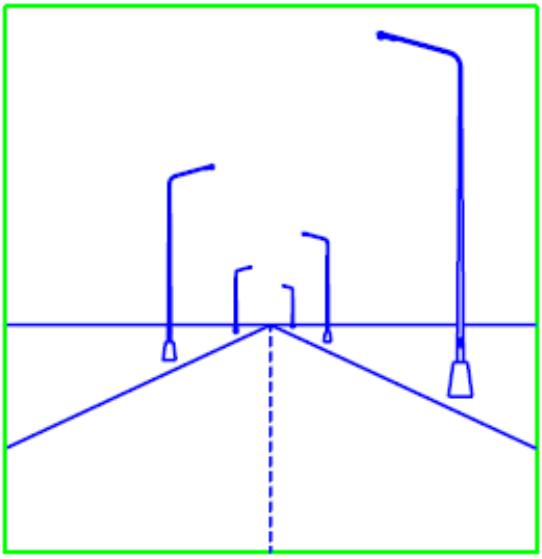
6) **การติดตั้งโคมไฟที่ทางสามแยก (T-Junction)** (ภาพที่ 3.21) ซึ่งจะมีระบบติดตั้งถี่กว่าการ
ติดตั้งตามแนวถนนปกติ

7) **การติดตั้งโคมไฟที่ทางในวงเวียน (Round About)** (ภาพที่ 3.22)

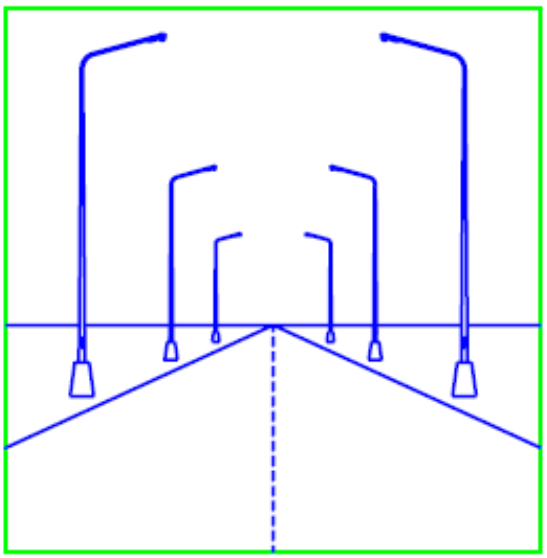
ภาพที่ 3.15 การกำหนดรูปแบบ และจุดติดตั้งไฟฟ้าสาธารณะตามแนวถนน



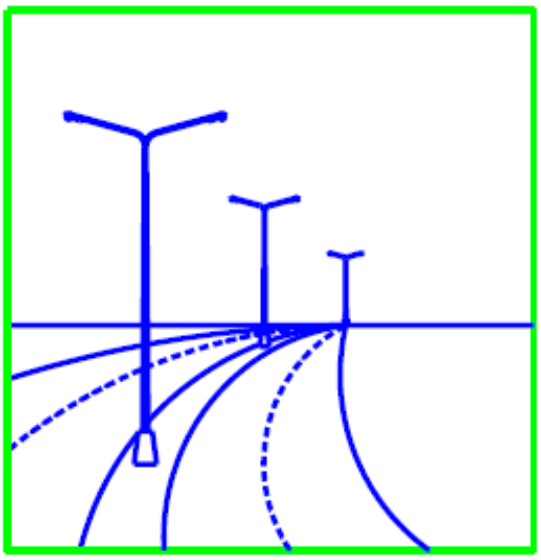
ภาพที่ 3.16 ติดตั้งฝั่งเดียวกันของถนน เหมาะสำหรับถนนเล็กๆ ในซอย หรือทางเท้า



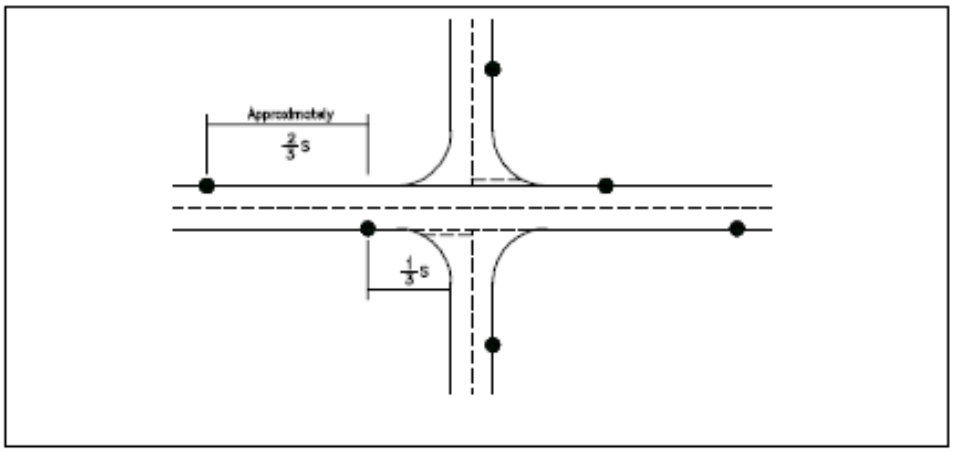
ภาพที่ 3.17 ติดตั้งสองฝั่งถนน สลับกัน เหมาะสำหรับถนนใหญ่ปานกลาง



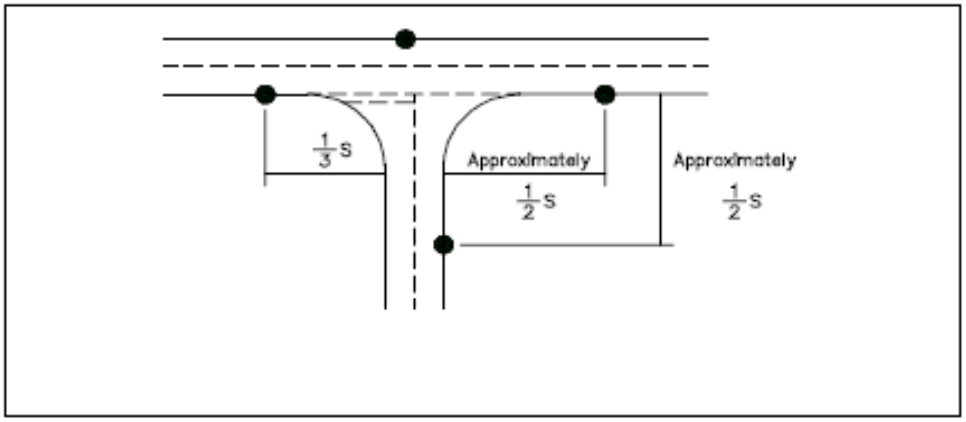
ภาพที่ 3.18 ติดตั้งสองฝั่งถนน ตรงข้ามกัน เหมาะสำหรับถนนกว้าง 8 เมตรขึ้นไป



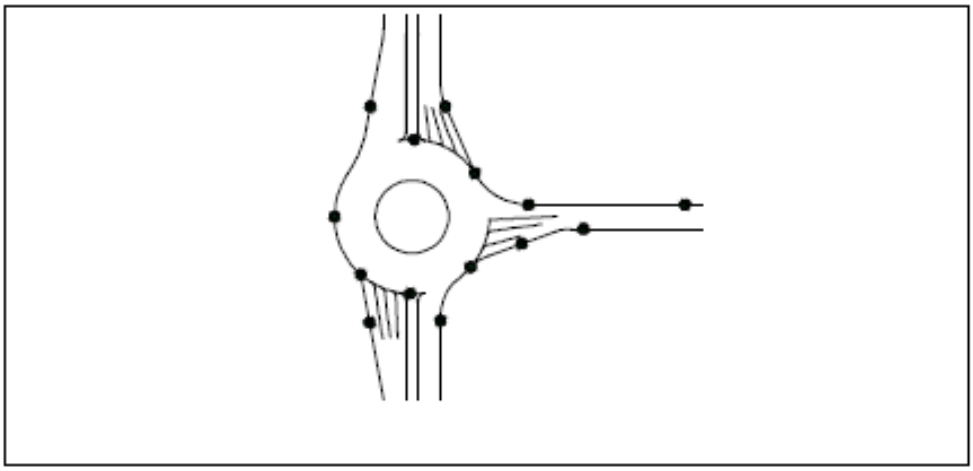
ภาพที่ 3.19 ติดตั้งกลางถนนโดยแยกโคมไฟฟ้าเป็นสองทางในเสาต้นเดียวกัน



ภาพที่ 3.20 แสดงการติดตั้งโคมไฟที่ทางสี่แยก (Cross-Road)



ภาพที่ 3.21 แสดงการติดตั้งโคมไฟที่ทางสามแยก (T-Junction)



ภาพที่ 3.22 แสดงการติดตั้งโคมไฟที่ทางในวงเวียน (Round About)

3.6.3 ระยะห่างระหว่างจุดติดตั้งดวงโคมกับขอบถนนที่สัมพันธ์กับความเร็วของยานพาหนะ

ในการกำหนดจุดติดตั้งโคมไฟฟ้าจะต้องอยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสม และหลีกเลี่ยงการติดตั้งหน้าอาคารซึ่งกีดขวางทางสัญจร หน้าสถานที่สำคัญ และสถานที่ที่น่าสนใจ เช่น อนุสาวรีย์ โบสถ์ และอาคารที่มีสถาปัตยกรรมสวยงาม เพราะจะทำลายทัศนียภาพ และความสวยงาม

นอกจากนี้เสาดวงโคมที่ติดตั้งริมถนน จะเป็นสิ่งกีดขวางที่อาจจะเกิดอันตรายจากการเฉี่ยวชนของยานพาหนะที่สัญจรไปมาได้ ดังนั้นเพื่อลดอุบัติเหตุและความรุนแรงของการเฉี่ยวชน จึงควรจะติดตั้งเสาดวงโคมให้ห่างขอบถนน(ผิวการจราจร) ให้มาก ทั้งนี้ระยะห่างจากขอบถนนถึงจุดติดตั้งเสาดวงโคมยิ่งมาก จะลดความรุนแรงเนื่องจากการเฉี่ยวชนได้มากเช่นกัน อย่างไรก็ตามการกำหนดระยะห่างจากขอบถนนเพื่อติดตั้งโคมไฟจะต้องให้สอดคล้องกับการกำหนดความเร็วของยานพาหนะที่สัญจรในถนนสายนั้นด้วย ตามตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 ระยะห่างความปลอดภัยระหว่างจุดติดตั้งดวงโคมกับขอบถนนที่สัมพันธ์กับความเร็วของยานพาหนะ

ความเร็วของยานพาหนะ (กม./ชั่วโมง)	**ระยะห่างจากขอบถนน (เมตร)**
50	0.8
80	1 – 1.5
100	อย่างน้อย 1.5
120	อย่างน้อย 1.5

ที่มา :BS 5489 : Part 1

<u>หมายเหตุ</u> 1. ความเร็วของยานพาหนะ เป็นความเร็วตามกฎหมายกำหนด

2. ในกรณีที่ไม่สามารถปฏิบัติตามตารางที่ 2-3 ได้ เนื่องจากไม่มีพื้นที่ระยะห่างจากขอบถนนเพียงพอ ให้สามารถติดตั้งเสาดวงโคมได้ ในระยะไม่ต่ำกว่า 0.65 เมตร พร้อมมีที่กำบังเสาดวงโคม (Barrier) ความสูง 0.9 – 1.30 เมตร พร้อมทั้งแผ่นสะท้อนแสงสีเหลืองสลับดำติดกับที่กำบังนั้นด้วย

3.6.4 ระยะห่างของจุดติดตั้งไฟฟ้าสาธารณะ

หมายถึง ระยะห่างระหว่างจุดติดตั้งไฟฟ้าสาธารณะจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง ซึ่งหากเป็นการติดตั้งไฟฟ้าสาธารณะตามแนวถนนก็จะติดตั้งดวงโคมที่เสาไฟฟ้าของการไฟฟ้าฯ ตามแนวถนนนั้น ระยะห่างระหว่างเสาของการไฟฟ้าฯ จะกำหนดไว้ประมาณ 20 เมตร 40 เมตร และ 80 เมตร ขึ้นอยู่กับขนาดของสายไฟฟ้าที่พาดบนเสาไฟฟ้า ดังนั้นการติดตั้งไฟฟ้าสาธารณะตามแนวถนนจึงจะใช้ระยะห่างระหว่างเสาดังกล่าว แต่บางแห่งเสาไฟฟ้าปักไว้ในเขตทางที่อยู่ห่างถนนมาก (เขตทาง 30-40 เมตร) หากติดตั้งที่เสาไฟฟ้าจะไม่สามารถให้แสงสว่างได้ตามต้องการ จำเป็นที่จะต้องใช้โคมไฟพร้อมเสาควงโคมหรือเสาคอนกรีตเพื่อติดตั้งตามไหล่ทางหรือทางเท้า ซึ่งสามารถกำหนดระยะห่างได้ตามความเหมาะสม ทั้งนี้ต้องจัดให้มีระดับแสงสว่างเป็นไปตามมาตรฐานความส่องสว่าง

- การเลือกระดับชั้นการส่องสว่าง ซึ่งเป็นตัวกำหนดค่า Lav, U0, Ul, TI [%], SR ที่ใช้ตาม

มาตรฐานนานาชาติฉบับล่าสุด คือ CIE 115 โดยเลือกพิจารณาระดับชั้นการส่องสว่าง 5 แบบ คือ M1, M2, M3, M4 และ M5 และแต่ละระดับชั้นการส่องสว่าง ใช้กับผิวถนนทั้ง 3 แบบ 5.1.4 เมื่อทราบข้อมูลระบบติดตั้ง สามารถเลือกหลอดไฟฟ้าและบัลลาสต์ ที่นิยมใช้กันมาก ได้แก่ หลอดโซเดียมความดันไอสูง 70 - 400 W หลอดเมทัลฮาไลด์ 70 - 400 W หลอดไอปรอทความดันสูง 80 – 400 W และหลอดฟลูออเรสเซนต์ 36 W

- โคมไฟถนนชนิดต่าง ๆ ที่จะใช้ในการจำลองระบบติดตั้ง คำนวณและวิเคราะห์ เลือกจากคุณสมบัติการกระจายความเข้มการส่องสว่าง I(C,γ) ซึ่งแสดงด้วยแผนภาพ รูปกราฟ แถบแสดงความสว่าง คุณสมบัติที่สำคัญที่ใช้เลือก ประกอบด้วย

  - ประสิทธิภาพของโคมไฟฟ้า
  - ชนิดของ Throw
  - ชนิดของ Spread
  - ชนิดของ Control

ข้อมูลเหล่านี้สามารถคำนวณและวิเคราะห์ได้ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ หรือจากข้อมูลของผู้ผลิตหรือผู้แทนจำหน่าย ตามชนิดของโคมไฟถนนที่นิยมใช้ในการติดตั้งบนถนนประเภทต่าง ๆ แยกตามประเภทและกำลังไฟฟ้าของหลอดและบัลลาสต์

3.6.5 ขั้นตอนการออกแบบการส่องสว่างถนน

การออกแบบการส่องสว่างถนนมีหลายขั้นตอน เนื้อหาของขั้นตอนในมาตรฐานการปฏิบัติวิชาชีพนี้ เหมาะสมสำหรับการออกแบบใหม่ โดยผู้ออกแบบที่มีพื้นฐานทางเทคนิคการส่องสว่างเพียงพอ และยังไม่ชำนาญในการออกแบบ

ขั้นตอนที่ 1

ก) การรวบรวมข้อมูลรายละเอียดทางกายภาพของถนน และการใช้งานถนน

ข) ประเมินประเภทของถนนจากข้อมูลที่รวบรวมได้จากข้อ ก)

ค) หาระดับชั้นการส่องสว่างของถนน

เลือกเกณฑ์ของการส่องสว่าง ตามตารางที่ 4.3 เลือกค่า Lav , UO , Ul , TI และ SR ในกรณีที่เลือกใช้เกณฑ์ความส่องสว่าง หรือเลือกค่า Eav , Ul จากประเภทของผิวถนน R ในกรณีที่เลือกใช้เกณฑ์ความสว่าง

ขั้นตอนที่ 2

ก) เลือกชนิดของหลอดไฟ (กำลังไฟฟ้า ฟลักซ์ส่องสว่าง ประสิทธิผล อายุใช้งาน สีของแสง) และชนิดของบัลลาสต์

ข) เลือกโคมไฟถนน

ค) หาข้อมูลเกี่ยวกับสมรรถนะทางแสงและทางพลังงานของโคมไฟถนน

ขั้นตอนที่ 3

ก) เลือกรูปแบบการติดตั้งโคมไฟถนน

ขั้นตอนที่ 4

ก) หาความสูงของการติดตั้งโคมไฟถนนและระย ะห่างที่เหมาะสมระหว่างโคมไฟถนนในแต่ละแถว

ข) เป็นการหามิติของการติดตั้งโคมไฟถนนด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับคำนวณและออกแบบระบบการส่องสว่างถนนจากข้อมูลที่รวบรวมและหาได้จากขั้นตอนที่ 1 ถึง 3

ขั้นตอนที่ 5 ตรวจสอบความถูกต้องและเหมาะสมของการออกแบบ

ก) คำนวณค่าความส่องสว่าง/ความสว่าง ความสม่ำเสมอของความส่องสว่าง/ความสว่าง และ ส่วนเพิ่มขีดเริ่มเปลี่ยน (TI)

ข) เปรียบเทียบค่าต่าง ๆ ที่คำนวณได้กับเกณฑ์ที่กำหนด ปรับแต่งมิติของการติดตั้งโคมไฟถนนและคำนวณค่าความส่องสว่างจนได้คำตอบที่เหมาะสมที่สุดตามเกณฑที่กำหนดด้านสมรรถนะการส่องสว่างและด้านสมรรถนะเชิงประสิทธิภาพพลังงาน

ค) สร้างสมบัติทางแสงของโคมไฟถนนของระบบติดตั้งการส่องสว่าง เช่น ตาราง แผนภาพและกราฟ

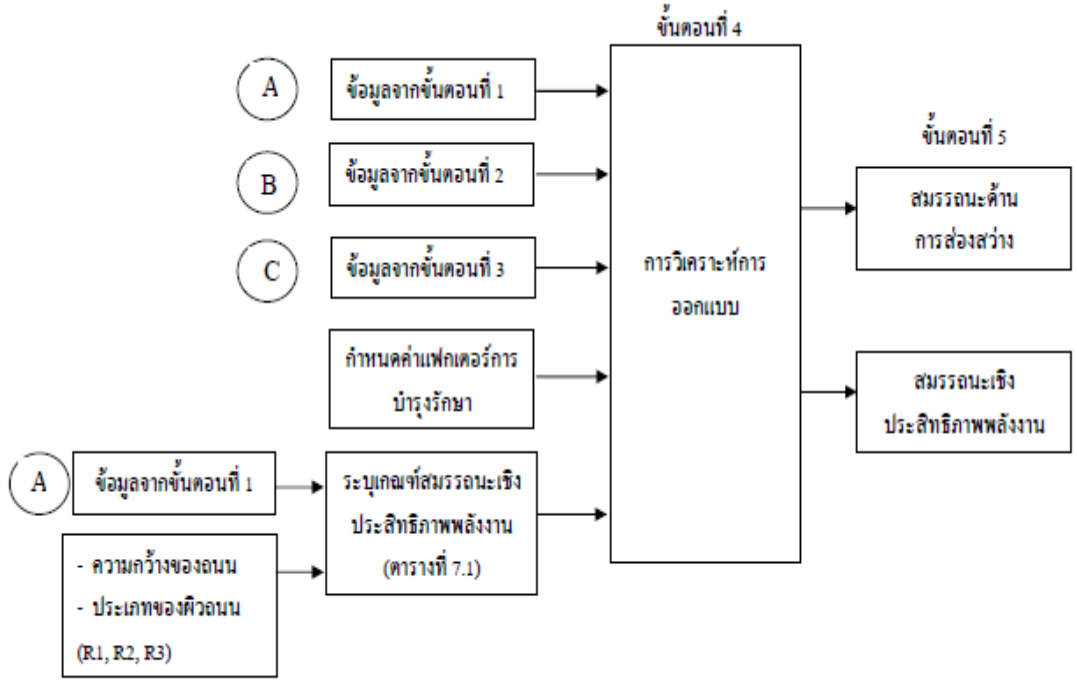
ขั้นตอนที่ 6 หาแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้า

ขั้นตอนที่ 7 การวางผังระบบติดตั้ง

ก) ตรวจสอบสิ่งกีดขวางในบริเวณติดตั้งเสาไฟและโคมไฟถนน และการฝังสายเคเบิลใต้ดิน

ข) ตำแหน่งติดตั้งของเสาต้องปรับแต่งในแบบติดตั้งด้วย

ค) วางผังการเดินสายและระบบท่อร้อยสาย



ภาพที่ 3.23 แผนภาพอย่างง่ายของการทำงานขั้นตอนการออกแบบการส่องสว่างถนน

3.7 การใช้โปรแกรมคำนวณค่าการติดตั้งที่เหมาะสมในการออกแบบไฟถนน[4]

ขั้นตอนต่อไป คำนวณหาค่าที่เหมาะสมของการจำลองแบบส่องสว่างของโคมไฟถนน (Road lighting modeling) ได้แก่ ระยะห่างระหว่างเสา ความสูงของเสา และ ระยะยื่นของโคมไฟถนนจากขอบถนน การกำหนดค่าที่ใช้ในการคำนวณระยะห่างระหว่างเสา สำหรับถนนที่การจราจรมีความเร็วของรถสูง มีระยะห่างระหว่างเสาแตกต่างกันมาก คือ ประมาณ 25 เมตร ถึง 55 เมตร ซึ่งตรงกันกับอัตราส่วนของระยะบนพื้นถนนเทียบกับความสูงของโคมไฟถนน (a/h) ประมาณ 3 ถึง 5

ถนนในพื้นที่ประเภท M มีข้อจำกัดค่อนข้างมากเกี่ยวกับความจ้าตาที่เกิดจากโคมไฟถนน ในทางปฏิบัติโคมไฟถนนต้องไม่มีความเข้มการส่องสว่างที่มุมสูงเกินค่ามาตรฐานกำหนด และระยะห่างระหว่างเสาจะจำกัดที่ประมาณ 4 เท่าของความสูง

เมื่อ เลือกคำนวนค่าตั้งแต่ 25 เมตร ถึง 55 เมตร โดยเพิ่มค่าทีละ 1 เมตร การคำนวนค่าความสูงของเสา เลือกคำนวณค่าตั้งแต่ 8 เมตร ถึง 12 เมตร โดยเพิ่มค่าทีละ 1 เมตร และการคำนวณค่าระยะยื่นของโคมไฟถนนจากขอบถนน คำนวณค่าที่ตำแหน่ง 0, 0.5 และ 1 เมตร จากขอบถนน มุมเอียงเป็นมุม 0 องศา และจากนั้นเลือกค่าที่เหมาะสมที่สุดของการติดตั้ง ซึ่งให้ความส่องสว่าง (cd/m2) ไม่ต่ำกว่าเกณฑ์สมรรถนะทางแสงตามข้อกำหนดของมาตรฐานอ้างอิง เพื่อใช้ในการคำนวณค่าความสว่างและค่าประสิทธิผลทางพลังงานต่อไป

ในกรณีที่ถนนกว้างและโคมไฟถนนที่ต้องการใช้มีลักษณะการกระจายแสงออกเป็นมุมแคบไปทางด้านหน้า ต้องติดตั้งโคมไฟถนนที่ต้องการให้มีมุมเอียงมากขึ้น เป็นมุม 5 – 15 องศา เพื่อให้การกระจายความเข้มส่องสว่างส่วนใหญ่ตกบนกริดบนผิวถนน

3.8 การคำนวณความสว่างและความส่องสว่างของการติดตั้งโคมไฟถนนในระบบ[4]

การคำนวณค่าสมรรถนะการส่องสว่างของโคมไฟ ดูมาตรฐานการส่องสว่างถนน CIE. 140-2000 Road Lighting Calculations; EN 13201-3 Road Lighting–Part 3 Calculation of performance; CIE115-2007), EN 13201-1-2 และ AS/NZS 1158.1.1: 1997

ตัวแปรต่าง ๆ ที่ต้องพิจารณาและเลือกใช้ในการคำนวณ คือ

1) รูปแบบการติดตั้งโคมไฟถนน (Lighting layout): SS-Single side, OP-Opposite, CT-Central,Twin,CTO-Central-Opposite

2) ระดับชั้นการส่องสว่าง (Lighting class): M1, M2, M3, M4 และ M5

3) รายละเอียดของถนน ซึ่งได้แก่ ความกว้าง 7, 14, 21, 28 m และประเภทผิวหน้าของถนน R1, R2 และ R3