

คู่มือแนะนำการออกแบบงานไฟฟ้าแสงสว่างถนน และไฟสัญญาณจราจร

1. งานไฟฟ้าแสงสว่างกับความปลอดภัยทางถนน

การติดตั้งไฟฟ้าแสงสว่างมีวัตถุประสงค์ เพื่อเพิ่มความปลอดภัยในการสัญจรให้กับผู้ใช้รถใช้ถนนในเวลากลางคืน ไฟฟ้าแสงสว่างทำให้ผู้ขับขี่มีทัศนวิสัยในการมองเห็นที่ชัดเจนมากขึ้นหรือเทียบเท่ากับในเวลากลางวันและทำให้ผู้ขับขี่สามารถรับรู้ข้อมูลข่าวสารที่สำคัญต่างๆ ได้อย่างครบถ้วนและมีประสิทธิภาพ

ความต้องการไฟฟ้าแสงสว่างของถนนในแต่ละบริเวณจะแตกต่างกันไปตามลักษณะทางกายภาพของถนน สภาพการจราจรและสภาพแวดล้อมของถนนในแต่ละพื้นที่ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของข้อมูลข่าวสารที่ผู้ขับขี่ต้องรับรู้ด้วยการมองเห็นด้วย นอกจากนี้ในบางกรณียังสามารถใช้อุปกรณ์อำนวยความสะดวกอื่นๆ มาทดแทนไฟฟ้าแสงสว่างได้ ซึ่งมีราคาถูกกว่าและมีประสิทธิภาพใกล้เคียงกัน เช่น เครื่องหมายจราจรบนพื้นทาง ปุ่มสะท้อนแสง หลักนำทาง เป้าสะท้อนแสงและไฟกระพริบ เป็นต้น

การติดตั้งไฟฟ้าแสงสว่างบริเวณทางแยก ทางร่วม ทางโค้ง และบริเวณที่มีการเปลี่ยนแปลงแนวทางเดินรถ แสงสว่างจะช่วยให้ปลอดภัยยิ่งขึ้น นอกจากนี้ไฟฟ้าแสงสว่างยังมีประโยชน์ด้านความปลอดภัยมากในพื้นที่เขตชุมชนหรือในเมือง เพราะไม่เพียงแต่จะทำให้ผู้ใช้ทางมีความปลอดภัยด้านการจราจรเท่านั้น แสงสว่างยังช่วยป้องกันอาชญากรรมให้กับคนเดินเท้าได้อีกด้วย การติดตั้งไฟฟ้าแสงสว่างจะมีประโยชน์อย่างสมบูรณ์ได้ ถ้ามีการใช้มาตรฐานที่ถูกต้องและจุดที่ติดตั้งไม่ก่อให้เกิดอันตราย

1.1 วัตถุประสงค์

วัตถุประสงค์หลักของการส่องสว่างถนนเวลากลางคืน คือการช่วยให้มีความสามารถในการมองเห็นที่รวดเร็ว ถูกต้องแน่นอน และสะดวกสบาย ผู้ออกแบบต้องออกแบบให้ระบบส่องสว่างของโคมโไฟถนนมีคุณภาพเหมาะสมต่อผู้ใช้รถใช้ถนน โดยคำนึงถึงประโยชน์ของการส่องสว่าง ตามวัตถุประสงค์ ดังนี้

- (1) เพื่อให้ผู้ใช้รถใช้ถนน สัญจรได้อย่างปลอดภัยและคล่องตัว
- (2) ช่วยป้องกันมิให้เกิดอุบัติเหตุ บริเวณที่เกิดบ่อยในช่วงกลางคืน
- (3) เพื่อสร้างสภาพแวดล้อมที่ปรากฏแก่สายตาในเวลากลางคืนให้ดีขึ้น
- (4) เพื่อช่วยป้องกันและลดอาชญากรรมให้ประชาชนที่สัญจร และเดินเท้าเกิดความปลอดภัย

1.2 หน้าที่ของไฟฟ้าแสงสว่าง

ความสามารถในการมองเห็นที่น้อยลงในเวลากลางคืนทำให้มีความเสี่ยงต่ออุบัติเหตุมากขึ้น วัตถุประสงค์หลักของการติดตั้งไฟฟ้าแสงสว่าง คือ เพื่อให้ผู้ขับขี่สามารถรับรู้ข้อมูลข่าวสารและสามารถควบคุมยานพาหนะในกระบวนการขับรถได้ โดยกระบวนการนี้แยกออกได้เป็น 3 ประการคือ

1.2.1 การควบคุมรถ (Control) อันได้แก่ การบังคับเลี้ยวและใช้ความเร็วที่เหมาะสม ข้อมูลที่ผู้ขับขี่ต้องการคือ ตำแหน่งของรถ และสิ่งที่ต้องการมองเห็น ได้แก่ ลักษณะเรขาคณิตของเส้นทาง เกาะจัดช่องจราจร เครื่องหมายจราจรบนพื้นทาง สภาพข้างทางและวัตถุถาวรข้างทาง สันขอบทาง ยานพาหนะอื่นๆ ในถนน ขอบทางเดินรถ และเครื่องหมายนำทาง

1.2.2 การนำทาง (Guidance) การนำทาง หมายถึง ผู้ขับขี่จะต้องรักษาตำแหน่งของรถที่ตนเองควบคุมอยู่ให้วิ่งไปตามทางอย่างปลอดภัย ผู้ขับขี่จะต้องรับรู้ข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับการจราจร มีการเปลี่ยนแปลงความเร็ว ทิศทาง และระยะห่างด้านข้างกับยานพาหนะคันอื่นๆ สิ่งที่ต้องการมองเห็น ได้แก่ ลักษณะทางเรขาคณิตของเส้นทาง ทางแยก เกาะจัดช่องจราจร เครื่องหมายจราจรบนพื้นทาง สภาพข้างทางและวัตถุถาวรข้างทาง สันขอบทางคนเดินเท้า ยานพาหนะคันอื่นๆ ป้ายจราจร สัญญาณไฟจราจร เครื่องหมายนำทางวัตถุกลางทางและสภาพของถนน

1.2.3 การนำร่อง (Navigation) การนำร่อง หมายถึง ผู้ขับขี่ต้องวางแผนการเดินทางเพื่อให้บรรลุถึงจุดหมายที่ตั้งใจไว้ ข้อมูลข่าวสารที่ต้องการคือเส้นทางที่จะสามารถเดินต่อไปจนถึงจุดหมาย สิ่งที่ต้องมองเห็น คือ ทางแยก ข้างทางและวัตถุถาวรข้างทาง และป้ายแนะนำ

เมื่อพิจารณาความต้องการข้อมูลข่าวสารของผู้ขับขี่ในกระบวนการขับรถทั้ง 3 กระบวนการแล้ว การออกแบบไฟฟ้าแสงสว่างต้องเหมาะสมในด้านความสว่าง ความสม่ำเสมอของแสงการป้องกันแสงบาดตา และอื่นๆ อย่างไรก็ตาม ไม่มีความจำเป็นที่ต้องติดตั้งไฟฟ้าแสงสว่างบนถนนทุกสาย เพราะพลังงานมีจำกัด สิ่งที่สามารถทดแทนได้ เช่น การใช้วัสดุที่มีคุณสมบัติการสะท้อนแสงบนป้ายจราจร เครื่องหมายจราจรบนพื้นทางเครื่องหมายนำทาง และการติดตั้งเป้าสะท้อนแสงบนราวกันอันตราย การพิจารณาว่าถนนช่วงใดมีความเหมาะสมในการติดตั้งไฟฟ้าแสงสว่างจึงเป็นสิ่งที่ต้องทำการพิจารณาในรายละเอียดอย่างถี่ถ้วน

1.3 เหตุอันควรในการพิจารณาติดตั้งไฟฟ้าแสงสว่าง

การติดตั้งไฟฟ้าแสงสว่างมีอยู่ 2 แบบ คือ การติดตั้งในลักษณะต่อเนื่อง (Continuous Lighting) ได้แก่การติดตั้งบนช่วงของถนนในลักษณะต่อเนื่องยาวตามแนวถนน และการติดตั้งเฉพาะบริเวณ (Specific Lighting) ได้แก่การติดตั้งเฉพาะพื้นที่บริเวณ เช่น ทางแยก สะพาน บริเวณที่เกิดอุบัติเหตุบ่อย ช่วงกลางคืน การพิจารณาติดตั้งไฟฟ้าแสงสว่างจากค่าปริมาณจราจรที่ผ่านบนสายทางนั้นโดยใช้ค่าเฉลี่ยปริมาณจราจรของทั้งปีเฉลี่ยต่อวัน (AADT) แต่โดยทั่วไปแล้วให้ติดตั้งเมื่อมีค่า AADT ตั้งแต่ 5,000 - 15,000 คัน/วันขึ้นไป ทั้งนี้ขึ้นกับข้อจำกัดและปัจจัยต่างๆ กันของถนนในแต่ละท้องที่ข้อพิจารณาอื่นๆ อาจประกอบด้วย

1.3.1 เหตุอันควรในการพิจารณาติดตั้งไฟฟ้าแสงสว่างลักษณะต่อเนื่อง

- (1) ปริมาณจราจรของทั้งปีเฉลี่ยต่อวัน (AADT) ตั้งแต่ 5,000-15,000 คัน/วันขึ้นไป
- (2) มีปริมาณคนเดินข้ามทางและข้างทางในเวลากลางคืนสูง
- (3) มีความสับสนของการจราจร
- (4) พื้นที่ใกล้เคียงมีแสงสว่างจ้ามาก รบกวนต่อการมองเห็น

1.3.2 เหตุอันควรในการพิจารณาติดตั้งไฟฟ้าแสงสว่างลักษณะเฉพาะบริเวณ

- (1) มีอุบัติเหตุเกิดขึ้นในเวลากลางคืนต่อกลางวันเป็น 1.3 : 1
- (2) เขตชุมชนหรือบริเวณที่มีคนใช้ข้างทางเวลากลางคืนสูง
- (3) การจราจรสับสนในการเข้าช่องจราจรหรือเลี้ยวที่บริเวณทางแยก
- (4) ทางแยกที่ติดตั้งสัญญาณไฟจราจรอยู่แล้ว
- (5) บริเวณที่มีการเปลี่ยนแปลงแนวทางทันทีทันใด ระยะการมองเห็นไม่เพียงพอ

(6) ทางโค้งรัศมีแคบ หรือมีความลาดชันมาก

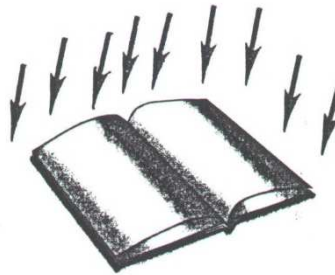
(7) สะพานที่โค้ง และทางแยกต่างระดับ

2. ปัจจัยที่มีผลต่อการออกแบบไฟฟ้าแสงสว่างถนน

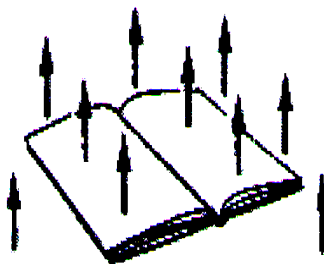
ในงานไฟฟ้าแสงสว่างบนถนน มีหลายปัจจัยที่จะต้องนำมาพิจารณาเพื่อให้ได้ความส่องสว่างเพียงพอตามมาตรฐาน รวมทั้งข้อกำหนดอื่นๆ เพื่อให้เกิดความปลอดภัยในการใช้รถใช้ถนน และการใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ

2.1 ความส่องสว่าง (Illuminance) หมายถึง ความส่องสว่างที่กระทบลงบนวัตถุมีความสัมพันธ์ คือ ปริมาณแสง (ลูเมน) /พื้นที่ มีหน่วยคือ ลักซ์ (Lux) กับ ฟุตแคนเดิล (footcandle , fc)

- ความส่องสว่าง 1 Lux หมายถึง ปริมาณเส้นแรงของแสง 1 ลูเมนไปตกลงบนวัตถุบนพื้นที่ 1 ตารางเมตรบนพื้นผิวของทรงกลม
- ความส่องสว่าง 1 fc หมายถึง ปริมาณเส้นแรงของแสง 1 ลูเมนไปตกลงบนวัตถุบนพื้นที่ 1 ตารางฟุตบนพื้นผิวของทรงกลม



2.2 ความสว่าง (Luminance) หมายถึง ความส่องสว่างที่สะท้อนออกมาจากวัตถุ มีหน่วยเป็น แคนเดลา/ตารางเมตร หากวัตถุมีผิวที่มีลักษณะแตกต่างกันหรือมีสีที่ต่างกันก็จะทำให้ค่าความสะท้อนที่ต่างกัน นั่นคือค่าความสว่าง (Luminance) ก็จะต่างกันไปด้วย เช่น หากเราส่องแสงเข้ากระทบกับวัตถุสีขาว ก็จะมีค่าความสว่างมากกว่าวัตถุสีดำ



2.3 ค่าความสม่ำเสมอของการกระจายแสง (Uniformity of Illumination) ค่าความสม่ำเสมอของความสว่างมีความจำเป็นสำหรับการมองเห็น และเกี่ยวกับ Visual Comfort (ความสบายตาในการมองเห็น) ของคนขับรถซึ่ง Uniformity Ratio (สัมประสิทธิ์ความสม่ำเสมอ) เป็นค่าของสัดส่วนระหว่างค่าความสว่างต่ำสุดกับค่าความสว่างโดยเฉลี่ยสำหรับค่า Uniformity Ratio โดยสำหรับงานแสงสว่างถนนควรไม่น้อยกว่า 1 : 2.5

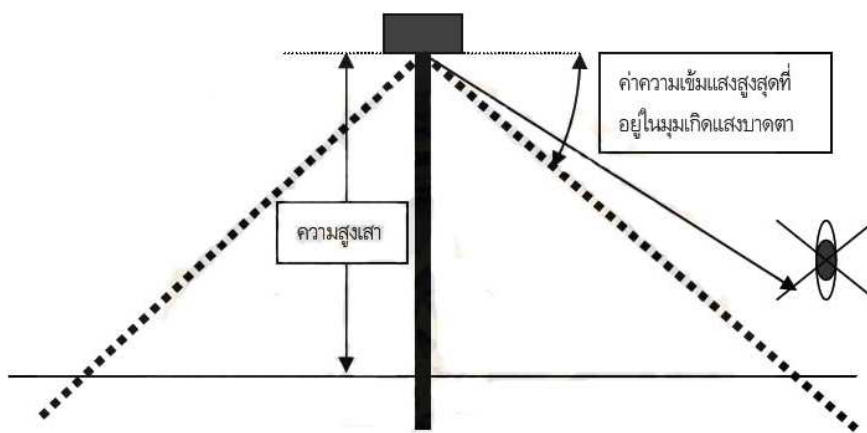
U_o ความสม่ำเสมอของการกระจายแสง

$$U_o = E_{\min} / E_{av} \geq 1 : 2.5$$

2.4 การจำกัดสถานะแสงบาดตา (Limitation of glare) ปัจจัยตัวนี้ เป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ประสิทธิภาพของการขับขี่ยานยนต์ลดลง โดยทั่วไปสถานะ Glare (แสงแยงตา) เกิดขึ้นเมื่อมีความสว่างมาก ซึ่งแบ่งประเภทของสถานะ Glare เป็น 2 ประเภท คือ

(1) *ภาวะด้อยประสิทธิภาพจากแสงแยงตา (Discomfort Glare)* คือ การรับรู้ของการมองเห็นที่ไม่สบายตา ซึ่งในการออกแบบต้องให้ผู้ขับขี่เกิดความสบายตาในการมองเห็นวัตถุได้ยาก ซึ่ง Discomfort Glare เป็นสถานะที่มองเห็นวัตถุนั้นไม่ชัดเจนในเวลาสั้น ๆ

(2) *ภาวะไร้ประสิทธิภาพจากแสงแยงตา (Disability Glare)* คือ การรับรู้ของการมองเห็นที่ไม่สามารถมองเห็นวัตถุนั้นได้ Disability Glare (Veiling Luminance) จะเกิดขึ้นเมื่อแสงเดินทางมาแบบไม่มีทิศทาง จนทะลุผ่านเสมือนทะลุผ่านเนื้อแก้ว ซึ่งจะเกิดสถานะการมองเห็นได้น้อยหรือไม่สามารถมองเห็นได้ชัดเจน ซึ่งก็เป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดสถานะมองเห็นวัตถุนั้นได้ยาก เช่น สภาพถนนเปียก เป็นต้น



รูปที่ 2.4-1 มุมของลำแสงดวงโคมในแนวตั้ง และมุมที่ทำให้เกิดสถานะของแสงบาดตา

การเลือกใช้โคมไฟที่ไม่เหมาะสมและติดตั้งไม่ถูกต้อง จะเกิดจุดหรือบริเวณสว่างเหมือนมันแสง และทำให้เกิด Glare ซึ่งสามารถลดลงได้ โดยการเลือกใช้โคมไฟที่เหมาะสมและการออกแบบที่ดีและการออกแบบการกระจายแสงของดวงโคมให้ความเข้มของแสงในทิศทางของมุมสูง ๆ ลดลง เช่น ในมุมที่ค่าความเข้มแสงสูงสุดของดวงโคมเกิน 75 องศา อาจเกิดสถานะแสงบาดตาหากระดับความสูงในการติดตั้งไม่เหมาะสม ดังรูปที่ 2.4-2

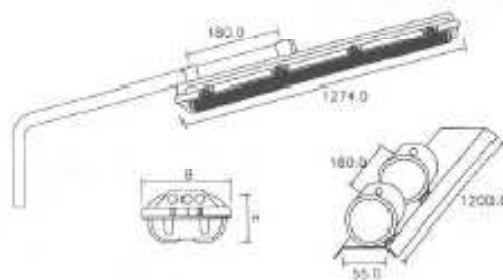


รูปที่ 2.4-2 สภาพตัวอย่างการเกิดสถานะของแสงบาดตา

2.5 โคมไฟฟ้า (luminaire) หลอดไฟฟ้ามีหน้าที่ให้ความสว่างแต่ส่วนใหญ่จะมีการให้ความสว่างรอบตัวหลอดเองคือ ไม่มีทิศทางการส่องสว่างที่แน่นอน ยกเว้นหลอดประเภทที่มีตัวสะท้อนแสงภายในตัวเอง หลอดที่ให้แสงสว่างรอบตัวมีประสิทธิภาพการใช้งานต่ำเพราะมีแสงออกรอบทิศแทนที่จะส่องไปในบริเวณที่ต้องการ ดังนั้นการผลิตโคมไฟฟ้ามาเพื่อใช้กับหลอดไฟฟ้าก็เพื่อบังคับให้แสงส่องไปในทิศทางที่ต้องการ ทำให้ประสิทธิภาพการใช้งานของหลอดไฟฟ้าสูงมากขึ้น โคมภายนอกควรสามารถกันน้ำได้ และมีความปลอดภัยต่อการสัมผัส

2.5.1 ประเภทโคมไฟทำงานไฟฟ้าแสงสว่างถนน

โคมไฟถนนจะใช้ภายนอกอาคารบริเวณถนนที่ต้องการความสว่างของแสง ซึ่งมีให้เลือกทั้งแบบที่ใช้กับหลอดฟลูออเรสเซนต์ (fluorescent) หรือ แบบที่ใช้กับหลอดความเข้มสูง (high intensity discharge, HID) ซึ่งมักจะเป็นหลอดโซเดียมความดันต่ำ หรือโซเดียมความดันสูง การติดตั้งจะต้องติดตั้งบนเสาไฟฟ้า หรือไม่ก็ต้องมีเสาไฟถนนเฉพาะโคมไฟถนน ซึ่งการใช้งานภายนอกอาคารโคมไฟถนนจึงต้องมีคุณสมบัติในการป้องกันน้ำเข้าภายในโคมไฟเป็นอย่างดี



รูปที่ 2.5.1-1 โคมไฟถนนใช้กับหลอดฟลูออเรสเซนต์ (fluorescent)

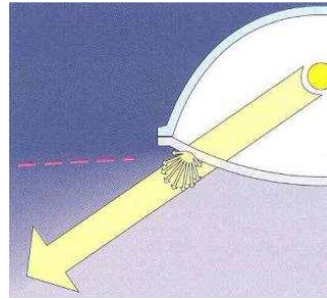


รูปที่ 2.5.1-2 โคมไฟถนนใช้กับหลอดความเข้มสูง (high intensity discharge, HID)

2.5.2 คุณสมบัติการกระจายแสง (Light Distribution)

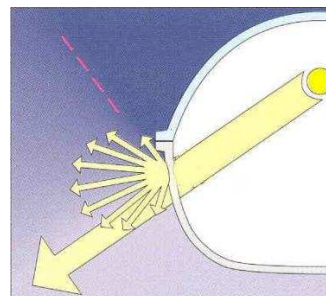
คุณสมบัติการกระจายแสงของโคมไฟฟ้าแบ่งได้ใน 4 ลักษณะ คือ

- (1) การกระจายแสงแบบ *Cutoff* ได้แก่ โคมไฟที่มีการควบคุมแนวส่องของลำแสงอย่างสมบูรณ์ ยอมให้มีแสงกระจายขึ้นเล็กน้อย ให้แสงกระจายเหนือโคมบ้างเล็กน้อย เหมาะสำหรับติดตั้งในถนนที่การจราจรใช้ความเร็วสูง เช่น ทางด่วน ทางพิเศษระหว่างเมือง เป็นต้น



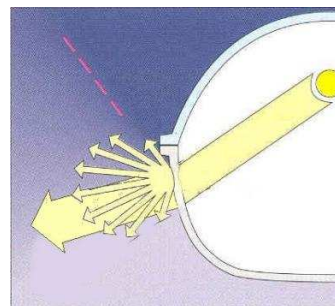
รูปที่ 2.5.2-1 ลักษณะดวงโคม และทิศทางการกระจายแสงของดวงโคมไฟฟ้าแบบ Cut - off

- (2) การกระจายแสงแบบ *Semi cutoff* ได้แก่ โคมไฟที่มีการควบคุมแนวส่องของลำแสงถึงสมบูรณ์ ลำแสงหลักของโคมไม่เปลี่ยนทิศทาง ให้แสงกระจายเหนือดวงโคมปานกลาง เหมาะสำหรับถนนที่มีพื้นที่สองข้างทางเป็นชุมชน และมีแสงจากสภาพแวดล้อมค่อนข้างมาก



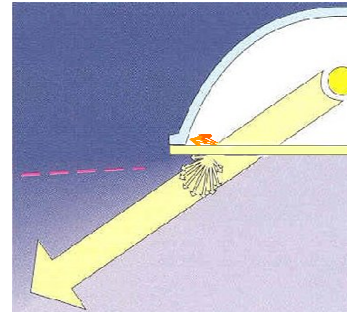
ที่ 2.5.2-2 ลักษณะดวงโคม และทิศทางการกระจายแสงของดวงโคมไฟฟ้าแบบ Semi - Cut - off

- (3) การกระจายแสงแบบ *Non cutoff* ได้แก่ โคมไฟที่ไม่มีการควบคุมแนวส่องของลำแสง เปลี่ยนทิศทางลำแสงหลักของโคม ให้แสงพุ่งกระจายเหนือดวงโคมมาก ก่อมลภาวะทางแสง (Sky Glow) ไม่เหมาะสมที่จะติดตั้งบนทางหลวง ใช้ได้กับถนนซอยขนาดเล็ก



ที่ 2.5.2-3 ลักษณะดวงโคม และทิศทางการกระจายแสงของดวงโคมไฟฟ้าแบบ Non Cutoff

(4) การกระจายแสงแบบ Full cutoff ได้แก่ โคมไฟที่มีแนวการควบคุมแนวส่องลำแสงสมบูรณ์ ไม่ยอมให้แสงกระจายขึ้นด้านบน (True 90 °) ลำแสงหลักของโคมไม่เปลี่ยนทิศทาง ไม่มีแสงกระจายเหนือดวงโคม แสงหักเหกลับภายในเหมาะสำหรับติดตั้งในถนนที่การจราจรใช้ความเร็วสูง เช่น ทางด่วน ทางพิเศษระหว่างเมือง เป็นต้น



ที่ 2.5.2-4 ลักษณะดวงโคม และทิศทางการกระจายแสงของดวงโคมไฟฟ้าแบบ Full Cutoff

2.6 ชนิดของต้นกำเนิดแสง (Typical Light Sources)

ในการส่องสว่างถนนส่วนใหญ่ จะนิยมใช้โคมไฟถนนและหลอดไฟฟ้าชนิดต่างๆตามชนิดและประเภทของถนนในแต่ละพื้นที่ องค์ประกอบที่มีผลต่อการเลือกใช้ในการออกแบบไฟถนน ได้แก่

1. ขนาดของหลอดไฟฟ้า (กำลังไฟฟ้าและฟลักซ์ส่องสว่าง)
2. อายุของหลอดไฟฟ้า
3. สีของแสงและการเห็นสี (Tc, Ra)
4. ประสิทธิภาพของหลอดไฟฟ้าและโคมไฟถนน
5. ขนาดทางกายภาพของหลอดไฟฟ้าและโคมไฟถนน
6. การกระจายแสงของโคมไฟถนน
7. ความคงทนและชั้นการป้องกันของโคมไฟถนน
8. ราคาหลอดไฟฟ้าและโคมไฟถนน

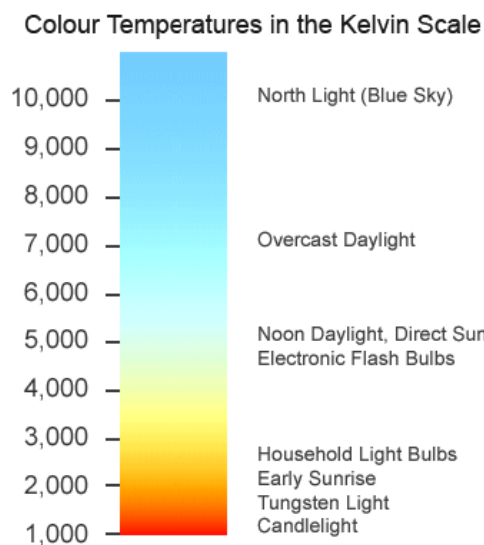
แสงสว่างที่หลอดไฟแต่ละชนิดเปล่งออกมาจะมีคุณภาพที่แตกต่างกัน คุณภาพของแสงสว่างจะพิจารณาจากคุณลักษณะ 3 ประการ คือ อุณหภูมิสี หรืออุณหภูมิสีเทียบเคียง (colour temperature or correlated colour temperature) ความถูกต้องของสี (colour rendering) ซึ่งแสดงด้วยค่าดัชนีการแสดงสี (colour rendering index , CRI) และค่าประสิทธิภาพ (Efficacy)

2.6.1 อุณหภูมิสี (Color Temperature)

การบอกสีทางด้านการส่องสว่างมักบอกด้วยอุณหภูมิสี ซึ่งหมายถึงสีที่เกิดจากการเผาไหม้วัสดุสีดำซึ่งมีการดูดซับความร้อนได้สมบูรณ์ด้วยอุณหภูมิที่กำหนด เช่น หลอดฟลูออเรสเซนต์คู่โลว์ที่มีอุณหภูมิสี 6500 องศาเคลวิน หมายถึง เมื่อเผาวัสดุสีดำให้ร้อนถึงอุณหภูมิ 6500 เคลวิน วัตถุนั้นจะเปล่งแสงออกมาเป็นสีคู่โลว์หรือขาวปนน้ำเงิน เป็นต้น

ตัวอย่างอุณหภูมิสีของหลอดต่างๆ เป็นดังนี้

- เทียนไข 1900 เคลวิน
- หลอดทั้งสแตนฮาโลเจน 2700 เคลวิน
- หลอดอินแคนเดสเซนซ์ 2800 เคลวิน
- หลอดฟลูออเรสเซนต์
 - เดย์ไลท์ (Daylight) 6500 เคลวิน
 - คูลไวท์ (Cool White) 4500 เคลวิน
 - วอร์มไวท์ (Warm White) 3500 เคลวิน



รูปที่ 2.6.1-1 กราฟอุณหภูมิสี

2.6.2 ความถูกต้องของสี (Color rendering)

หมายถึง สีที่ส่องไปถูกวัตถุให้ความถูกต้องสีมาน้อยเพียงใด มีหน่วยเป็น เปอร์เซนต์ ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 0 - 100 โดย ค่า 0 หมายถึงหลอดไฟที่ให้แสงที่ทำให้สีของวัตถุผิดเพี้ยนจากความจริงอย่างสิ้นเชิง ส่วนค่า 100 คือแสงที่ทำให้สีของวัตถุแสดงสีที่แท้จริงตามธรรมชาติ

ตารางที่ 2.6.2-1 ตัวอย่างค่าดัชนีความถูกต้องของสีของหลอดไฟชนิดต่างๆ

ชนิดของหลอด	CRI (Color Rendering index)
หลอดอินแคนเดสเซนซ์	100
หลอดทั้งสแตนฮาโลเจน	100
หลอดฟลูออเรสเซนต์	60-90
หลอดแสงจันทร์	80-90
หลอดเมทัลฮาไลด์	40-60
หลอดโซเดียมความดันสูง	60-90
หลอดโซเดียมความดันต่ำ	30-50

2.6.3 ค่าประสิทธิภาพ (Efficacy)

หมายถึง ปริมาณแสงที่ออกมาต่อวัตต์ที่ใช้ (ลูเมนต่อวัตต์) หลอดที่มีค่าประสิทธิภาพสูงหมายความว่า เป็นหลอดที่ให้ปริมาณแสงออกมามากแต่ใช้วัตต์ต่ำ ดังนั้นการเลือกหลอดในด้านของการประหยัดพลังงานไฟฟ้าต้องเลือกหลอดที่มีประสิทธิภาพ (ลูเมนต่อวัตต์) สูง

ตารางที่ 2.6.3-1 ตัวอย่างค่าประสิทธิภาพของหลอดไฟชนิดต่างๆ

ชนิดของหลอด	ลูเมน/วัตต์
หลอดอินแคนเดสเซนต์	5-13
หลอดทังสเตนฮาโลเจน	12-22
หลอดฟลูออเรสเซนต์	50-90
หลอดแสงจันทร์	35-80
หลอดเมทัลฮาไลด์	60-120
หลอดโซเดียมความดันสูง	70-130
หลอดโซเดียมความดันต่ำ	100-180

2.6.4 ชนิดของหลอดไฟฟ้า

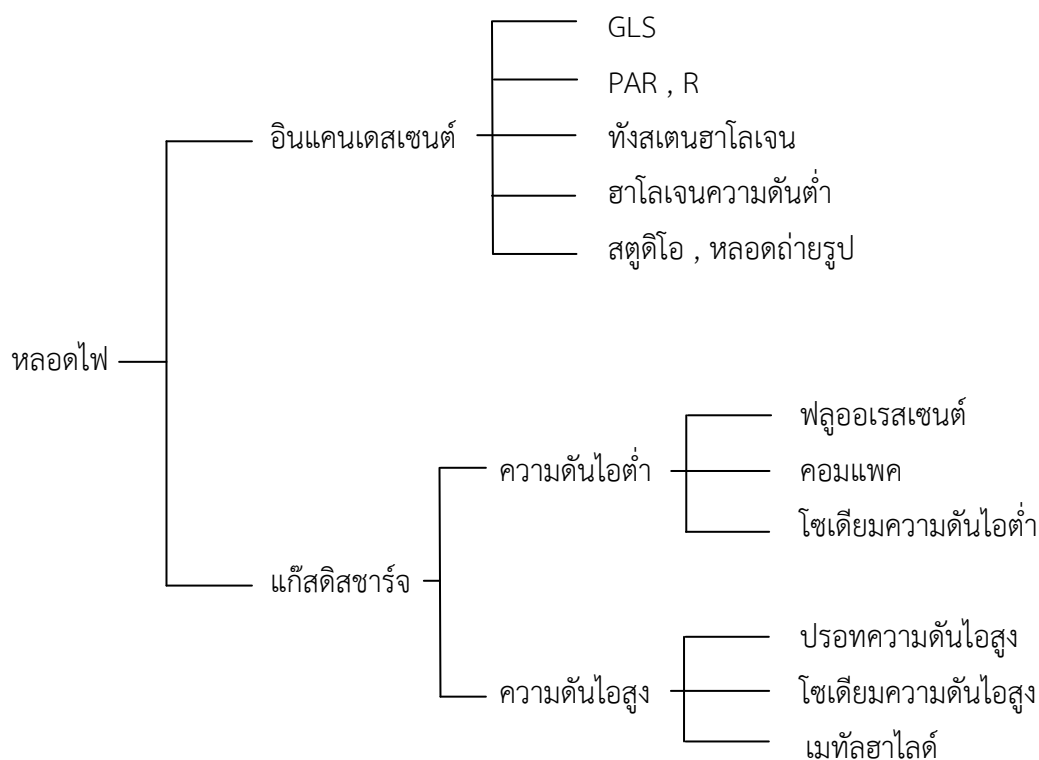
หลอดไฟที่ใช้ในการส่องสว่างโดยทั่วไป ได้แก่ หลอดอินแคนเดสเซนต์ หลอดฟลูออเรสเซนต์ และหลอดคายประจุความเข้มสูง แสงสว่างที่หลอดไฟเปล่งออกมาจะมีคุณภาพของแสงสว่างโดยพิจารณาจากอุณหภูมิสีหรืออุณหภูมิสีเทียบเคียงและการแสดงสี หลอดไฟที่ใช้ในการส่องสว่างมีอยู่ 3 ชนิดหลัก คือ หลอดอินแคนเดสเซนต์ (incandescent) หลอดฟลูออเรสเซนต์ (fluorescent) และหลอดคายประจุความเข้มสูง (high intensity discharge, HID) โดยอธิบายหลักการทำงานของหลอดแต่ละประเภทได้ดังนี้

(1) **หลอดอินแคนเดสเซนต์ (incandescent)** คือ หลอดไฟที่เราเรียกว่า หลอดไส้ ซึ่งเป็นขดลวดทังสเตน เมื่อไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดทังสเตน ขดลวดจะร้อนจนแดงและเปล่งแสงออกมา หลอดชนิดนี้มีประสิทธิภาพต่ำคือประมาณ 10-25 ลูเมนต่อวัตต์ แต่มีราคาถูกหลอดไส้ที่ใช้กันอยู่โดยทั่วไปมี 2 ชนิดคือ หลอดไส้ทังสเตนธรรมดา และหลอดทังสเตนฮาโลเจน หลอดไส้ธรรมดาภายในหลอดจะบรรจุก๊าซเฉื่อยคืออาร์กอนผสมกับไนโตรเจน แต่หลอดทังสเตนฮาโลเจนจะบรรจุก๊าซฮาโลเจนซึ่งจะรวมกับทังสเตนที่ระเหิดออกมาในขณะร้อน เมื่อหลอดเย็นลงทังสเตนจะแยกออกมากลับไปเกาะที่ไส้ตามเดิม ทำให้มีอายุการใช้งานที่นานกว่าหลอดไส้ธรรมดาประมาณ 2 เท่า และปริมาณแสงที่ให้ก็คงที่กว่า เพราะทังสเตนไม่ไปจับที่ผนังหลอด จึงไม่ขุ่นมัวเหมือนหลอดไส้ธรรมดา

(2) **หลอดฟลูออเรสเซนต์ (fluorescent)** เป็นหลอดไฟที่ใช้กันมากทั่วโลกประสิทธิภาพในการให้แสงสว่างมากกว่าหลอดไส้คือ มีประสิทธิภาพระหว่าง 50-80 ลูเมนต่อวัตต์ ในขณะที่ประสิทธิภาพของหลอดไส้เท่ากับ 10-25 ลูเมนต่อวัตต์ ซึ่งทำให้ประหยัดไฟมากกว่า และยังประหยัดพลังงานความร้อนสำหรับระบบปรับอากาศ โดยเฉพาะศูนย์การค้า อาคารสำนักงาน เพราะเกิดความร้อนน้อยกว่ามาก อายุการใช้งานนานถึง 20000 ชั่วโมง เมื่อเทียบกับหลอดไส้ซึ่งมีอายุประมาณ 750 ชั่วโมง (หลอด 100 วัตต์)

หลอดฟลูออเรสเซนต์แบ่งออกได้เป็น 3 ชนิด คือ หลอดอุ่นช้า (preheat) หลอดติดทันที (instant start) และ หลอดติดเร็ว (rapid start)

(3) หลอดคายประจุความเข้มสูง (high intensity discharge, HID) หลอดชนิดนี้มีหลักการคล้ายกับหลอดฟลูออเรสเซนต์ในการทำให้เกิดแสง คือสร้างกระแสอิเล็กตรอนให้วิ่งชนส่วนผสมของไอโลหะและก๊าซเฉื่อย แล้วปล่อยรังสียูวีไปทำให้สารเคลือบหลอดเกิดเรืองแสง หลอดนี้ต้องใช้ร่วมกับบัลลาสต์ แต่จะมีข้อหลอดเล็กกว่า มีความดันและความสว่างมากกว่า หลอดชนิดนี้มีอยู่ 3 ชนิด คือ หลอดแสงจันทร์ (mercury lamp) หลอดโลหะฮาไลด์ (metal halide lamp) และหลอดโซเดียมความดันสูง (high pressure sodium) ซึ่งมีรายละเอียดการแบ่งชนิดของหลอดไฟฟ้างกล่าวข้างต้น สามารถเขียนเป็นแผนภาพ เพื่อความเข้าใจที่ง่ายขึ้นได้ดังแสดงในรูปที่ 2.6.4-1



รูปที่ 2.6.4-1 แผนภาพการแบ่งชนิดหลอดไฟ

คุณลักษณะและรายละเอียดของหลอดไฟฟ้าแต่ละชนิด หลอดไฟฟ้าที่ใช้ในงานติดตั้งไฟฟ้าแสงสว่างกับถนน ที่ใช้อยู่ทั่วไปในปัจจุบันมีอยู่ 6 ชนิด คือ

- (1) หลอดโซเดียมความดันไอสูง (High pressure sodium lamp)
- (2) หลอดโซเดียมความดันไอต่ำ (Low pressure sodium lamp)
- (3) หลอดปรอทความดันไอสูง (Mercury vapor lamp)
- (4) หลอดเมทัลฮาไลด์ (Metal halide lamp)
- (5) หลอดฟลูออเรสเซนต์ (Fluorescent lamp)
- (6) หลอดแอลอีดี (Light Emitting Diode)

หลอดแต่ละชนิดก็มีคุณสมบัติทางแสงและทางไฟฟ้าต่างกัน ในการเลือกหลอดเพื่อการประหยัดพลังงานไฟฟ้า ต้องเลือกหลอดที่มีประสิทธิภาพ(ลูเมนต่อวัตต์) สูง อายุการใช้งานนาน และคุณสมบัติทางแสงของหลอดด้วย แต่งานบางอย่างก็ต้องเลือกใช้หลอดที่ไม่ประหยัดพลังงาน ฉะนั้นการนำหลอดไปใช้งานต้องพิจารณาความเหมาะสมในการนำไปใช้

(1) หลอดโซเดียมความดันไอสูง หลอดโซเดียมความดันไอสูงมีประสิทธิภาพรองจากหลอดโซเดียมความดันไอดำ คือ มีประสิทธิภาพประมาณ 70 - 130 ลูเมนต่อวัตต์แต่ความถูกต้องของสีดีกว่าหลอดโซเดียมความดันไอดำ คือ 20 % หลอดประเภทนี้ให้สีเหมาะสำหรับงานทางด้านความปลอดภัย เพราะตามีความไวต่อการมองเห็นที่โทนสีเหลือง งานที่เหมาะสมใช้กับหลอดประเภทนี้ได้แก่ งานที่ไม่มีปัญหาเรื่องความถูกต้องของสีไฟถนนบริเวณที่ไม่ใช่ย่านธุรกิจ ไฟถนน ไฟสวนสาธารณะ อายุการใช้งานประมาณ 24,000 ชม มีขนาดวัตต์ 50 70 100 150 250 400 และ 1,000 วัตต์



หลอดแบบ High pressure sodium ellipse : HSE (ทรงอีลิป)

หลอดแบบ High pressure tube : HST (ทรงหลอดแก้วยาว)

รูปที่ 2.6.4-2 หลอดโซเดียมความดันไอสูง



รูปที่ 2.6.4-3 ไฟฟ้าแสงสว่างถนน แบบโซเดียมความดันไอสูง

(2) **หลอดโซเดียมความดันต่ำ** หลอดประเภทนี้มีสีเหลืองจัดและประสิทธิภาพมากที่สุดในบรรดาหลอดทั้งหมด คือ มีประสิทธิภาพประมาณ 120-200 ลูเมนต่อวัตต์ แต่ความถูกต้องของสีน้อยที่สุด คือ มีความถูกต้องของสีเป็น 0 % ข้อดีของแสงสีเหลืองเป็นสีที่มนุษย์สามารถมองเห็นได้ดีที่สุด หลอดประเภทนี้จึงเหมาะเป็นไฟถนนและอายุการใช้งานนานประมาณ 16,000 ชม หลอดมีขนาดวัตต์ 18 35 55 90 135 และ 180 วัตต์



รูปที่ 2.6.4-4 หลอดโซเดียมความดันต่ำ



รูปที่ 2.6.4-4 ไฟฟ้าแสงสว่างถนน แบบโซเดียมความดันต่ำ

(3) **หลอดโปรทความดันสูง** หรือที่ชาวบ้านเรียกว่าหลอดแสงจันทร์ และมีประสิทธิภาพสูงพอกับหลอดฟลูออเรสเซนต์ คือ มีประสิทธิภาพประมาณ 50-80 ลูเมนต่อวัตต์ แสงที่ออกมามีความถูกต้องของสีประมาณ 60 % ส่วนใหญ่ใช้แทนหลอดฟลูออเรสเซนต์เมื่อต้องการวัตต์สูงๆ เหมาะสำหรับใช้กับงานประเภทโรงงานอุตสาหกรรมทั่วไป แสงสว่างสาธารณะที่ต้องการความถูกต้องสี เช่น ไฟถนน ไฟสาธารณะ บริเวณร้านค้าในพื้นที่ที่มีเพดานสูง อายุการใช้งานประมาณ 8,000-24,000 ชม มีขนาดวัตต์ 50 80 125 250 400 700 และ 1,000 วัตต์



รูปที่ 2.6.4-5 หลอดโปรทความดันสูง



รูปที่ 2.6.4-6 ไฟฟ้าแสงสว่างถนน แบบปรอทความดันไอสูง

(4) หลอดเมทัลฮาไลด์ หลอดเมทัลฮาไลด์ก็เหมือนกับหลอดปล่อยประจุอื่นๆ แต่มีข้อดีที่ว่า มีสเปกตรัมแสงทุกสี ทำให้สีทุกชนิดเด่นภายใต้หลอดชนิดนี้ มีประสิทธิภาพประมาณ 60-120 ลูเมนต่อวัตต์ เหมาะสำหรับใช้กับงานที่ต้องการความถูกต้องสีมาก เช่น งานพิมพ์สี งานส่องสนามกีฬา และห้างสรรพสินค้า เป็นต้น มีอายุการใช้งานประมาณ 6,000-9,000 ชม และมีขนาดวัตต์ 100 125 250 300 400 700 และ 1,000 วัตต์



รูปที่ 2.6.4-7 หลอดเมทัลฮาไลด์



รูปที่ 2.6.4-8 ไฟฟ้าแสงสว่าง แบบเมทัลฮาไลด์

(5) **หลอดฟลูออเรสเซนต์** เป็นหลอดปล่อยประจุความดันไอต่ำ สีของหลอดมี 3 แบบคือ daylight cool white และ warm white ชนิดของหลอดชนิดนี้ที่ใช้งานกันทั่วไปคือแบบ Linear ขนาด 18 และ 36 วัตต์ และ Circular 22 32 และ 40 วัตต์ และมีประสิทธิภาพประมาณ 45-80 ลูเมนต่อวัตต์ และมีอายุการใช้งาน 9,000-12,000 ชม.

สำหรับ โซเดียมความดันไอต่ำ ไม่นิยมใช้ในปัจจุบัน เนื่องจากคุณภาพของการให้สีที่ไม่ถูกต้อง ส่วนไฟฟ้าส่องสว่างในเวลากลางคืนตามถนนของเมืองไทยเป็นลักษณะการใช้หลอดไฟแบบโซเดียมความดันไอสูง ซึ่งสีที่ได้จะเพี้ยนไปจากความเป็นจริงไม่มากนัก แต่การมองเห็นจะชัดเจน สำหรับในเขตย่านชุมชนหรือสถานที่ท่องเที่ยวที่ไม่สมควรมีความเพี้ยนของสี และเพื่อให้ทัศนียภาพคงสภาพสีที่เหมือนจริง ควรใช้หลอดไฟแบบปรอทความดันไอสูง หรือเมทัลฮาไลด์

(6) **หลอดแอลอีดี (LED : Light Emitting Diode)** เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ผลิตจากสารกึ่งตัวนำมีลักษณะโครงสร้างภายในเป็นรอยต่อของสาร p และสาร n หรือที่เรียกว่า pn Junction เหมือนกับ ไดโอด สีของแสงที่เปล่งออกมานั้นขึ้นอยู่กับองค์ประกอบทางเคมีของสารกึ่งตัวนำที่ใช้ หลอดชนิดนี้ใช้งานกับไฟฟ้ากระแสตรง ดังนั้น หากจะนำมาใช้ในอาคารต้องมีอุปกรณ์แปลงไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นกระแสตรง ก่อนการใช้งาน หลอด LED มีค่าประสิทธิภาพอยู่ที่ประมาณ 40 ถึง 45 ลูเมนต่อวัตต์ การเพิ่มกำลังการส่องสว่างของ LED ทำได้โดยการต่อ LED เล็กๆ หลายหลอดไว้บนแผงเดียวกัน โดยมักจะนำมาใช้แทนหลอดทั้งสเตนฮาโลเจน หรือนำไปใช้เป็นไฟส่องเฉพาะจุด เนื่องจากไม่มีการแผ่รังสียูวีและอินฟราเรด



รูปที่ 2.6.4-9 หลอด LED และโคมไฟสำหรับหลอด LED



รูปที่ 2.6.4-10 ไฟฟ้าแสงสว่าง แบบ LED

ปัจจุบันโคมไฟถนนแบบ LED ยังไม่ได้รับความนิยมมากนัก เพราะยังเป็นเทคโนโลยีใหม่ที่มีราคาแพงเมื่อเทียบกับหลอดประเภทอื่น แม้ว่าโคมประเภทนี้จะให้คุณภาพการส่องสว่าง ความถูกต้องของสี และค่าประสิทธิภาพที่ดีกว่าหลอดประเภทอื่นๆ

3. ข้อเสนอแนะการออกแบบงานไฟฟ้าแสงสว่างบนทางหลวงชนบท

3.1 ข้อกำหนดด้านสมรรถนะการส่องสว่าง

เกณฑ์สมรรถนะการส่องสว่างไฟถนน เป็นเรื่องสำคัญมากสำหรับประสิทธิภาพ ในการออกแบบไฟถนนผู้ออกแบบได้คำนึงถึงสมรรถนะด้านความสว่างใช้ค่าความส่องสว่าง (illuminance) และความสม่ำเสมอของความสว่างเป็นเกณฑ์ในการออกแบบ ต่อมาได้ปรับเปลี่ยนไปใช้ค่าความสว่าง (luminance) ความสม่ำเสมอรวมของความส่องสว่าง และความสม่ำเสมอในแต่ละช่องทางวิ่งของความส่องสว่าง ตลอดจนปัจจัยที่ก่อให้เกิดความจ้าตา (glare) เป็นเกณฑ์ในการออกแบบ การใช้ค่าความส่องสว่างนี้ได้รวมปัจจัยเกี่ยวกับคุณสมบัติการสะท้อนแสงของผิวถนนชนิดต่างๆเข้าไปด้วย

กำหนดค่าที่ใช้ในการออกแบบสำหรับถนนทางหลวงชนบท ดังนี้

1. ความส่องสว่าง (Illuminance) , E ไม่น้อยกว่า 9.7 Lux
2. ความสว่าง (Luminance) , L ไม่น้อยกว่า 0.75 Cd/m^2
3. ค่าความสม่ำเสมอแสง (Uniformity of Illumination)

E_{min} / E_{av}	ไม่น้อยกว่า	1 / 2.5
E_{min} / E_{max}	ไม่น้อยกว่า	1 / 6

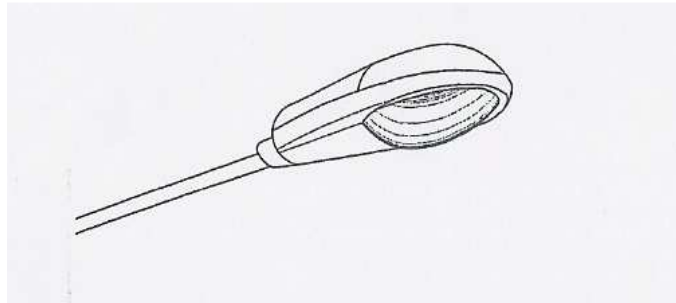
มาตรฐานความส่องสว่างของกรมทางหลวง

ประเภทถนน STREET CLASSIFICATIONS	ความส่องสว่างเฉลี่ย (ลักซ์) AVERAGE ILLUMINANCE (lux)		
	ในเมือง CENTRAL-URBAN AREAS	ชานเมือง SUB-URBAN AREAS	ชนบท (นอกเมือง) RURAL AREAS
ถนนสายประธาน HIGH GRADE MOTORWAYS	21.5	15.0	10.75
ถนนสายหลัก MAIN ROUTES	21.5	13.0	9.7
ถนนสายรอง SECONDARY ROUTES	13.0	9.7	6.5
ถนนสายย่อย LOCAL ROADS	9.7	6.5	2.1
ทางแยก AT JUNCTION	21.5	21.5	15.0

3.2 ประเภทโคมไฟฟ้า

โคมไฟฟ้า หมายถึง องค์ประกอบรวมของ หลอดไฟฟ้า (Lamp) , อุปกรณ์ประกอบในวงจร หลอด และ โคมไฟฟ้า (Fixtures) มาตรฐานกรมทางหลวงชนบท กำหนดให้ใช้ชนิดโคมไฟฟ้าในการออกแบบ ตามประเภทการใช้งานออกเป็น 4 แบบดังนี้

(1) แบบ A



- ใช้กับถนนทั่วไปที่มีพื้นที่สำหรับติดตั้งเสา และแขนของดวงโคมยื่นเข้ามาในถนน
- โคมไฟฟ้าแสงสว่างถนน ใช้หลอดโซเดียมความดันสูง ชนิดหลอด HSE (ทรงอีลิป) หรือ HST (ทรงหลอดแก้วยาว) มี SLIP FITTER พร้อมต่อกับปลายของแขนยื่น
- ตัวโคมทำจาก DIE - CAST ALLUMINUM ทนทานต่อการกัดกร่อนจากสภาวะแวดล้อม ในบริเวณที่ติดตั้งได้ดี แผ่นสะท้อนแสง (รีเฟลคเตอร์) ทำด้วยอะลูมิเนียมคุณภาพสูง
- การกระจายแสงเป็นชนิด SEMI CUTOFF
- ดวงโคมเป็นแบบกันน้ำ มีระดับชั้นป้องกันน้ำและฝุ่น IP 65 ขึ้นไป
- บัลลาสต์ประกอบรวมอยู่ในตัวโคม เป็นแบบ HIGH POWER FACTOR ทำงานในระบบ ไฟฟ้า 220 โวลต์ $\pm 10\%$

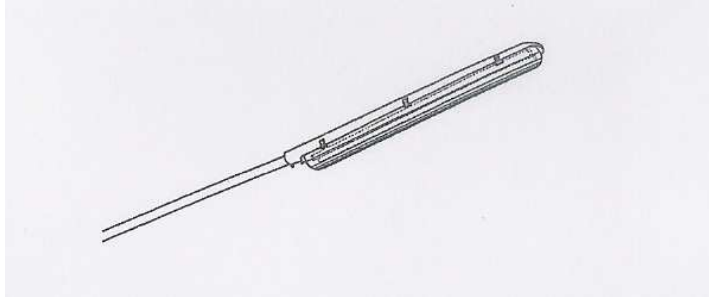
(2) แบบ B



- ใช้กับถนนทั่วไปที่มีลักษณะพื้นที่จำกัด ไม่สามารถยื่นแขนของดวงโคมเข้ามาในถนนได้ หรือมีข้อจำกัดเรื่องความสูงการติดตั้ง
- โคมไฟฟ้าแสงสว่างถนน ใช้หลอดโซเดียมความดันสูง ชนิดหลอด HSE (ทรงอีลิป) หรือ HST (ทรงหลอดแก้วยาว) มี SLIP FITTER พร้อมต่อกับปลายของแขนยื่น
- ตัวโคมทำจาก DIE - CAST ALLUMINUM ทนทานต่อการกัดกร่อนจากสภาวะแวดล้อม ในบริเวณที่ติดตั้งได้ดี แผ่นสะท้อนแสง (รีเฟลคเตอร์) ทำด้วยอะลูมิเนียมคุณภาพสูง
- การกระจายแสงเป็นชนิด SEMI CUTOFF

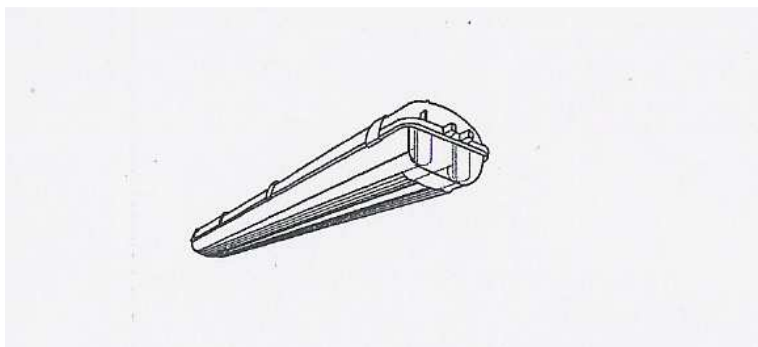
- ดวงโคมเป็นแบบกันน้ำ มีระดับชั้นป้องกันน้ำและฝุ่น IP 65 ขึ้นไป
- บัลลาสต์ประกอบรวมอยู่ในตัวโคม เป็นแบบ HIGH POWER FACTOR ทำงานในระบบไฟฟ้า 220 โวลต์ $\pm 10\%$

(3) แบบ C



- ใช้กับถนนภายในหมู่บ้าน หรือชุมชนที่มีการสัญจรของยานพาหนะไม่มากนัก ต้องการให้แสงสว่างแก่การเดินเท้า
- โคมไฟฟ้าแสงสว่างถนน ใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ ขนาด 2x18 วัตต์ หรือ 2x36 วัตต์ มี SLIP FITTER พร้อมต่อกับปลายของแขนยื่น
- ตัวโคมและฝาครอบทำจากโพลีคาร์บอเนต ทนต่อรังสี UV ทนแรงกระแทกสูง ไม่แตกหักง่าย แผ่นสะท้อนแสงเป็นแผ่นเหล็กชุบเคลือบสีขาว คลิปหรืออุปกรณ์จัดยึดที่เป็นโลหะทั้งหมดทำจากเหล็กสแตนเลส
- ดวงโคมเป็นแบบกันน้ำ มีระดับชั้นป้องกันน้ำและฝุ่น IP 65 ขึ้นไป
- บัลลาสต์ประกอบรวมอยู่ในตัวโคม เป็นแบบ LOW LOSS , HIGH POWER FACTOR ทำงานในระบบไฟฟ้า 220 โวลต์ $\pm 10\%$

(4) แบบ D



- ใช้กับงานติดตั้งแบบลอยใต้หลังคา เช่น สะพานลอยคนเดินข้ามแบบมีหลังคา
- โคมไฟฟ้าแสงสว่างถนน ใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ ขนาด 1x36 วัตต์ หรือ 2x36 วัตต์ ติดตั้งแบบลอยใต้หลังคา สำหรับสะพานลอยคนเดินข้ามแบบมีหลังคา
- ตัวโคมและฝาครอบทำจากโพลีคาร์บอเนต ทนต่อรังสี UV ทนแรงกระแทกสูง ไม่แตกหักง่าย แผ่นสะท้อนแสงเป็นแผ่นเหล็กชุบเคลือบสีขาว คลิปหรืออุปกรณ์จัดยึดที่เป็นโลหะทั้งหมดทำจากเหล็กสแตนเลส

- ดวงโคมเป็นแบบกันน้ำ มีระดับชั้นป้องกันน้ำและฝุ่น IP 65 ขึ้นไป
- บัลลาสต์ประกอบรวมอยู่ในตัวโคม เป็นแบบ LOW LOSS , HIGH POWER FACTOR ทำงานในระบบไฟฟ้า 220 โวลต์ $\pm 10\%$

3.3 ตัวแปรที่พิจารณาในการออกแบบ

การออกแบบระยะการติดตั้งไฟฟ้าส่องสว่างที่เหมาะสม มีตัวแปรที่ต้องพิจารณาดังนี้

(1) **ความกว้างของถนน** พิจารณาว่าดวงโคมไฟฟ้าถนนแต่ละดวงโคมนั้นสามารถที่จะกระจายแสงสว่างออกไปครอบคลุมพื้นที่ที่ไกลออกไปได้กี่ช่วงของความสูงของเสาดวงโคมไฟฟ้าตามแนวความกว้างของพื้นถนน เพื่อที่จะสามารถเลือกประเภทดวงโคมไฟฟ้าให้เหมาะสมกับความกว้างของถนน

(2) **ความสูงของเสาไฟ** พิจารณาความสูงที่จะติดตั้งดวงโคมไฟฟ้าถนนแต่ละดวงโคมไฟฟ้าถนนไม่ควรยาวกว่าความกว้างของถนนเป็นหลัก

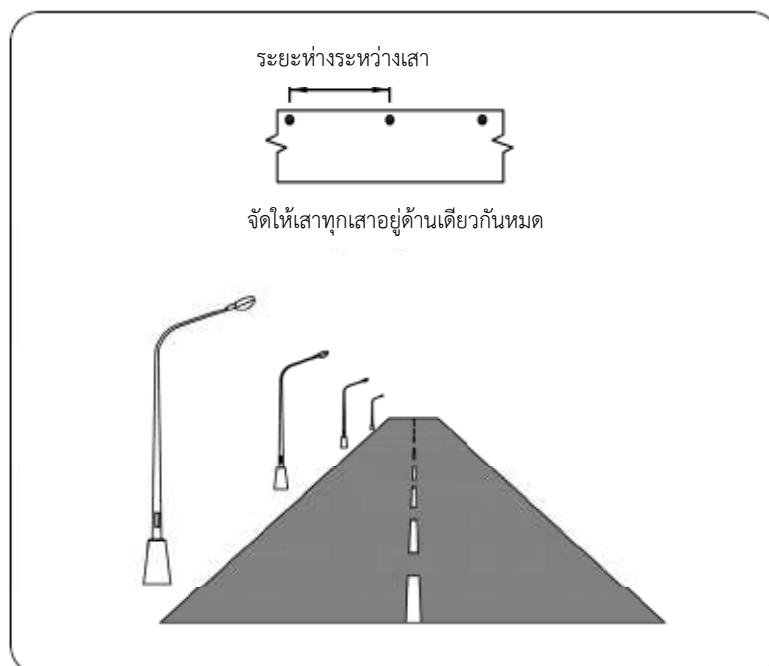
(3) **ชนิดของหลอดไฟฟ้าส่องสว่าง** พิจารณาเลือกหลอดไฟฟ้าตามประเภทของถนนที่จะติดตั้งให้ได้ค่าความเข้มแสงและค่าความสม่ำเสมอของแสงตามมาตรฐานที่ต้องการ (กรมทางหลวงชนบทมีมาตรฐานความเข้มแสงไม่ต่ำกว่า 9.7 lux)

(4) **ลักษณะการจัดวางตำแหน่งของเสา** พิจารณาจากปัจจัยเกี่ยวข้องต่างๆ เช่น รูปแบบถนน ตรงทางแยก ทางร่วม ทางโค้ง ความกว้างของถนน ระยะห่างระหว่างเสา ชนิดดวงโคม เพื่อจัดวางตำแหน่งของเสาโคมไฟให้เหมาะสม

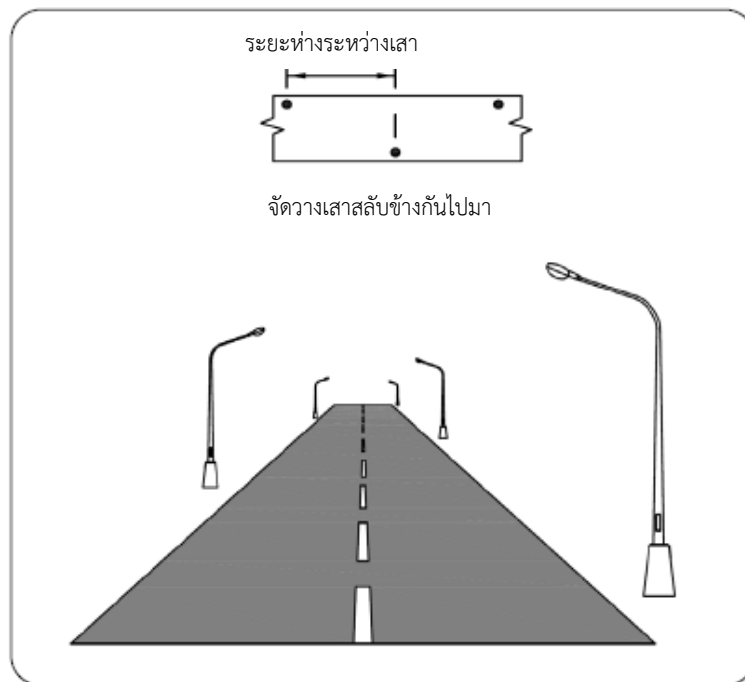
3.4 การติดตั้งตำแหน่งเสาของดวงโคมไฟฟ้าแสงสว่างถนน

การติดตั้งตำแหน่งเสาของดวงโคมไฟฟ้าถนนนั้น แบ่งเป็น 5 ประเภท ดังนี้

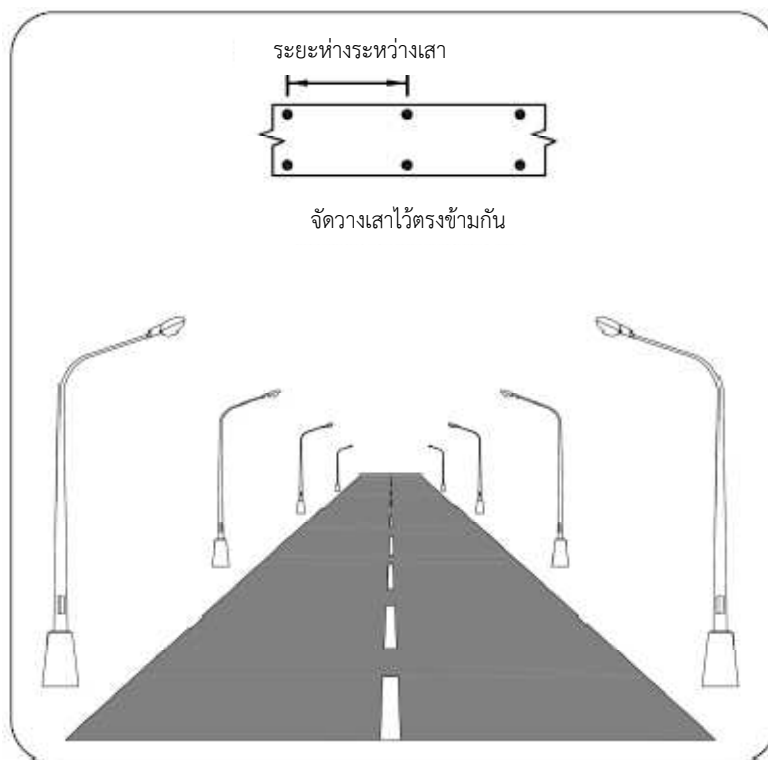
(1) การติดตั้งตำแหน่งเสาของดวงโคมไฟฟ้าอยู่ในแนวด้านเดียวกัน



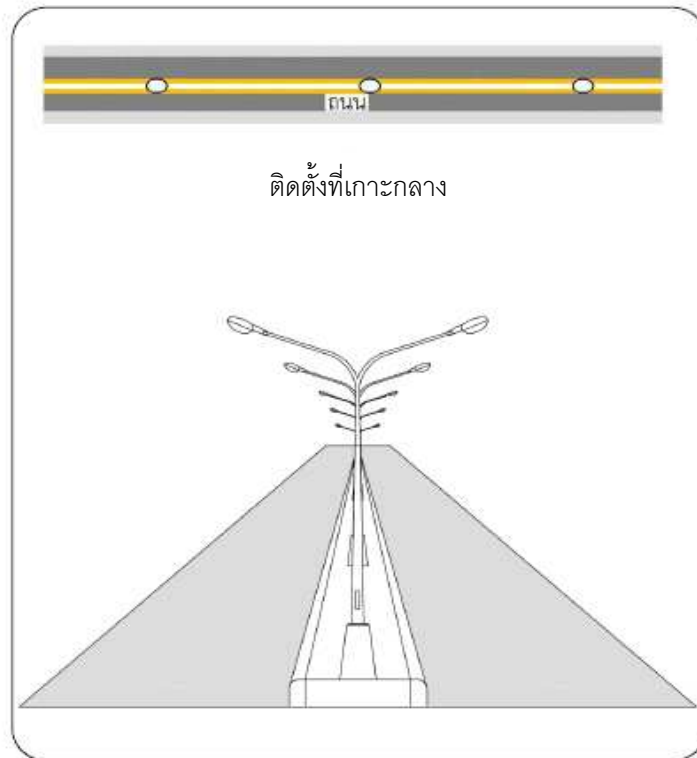
- (2) การติดตั้งตำแหน่งเสาของดวงโคมไฟฟ้าถนนให้อยู่สลับตำแหน่งกันของ 2 ข้างถนน
(Staggered Arrangement)



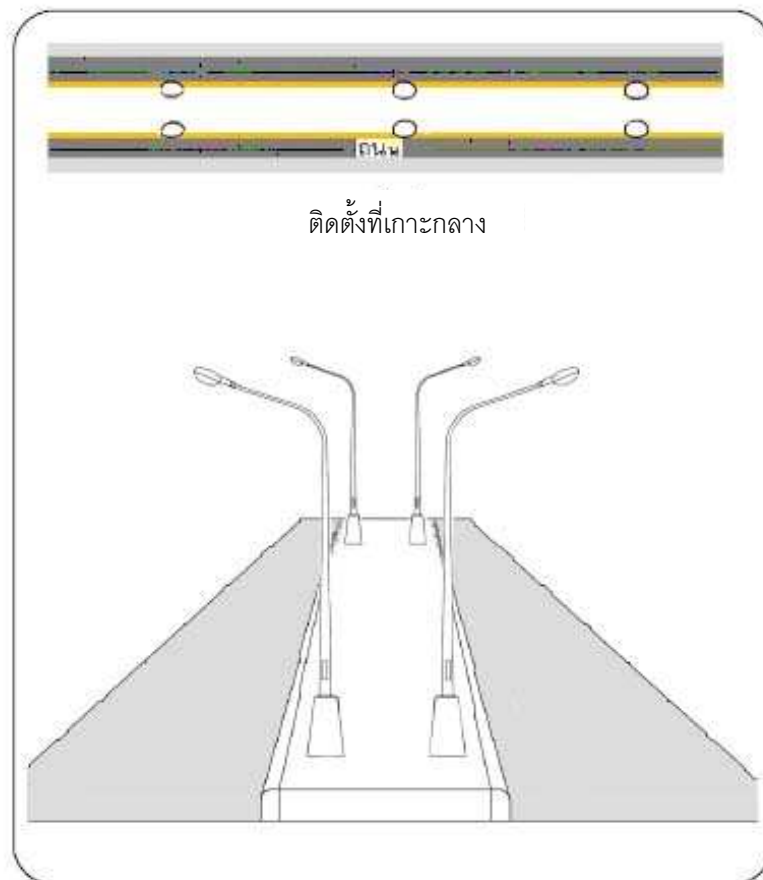
- (3) การติดตั้งตำแหน่งเสาของดวงโคมไฟฟ้าถนนให้อยู่ตำแหน่งตรงข้ามกันของ 2 ข้างถนน
(Opposite Arrangement)



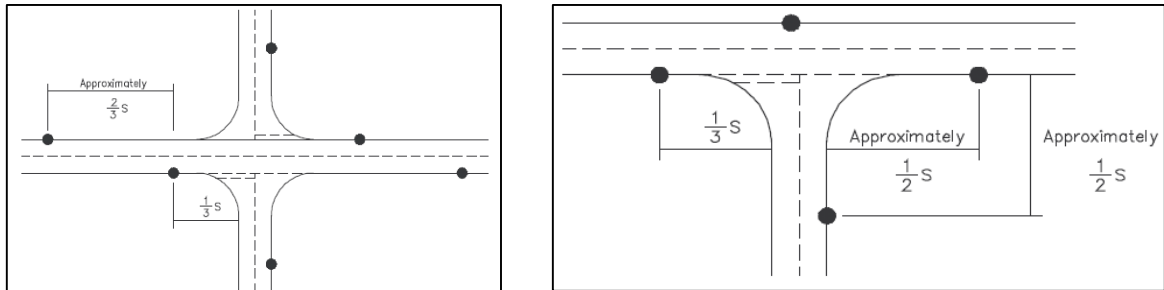
(4) การติดตั้งตำแหน่งเสาของดวงโคมไฟฟ้าบริเวณเกาะกลางถนน เสาเดี่ยวกิ่งคู่



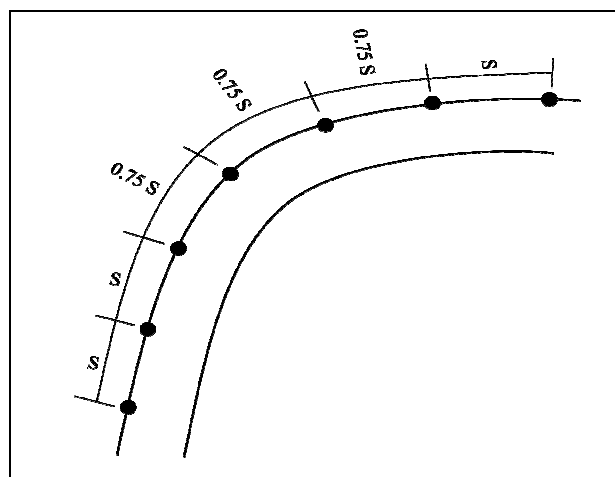
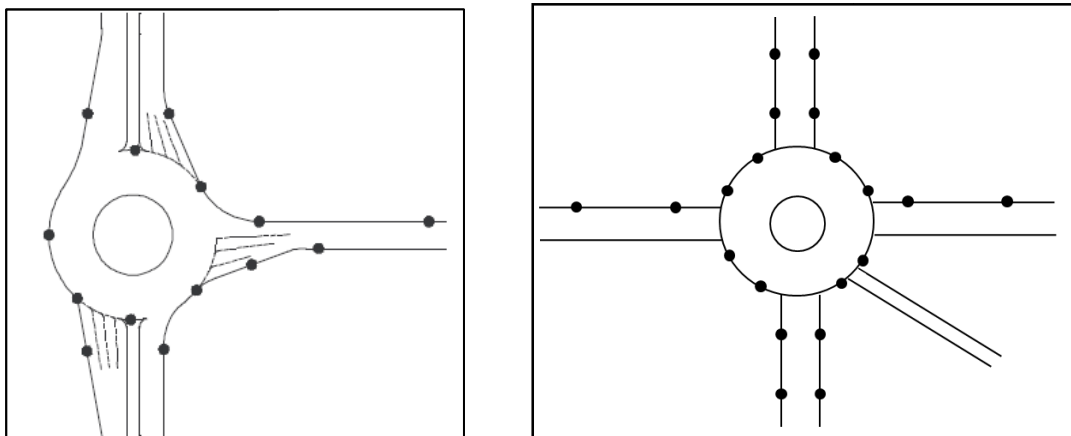
(5) การติดตั้งตำแหน่งเสาของดวงโคมไฟฟ้าบริเวณเกาะกลางถนน เสาคู่กิ่งเดี่ยว



การติดตั้งตำแหน่งเสาของดวงโคมไฟฟ้าถนนทั้ง 5 แบบนี้จะเป็นการติดตั้งกับถนนที่เป็นทางตรงเท่านั้น แต่ในการติดตั้งตำแหน่งเสาของดวงโคมไฟฟ้าถนนจริงๆ แล้วนั้น จะต้องพิจารณาการติดตั้งตำแหน่งเสาของดวงโคมไฟฟ้าถนนในทางแยก ทางร่วม ทางโค้งและตามวงเวียน ตลอดจนทางข้ามต่างๆ ซึ่งบริเวณเหล่านี้จะต้องพิจารณาเป็นพิเศษและระดับแสงสว่างจะต้องมีปริมาณแห่งการส่องสว่างมากกว่าถนนทั่วไป ไม่น้อยกว่า 1.5 เท่าของปริมาณแห่งการส่องสว่างของถนนทั่วไป และลักษณะการติดตั้งตำแหน่งของเสาสำหรับดวงโคมไฟฟ้าถนนตามบริเวณต่างๆ ดังตัวอย่างการจัดวางรูปที่ 3.4-1 - 3.4-2



รูปที่ 3.4-1 แสดงตัวอย่างการติดตั้งตำแหน่งเสาของดวงโคมไฟฟ้าบริเวณทางแยก



รูปที่ 3.4-2 แสดงตัวอย่างการติดตั้งตำแหน่งเสาของดวงโคมไฟฟ้าบริเวณวงเวียน และทางโค้ง

หมายเหตุ : ระยะ S คือระยะห่างระหว่างเสาของถนนทางปกติ

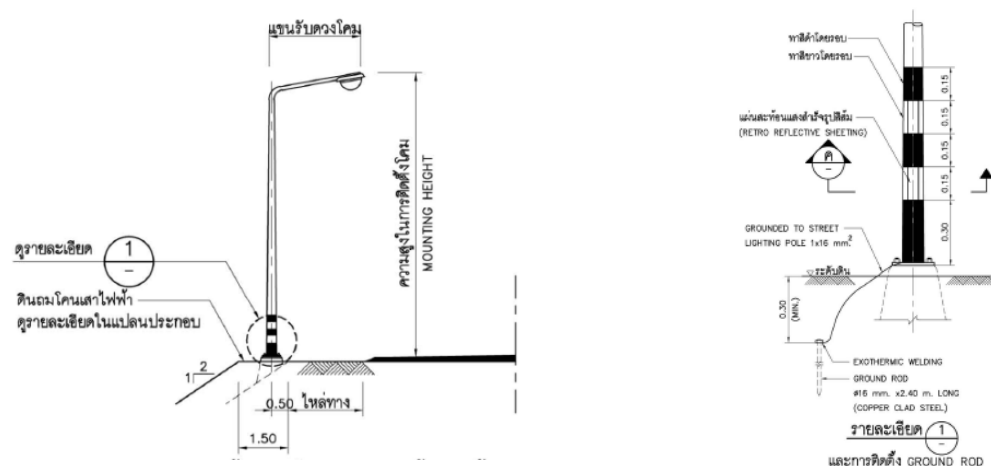
ระยะระหว่างเสากรณีทางโค้ง แนะนำให้ใช้ระยะ 0.75 เท่าของระยะระหว่างเสาของถนนปกติ

3.5 ตารางแนะนำออกแบบติดตั้งไฟฟ้าแสงสว่างถนนทางตรง และทางแยก

ผู้ออกแบบงานไฟฟ้าแสงสว่างสามารถใช้ตารางแนะนำการออกแบบต่อไปนี้ ในการปฏิบัติงานออกแบบ ในเบื้องต้น โดยแบ่งเป็นการติดตั้งเสาไฟฟ้าแสงสว่างถนนแบบต่างๆ ดังนี้

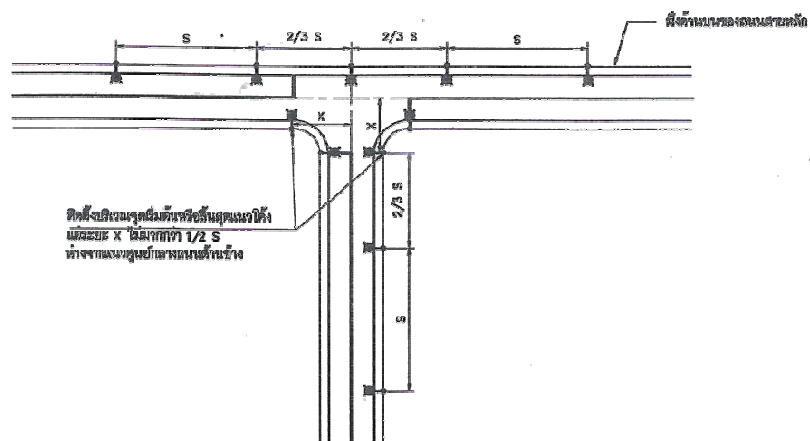
3.5.1 การติดตั้งเสาไฟฟ้าแสงสว่างถนนแบบไม่มีเกาะกลาง

รูปแบบถนน	ลักษณะการติดตั้งเสาไฟฟ้าแสงสว่าง	ชนิดโคม	ขนาดหลอด (วัตต์)	ความสูงเสา (H) (เมตร)	แขนรับดวงโคม (L) (เมตร)	ระยะห่างระหว่างเสา (S) MAX (เมตร)
1. ถนน 2 ช่องจราจร ความกว้างผิวจราจรรวมไหล่ 8 เมตร						
1.1 ทางตรง	ติดตั้งด้านเดียว	แบบ A	150	9	1.20	30
			250	9	1.20	40
1.2 ทางแยก	ติดตั้งตามรูปแบบ	แบบ A	150	9	1.20	ระยะตามรูปแบบ
			250	9	1.20	ระยะตามรูปแบบ
2. ถนน 2 ช่องจราจร ความกว้างผิวจราจรรวมไหล่ 10 เมตร						
2.1 ทางตรง	ติดตั้งด้านเดียว	แบบ A	150	9	1.80	30
			250	9	1.80	40
2.2 ทางแยก	ติดตั้งตามรูปแบบ	แบบ A	150	9	1.80	ระยะตามรูปแบบ
			250	9	1.80	ระยะตามรูปแบบ
3. ถนน 2 ช่องจราจร ความกว้างผิวจราจรรวมไหล่ 12 เมตร						
3.1 ทางตรง	ติดตั้งด้านเดียว	แบบ A	150	9	2.40	30
			250	9	2.40	40
3.2 ทางแยก	ติดตั้งตามรูปแบบ	แบบ A	150	9	2.40	ระยะตามรูปแบบ
			250	9	2.40	ระยะตามรูปแบบ
4. ถนน 4 ช่องจราจร ความกว้างผิวจราจรรวมไหล่ 15 เมตร						
4.1 ทางตรง	ติดตั้งตรงข้าม 2 ด้าน	แบบ A	250	9	1.50	40
	ติดตั้งสลับ 2 ด้าน		400	9	1.50	35
4.2 ทางแยก	ติดตั้งตามรูปแบบ	แบบ A	250	9	1.50	ระยะตามรูปแบบ
	(ติดตั้ง 2 ด้าน)		400	9	1.50	ระยะตามรูปแบบ

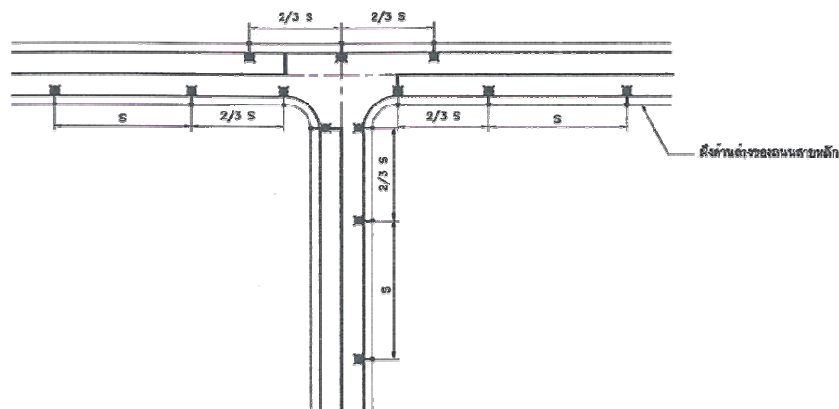


รูปที่ 3.5.1-1 ลักษณะการติดตั้งเสาไฟฟ้าแสงสว่างแบบไม่มีเกาะกลาง

รูปแบบแนะนำการติดตั้งเสาไฟฟ้าแสงสว่างบริเวณสามแยก

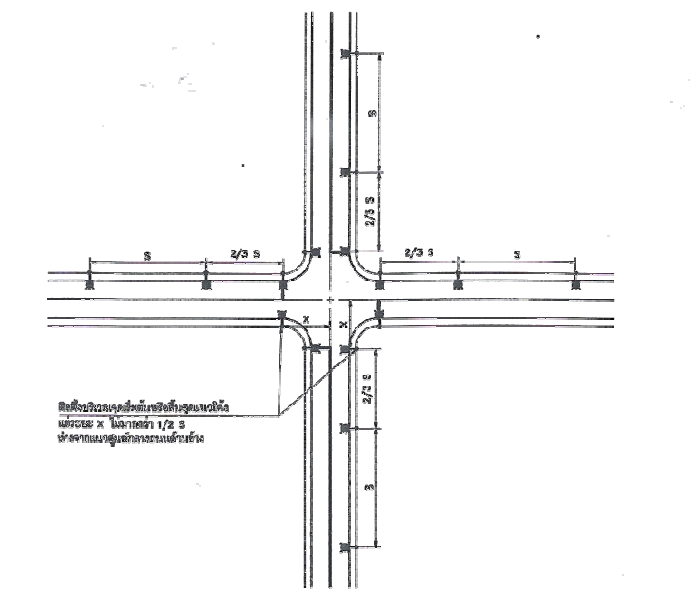


กรณีแนวเสาไฟแสงสว่างถนนบนถนนสายหลักอยู่ฝั่งด้านบน



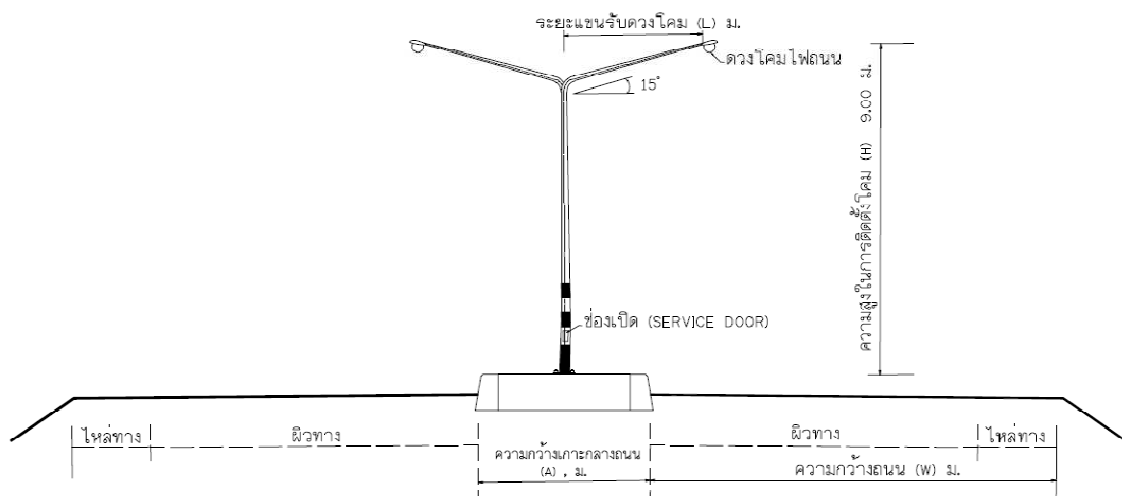
กรณีแนวเสาไฟแสงสว่างถนนบนถนนสายหลักอยู่ฝั่งด้านล่าง

รูปแบบแนะนำการติดตั้งเสาไฟฟ้าแสงสว่างบริเวณสี่แยก

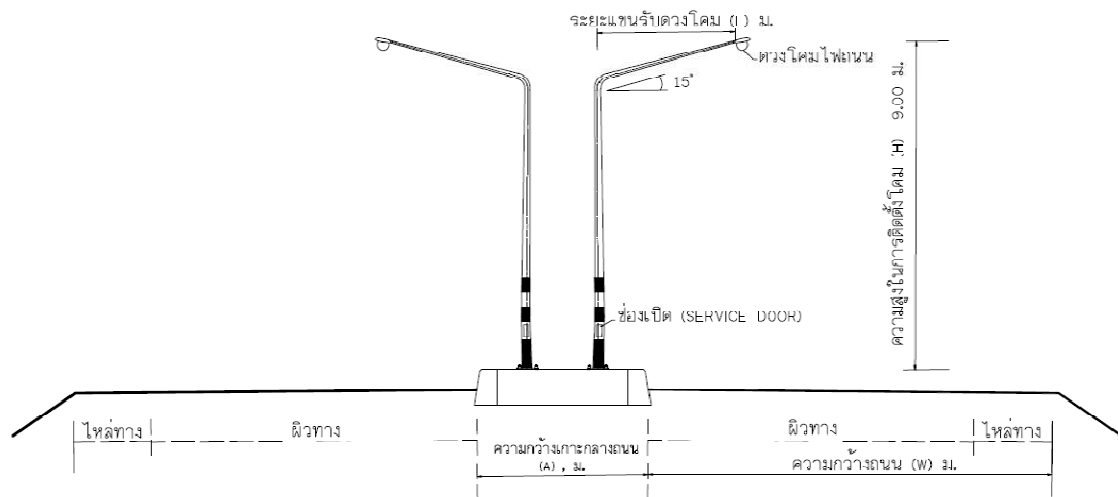


3.5.2 การติดตั้งเสาไฟฟ้าแสงสว่างถนนแบบมีเกาะกลาง

ความกว้างถนนรวมไหล่ทาง (W) , เมตร	ความกว้างเกาะกลางถนน (A) , เมตร	ชนิดเสาโคมไฟ	ชนิดโคม	ขนาดหลอด (วัตต์)	ความสูงเสา (H) เมตร	แขนรับดวงโคม (L) เมตร	ระยะห่างระหว่างเสา (S) MAX เมตร
1) $6 < W \leq 8$	$A \leq 1.5$	กิ่งคู่	แบบ A	250	9	1.50	50
	$1.5 < A \leq 3$	กิ่งคู่	แบบ A	250	9	2.50	50
	$A > 3$	กิ่งเดี่ยว	แบบ A	250	9	1.50	35
2) $8 < W \leq 10$	$A \leq 1.5$	กิ่งคู่	แบบ A	250	9	1.50	50
	$1.5 < A \leq 3$	กิ่งคู่	แบบ A	250	9	2.50	50
	$A > 3$	กิ่งเดี่ยว	แบบ A	250	9	1.50	35
	$A \leq 1.5$	กิ่งคู่	แบบ A	400	12	1.50	70
	$1.5 < A \leq 4$	กิ่งคู่	แบบ A	400	12	3.00	70
	$A > 4$	กิ่งเดี่ยว	แบบ A	400	12	1.50	50
3) $10 < W \leq 14$	$A \leq 1.5$	กิ่งคู่	แบบ A	400	12	1.50	60
	$1.5 < A \leq 4$	กิ่งคู่	แบบ A	400	12	3.00	60
	$A > 4$	กิ่งเดี่ยว	แบบ A	400	12	1.50	45



รูปที่ 3.5.2-1 การติดตั้งเสาไฟฟ้าแสงสว่างแบบมีเกาะกลาง เสาโคมไฟถนนชนิดกิ่งคู่



รูปที่ 3.5.2-2 การติดตั้งเสาไฟฟ้าแสงสว่างแบบมีเกาะกลาง รูปแบบเสาโคมไฟถนนชนิดกิ่งเดี่ยว

3.5.3 ตารางแนะนำขนาดอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่างบนสะพาน

ลักษณะงานที่ติดตั้ง	ผิวจราจรรวม ทางเท้า หรือ ความกว้าง สะพาน (เมตร)	ชนิดโคม	ขนาดหลอด (วัตต์)/ ชนิดหลอด	ความสูงเสา (H) (เมตร)	แขนรับ ดวงโคม (L) (เมตร)	ระยะห่าง ระหว่าง เสา (S) MAX (เมตร)
1) งานสะพานสำหรับยานพาหนะ						
1.1) แบบมีทางเท้า 1.00 เมตร	11.00	แบบ A	150/HPS	9	1.80	20
1.2) แบบมีทางเท้า 1.50 เมตร	11.00	แบบ A	150/HPS	9	1.80	20
1.3) แบบไม่มีทางเท้า	6.00 - 9.00	แบบ A	150/HPS	9	1.20	20
2) งานสะพานสำหรับคนเดินข้าม						
2.1) สะพานคนเดินข้ามถนน	2.35	แบบ B	70/HPS	3	-	10
2.2) สะพานคนเดินข้ามถนนแบบมีหลังคา	2.20	แบบ D	2x36/Flu	-	-	6
2.3) สะพานข้ามลำน้ำ	3.00	แบบ B	70/HPS	3	-	10

4. มาตรฐานวัสดุ อุปกรณ์ และการติดตั้ง

4.1 หลอดไฟถนน

หลอดไฟโซเดียมความดันไอสูง ต้องเป็นหลอดใหม่ อุณหภูมิ สีของแสงประมาณ 2,100 เคลวิน (K) อายุใช้งานเฉลี่ย 24,000 ชั่วโมง ช่วงจุดหลอด 10 ชั่วโมงต่อครั้ง ประสิทธิภาพความส่องสว่างเบื้องต้นหลังการจุดหลอดแล้ว 100 ชั่วโมง ไม่น้อยกว่า 100 ลูเมนต่อวัตต์ อัตราเพิ่มความสว่างของแสงหลังการจุดหลอดไม่เกิน 5 นาที่ประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ของความสว่างสุดท้าย สามารถจุดหลอดได้ใหม่ภายใน 2 นาทีหลังจากการปิดไฟ ความเข้มแสงส่วนใหญ่อยู่ในแถบรังสีที่คนมองเห็น ในกรณีความดันไฟฟ้าลดลง 1 เปอร์เซ็นต์ ความเข้มของแสงต้องลดลงไม่เกิน 3 เปอร์เซ็นต์

4.2 ดวงโคมไฟถนน

ดวงโคมต้องเป็นของใหม่ หากมิได้ระบุไว้เป็นอย่างอื่นให้ใช้ ชนิดตัดลำแสง (Cutoff Lanterns) ความเข้มของการส่องสว่างสูงสุดตามมาตรฐาน IEC หรือ BS ดวงโคมไฟถนนที่จัดหาต้องประกอบให้เรียบร้อย สมบูรณ์พร้อมกับอุปกรณ์ควบคุมการจุดหลอดและอุปกรณ์อื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง พร้อมสรรพด้วยสายไฟในดวงโคม ซึ่งเป็นชนิดที่เหมาะสมตามสภาพการใช้งานจริง ดวงโคมไฟทั้งหมดจะต้องมีจุดต่อต้านข้างเข้ากับแขนของเสาไฟถนน กระงังหน้าดวงโคม ทำจากแก้ว โพลีเมทิลเบต้า ไฮเลทโพลีคาร์บอเนต หรือเมตาไฮเลท และสามารถถอดเปลี่ยนแผ่นอลูมิเนียมกระจายแสง ภายในดวงโคมได้ ดวงโคมจะต้องเป็นชนิดกันน้ำ มีแผ่นซิลทอนความร้อนโอโซน และไม่แตกกร้าวห้ามใช้สกรูสแตนเลส สำหรับจับยึดดวงโคม เพาเวอร์แฟกเตอร์รวมของดวงโคมไม่น้อยกว่า 90% แลกกิ่ง ขนาดภายนอกของดวงโคม 250 วัตต์ และ 400 วัตต์ เท่ากัน ความต้านทานฉนวนสายไฟภายในดวงโคมไม่น้อยกว่า 0.5 เมกะโอห์ม ดวงโคมต้องใช้ได้กับหลอดที่กำหนด

การจัดตำแหน่งดวงโคมต้องให้ได้ความเข้มของการส่องสว่างบนพื้นถนนตามความต้องการต่ำสุดและมีการกระจายของแสงบนผิวอย่างสม่ำเสมอ โดยให้เลือกใช้ตามตารางแนะนำจะได้ค่าความเข้มของการส่องสว่างและความสม่ำเสมอของการกระจายแสงตามข้อกำหนด

4.3 เสาไฟถนน และอุปกรณ์ติดตั้งดวงโคม

(1) เสาไฟถนนต้องเป็นเสาตรงในแนวดิ่ง มีเท้าแขนที่สามารถถอดประกอบได้ ทำจากท่อเหล็กปลายสอบเรียบไม่มีรอยต่อความหนา 4.5 มม. ม้วนจากแผ่นเหล็กรีดร้อน Yield Point ไม่น้อยกว่า 25 กก./ตร.มม. และ Ultimate Tensile Strength ไม่น้อยกว่า 41 กก./ตร.มม. เท้าแขนที่ช่วงสำหรับต่อประกอบเข้าพอดีกับดวงโคม มีระยะยื่นตามกำหนดตั้งแต่ 1.20 - 2.50 ม. แต่ละเสาจะต้องจัดเตรียมแผ่นเหล็กรองยึดเสาให้เข้าได้พอดีกับฐานเสา โดยใช้สมอเหล็กสลักเกลียว เสาไฟ เท้าแขน และดวงโคม และส่วนประกอบอื่นๆ จะต้องออกแบบให้สามารถต้านทานแรงลมขนาดความเร็ว 34 ม./วินาทีได้ มีช่องเปิด-ปิด เพื่อซ่อมบำรุงแบบกันน้ำ โดยมีโช้เหล็กชุบกำมะถันไนซ์ผูกยึดฝาช่องปิดอยู่ภายในเสา ลักษณะโดยทั่วไปภายนอกเสาไฟตามรายละเอียดในแบบผลิตตามมาตรฐาน BS 1840 หรือเทียบเท่ามาตรฐานอื่น เช่น ANSI, ASTM, JIS

(2) จัดทำแผ่นฉนวนไฟฟ้าสำหรับติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้าไว้ภายในเสา ขนาดเหมาะสมสำหรับการติดตั้งและซ่อมบำรุงอุปกรณ์ที่ติดตั้งอยู่ ภายในมีแถบรวมสายดินยึดสมอด้วยสกรูสแตนเลส แหวนล็อกและแหวนรองสำหรับจุดต่อสายลงดิน

(3) เสาไฟถนนทั้งหมดต้องติดตั้งในแนวดิ่ง เท้าแขนทำมุมฉากกับแนวนอนในกรณีที่ติดตั้งเสาไฟบนแนวกันตกของถนน ช่องเปิด-ปิด ซ่อมบำรุงของเสาไฟต้องหันออกจากแนวนอน ต้องเช็คนาฬิกานวนของเสาไฟถนนทุกๆ ระยะ 5 ต้นเสาไฟ ใช้แหวนรองฐานเสาไว้เพื่อจัดระยะตั้งของเสา ตรวจสอบการติดตั้งดวงโคมและสายไฟภายในเสา แต่ละกลุ่มของเสาไฟ เสาไฟทุกต้นต้องต่อลงดิน เมื่อติดตั้งเสาไฟเรียบร้อยแล้ว ให้ทำเครื่องหมายระบุหมายเลขเสาด้วยระบบตัวเลขแสดงเลขที่ตู้สายไฟ วงจร และเลขที่เสาดังแสดงไว้ในแบบแปลนเสาไว้ที่ตำแหน่งความสูง 50 มม. ด้านใดด้านหนึ่งของเสาแขนเดี่ยวและทั้งสองด้านของเสาแขนคู่

4.4 ตู้จ่ายไฟ

ตู้จ่ายไฟต้องเป็นตู้แบบกันน้ำใช้ภายนอกอาคาร ทำจากแผ่นเหล็กกล้าบิวาไนซ์ หรืออลูมิเนียมหนาน้อยกว่า 2 มม. ทาสีทั้งภายในและภายนอกด้วยกรรมวิธีเคลือบสีที่ผ่านการอนุมัติ ประตูดังกล่าวสามารถปิดล็อกได้ พร้อมระบบถ่ายเทอากาศ ตู้ทุกตู้จะต้องมีกุญแจล็อกเหมือนกันและจัดเตรียมลูกกุญแจไว้ 6 ชุด ตู้ทุกตู้ต้องมีการต่อลงดินอย่างเพียงพอ ระบบต่อลงดินประกอบด้วยแถบดินทองแดง สายตัวนำทองแดงและแท่งเหล็กหุ้มทองแดง ความต้านทานในระบบต่อลงดินทั้งหมดไม่เกิน 5 โอห์ม แผงรองรับอุปกรณ์เป็นเบกาไลท์หนาไม่น้อยกว่า 2.3 มม. ขนาดใหญ่พอที่จะติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มเติมได้อีกไม่น้อยกว่า 10%

4.5 สวิตช์ตั้งเวลา

ต้องจัดสวิตช์ตั้งเวลาไว้ทุกตู้จ่ายไฟสำหรับปิดไฟบางส่วนในเวลากลางคืนที่มีปริมาณการจราจรเบาบาง สวิตช์ตั้งเวลาควรเป็นแบบใช้มอเตอร์ไฟฟ้าตัวเดียว ใช้ระบบไฟ 220 โวลต์ 50 เฮิร์ตซ์ กับสปริงโซลันนาฬิกาตั้งเวลาได้ไม่น้อยกว่า 12 ชั่วโมงหน้าสัมผัสสวิตช์สามารถนำกระแสได้ตามพิกัดที่ใช้กับจุดแม่เหล็กไฟฟ้าของคอนแทคเตอร์ และอุปกรณ์อื่นที่เกี่ยวข้อง

4.6 สวิตช์แสงแดด (Photo Cell Switch)

สวิตช์แสงแดดต้องเป็นแบบกันน้ำภายนอกอาคารเหมาะกับไฟระบบ 220 โวลต์ 50 เฮิร์ตซ์ ควบคุมการทำงานเปิดไฟแสงสว่างเมื่อแสงธรรมชาติมากขึ้นถึงจุดที่ตั้งไว้ซึ่งสามารถปรับค่าได้ และปิดไฟแสงสว่างเมื่อแสงธรรมชาติมากขึ้นจนถึงจุดที่ตั้งไว้ มีอุปกรณ์ป้องกันตัวเองหากมีข้อบกพร่องชำรุดภายในระบบควบคุม ระบบไฟแสงสว่างยังคงสามารถทำงานได้ตามปกติ และควรมีอุปกรณ์หน่วงเวลาเพื่อป้องกันการปิดไฟแสงสว่างเมื่อระบบควบคุมกลับมาทำงานได้ตามปกติ ความชื้นในบรรยากาศไม่มีผลต่อการทำงานของระบบควบคุม กลไกภายในของสวิตช์ควบคุมสามารถทนต่อกระแสใช้งานคอนแทคเตอร์และอุปกรณ์อื่นๆ ได้ สามารถติดตั้งได้ง่ายกับฐานแท่นยึดแบบเบาเสียบ

4.7 อุปกรณ์ตัดวงจรกระแสเกิน (Circuit Breaker)

อุปกรณ์ตัดการใช้กระแสเกินเป็น Moded Case Circuit Breaker แบบ Indoor ตัวตัดภายในตู้หรือภายในเสาไฟถนน ทำงานด้วยระบบ Bi-Metal Overload Trip สามารถ Reset ได้ ขนาดพิกัดตามแบบทนแรงดันได้ 500 V. ถ้า Interrupting Current ไม่น้อยกว่า 10 KA

4.8 แมกเนติกคอนแทคเตอร์ (Magnetic Contactor)

แมกเนติกคอนแทคเตอร์ติดตั้งภายในตู้จ่ายไฟ แบบติดลอย Corl 220 V. หน้าสัมผัสทนกระแสไม่น้อยกว่าขนาดของ Circuit Breaker ในวงจรนั้นๆ อายุการทำงานขณะมีกระแสไฟฟ้าต้องไม่น้อยกว่า 7,000 ครั้ง ณ อุณหภูมิ 40° C ความชื้นสัมพัทธ์ 80%

4.9 ระบบสายดิน (Grounding System)

ทุกตู้จ่ายไฟ เสาไฟถนน และอุปกรณ์โลหะอื่นๆ ที่ติดลอยแต่ไม่ได้นำกระแสไฟฟ้า จะต้องต่อสายดินโดยสายดินจะต้องแยกกับสาย Neutral ของการไฟฟ้าฯ แท่งดินเป็นแท่งเหล็กหุ้มทองแดง เส้นผ่านศูนย์กลาง 16 มม. ยาวไม่น้อยกว่า 3 ม. ต้องลึกฝังดินไม่น้อยกว่า 80 ซม. ความต้านทานสูงสุดไม่เกิน 5 โอห์ม เชื่อมต่อกับสายดินด้วย Eoothermie Weld ในกรณีที่ตอกแท่งดินเพิ่ม แท่งดินที่ตอกเพิ่มจะต้องห่างจาก

ศูนย์กลางระบบดินเดิมไม่น้อยกว่า 2 ม. เสไฟฟ้าที่อยู่ระดับดินต้องตอกแท่งดิน เดินสายดินร้อยท่อร้อยสายไฟ (Conduit) เชื่อมเข้ากับขั้วดินภายในตัวเสา ส่วนเสาไฟถนนที่ติดบนสะพาน จะต้องมียาวดินร่วมขนาดไม่น้อยกว่า 16 ตร.มม. เชื่อมเข้าขั้วดินเสาไฟถนนทุกต้น และตอกแท่งดินที่เสาดันสุดท้ายของวงจรทั้ง 2 ด้าน

4.10 สายไฟ

(1) สายไฟที่ใช้กับไฟฟ้าระบบ 750 โวลต์และต่ำกว่า ติดตั้งในท่อร้อยสายไฟแบบฝังใต้ดิน หรือแบบฝังดินโดยตรง ต้องเป็นสายทองแดง เปลือกพีวีซี 750 โวลต์ 70° C Cross Linked Polyethylene (CV)

(2) การติดตั้งสายไฟในท่อร้อยสายไฟกระทำได้ก็ต่อเมื่อได้ติดตั้งท่อร้อยสายไฟเสร็จเรียบร้อยแล้วเท่านั้น หากมีความจำเป็นต้องใช้วัสดุหล่อลื่นช่วยในการร้อยสายไฟ จะต้องส่งวัสดุขออนุมัติจากผู้ควบคุมงานก่อน

(3) การตัดต่อสายไฟสามารถทำได้ที่กล่องต่อสาย บ่อพักสายหรือบ่อดึงสายเท่านั้น อุปกรณ์ตัดสาย ให้ใช้ชนิดแบบหัวบีบทางกล ซึ่งไม่ทำให้เกิดความต้านทานที่รอยต่อสายต่างไปจากสายไฟที่ไม่มีการตัดต่อ ฉนวนหุ้ม พันรอยต่อสายให้ใช้ชนิดที่ผลิตมาเพื่อการฉนวนโดยเฉพาะซึ่งต้องสามารถป้องกันน้ำหรือความชื้นเข้าสู่รอยต่อได้ และจะต้องผ่านการอนุมัติจากผู้ควบคุมงานก่อนใช้งาน การตัด - ต่อ เชื่อมสายไฟภายในระบบ จะต้องได้รับความเห็นชอบจากผู้ควบคุมงานก่อนทุกครั้ง

(4) ให้ใช้ขั้วปลายสายสำหรับการต่อสายไฟเข้าอุปกรณ์ไฟฟ้า

4.11 ท่อร้อยสายไฟ (Conduit)

(1) หากมิได้ระบุเป็นอย่างอื่น ท่อร้อยสายไฟให้ใช้แบบท่อร้อยสายไฟฟ้าแบบ HDPE (High Density Polyethylene) มาตรฐาน DIN 8074, 8075, SFS 2336, 4231 และ ISC 161, 2506, 3607 โดยขึ้นความดันใช้งานไม่น้อยกว่า 5 N/mm²

(2) กล่องต่อสายหรือกล่องดึงสาย ทำจากแผ่นเหล็กหรือเหล็กชุบกลวไนซ์ รอยต่อเชื่อมเรียบรอยสม่ำเสมอมีแผ่นยางกันน้ำรอบฝาปิดกล่องใช้สกรูแบบสแตนเลส อุปกรณ์ประกอบท่อและท่อร้อยสายไฟที่ใช้ต้องผ่านการอนุมัติจากผู้ควบคุมงาน

4.12 การติดตั้งท่อร้อยสายไฟและท่อเปล่าใต้ดิน

(1) การติดตั้งท่อร้อยสายไฟและอุปกรณ์ประกอบท่อ ต้องดำเนินการตามมาตรฐาน กพท. และมาตรฐานสากล ปลายท่อต้องปราศจากความคม ท่อร้อยสายไฟที่ต่อเข้ากับกล่องต่อสายหรืออุปกรณ์ไฟฟ้า จะต้องต่อเข้าในลักษณะเรียบร้อย ปลายท่อป้องกันการขาดสายด้วยปากกระฆังจากโรงงานปิดปากท่อ

(2) ขนาดท่อร้อยสายไฟที่ใช้ต้องมีเส้นผ่าศูนย์กลางภายในอย่างน้อย 19 มม. ยกเว้นท่อแขวนดวงโคม พื้นที่หน้าตัดรวมของสายไฟภายในท่อต้องไม่เกินร้อยละ 40 ของพื้นที่หน้าตัด จะต้องเสนอแบบเพื่อก่อสร้างที่แสดงวิธีการติดตั้งและขนาดท่อทั้งหมดให้แก่ผู้ควบคุมงาน พิจารณานุมัติก่อนทุกครั้งที่จะดำเนินการติดตั้งท่อ

(3) การติดตั้งท่อร้อยสายไฟระหว่างกล่องต่อสายสองกล่องต้องไม่เกิน 360 องศา ท่อที่ติดตั้งต้องไม่แตกหัก บุก งอ ลักษณะการติดตั้งท่อให้ดำเนินการตามมาตรฐาน NEC

(4) การติดตั้งท่อแบบเดินลอยเหนือผิวดิน จะต้องจัดแนวท่อในทางขนานหรือตั้งฉากกับโครงสร้างผนังหรือพื้น ระยะห่างระหว่างแนวท่อต้องมากพอในการทาสีหรือไม่เก็บฝุ่น อุปกรณ์การจับยึดต้อง

เป็นเหล็กชุบกัลวาไนซ์ ระยะห่างระหว่างจุดจับยึดไม่เกิน 3 เมตร และไม่น้อยกว่า 5 ซม. ในระหว่างการติดตั้งต้องป้องกันวัสดุอื่น ๆ เข้าไปภายในท่อและใช้ฝาปิดปลายท่อสำหรับท่อเปล่าที่เผื่อใช้งานในอนาคต

(5) การติดตั้งท่อแบบฝังใต้ดินใต้ผิวถนน จะต้องมีความลึกไม่น้อยกว่า 60 ซม. ท่อกอนกรีตหุ้มท่อทั้งหมดโดยมีความหนาของคอนกรีตส่วนหุ้มท่อไม่น้อยกว่า 7 ซม. การขุดดินเพื่อวางท่อจะต้องกระทำแบบระมัดระวังร่องดินขุดต้องเรียบร้อยสม่ำเสมอทั้งแนวตั้งและแนวนอน ไม่เกิดเป็นหลุมบ่อใต้ท่อและคอนกรีตหุ้มท่อการถมกลับหลังจากการติดตั้งท่อแล้วต้องกระทำตามขั้นตอนที่กำหนดในวิธีการติดตั้งท่อใต้ดิน

(6) ท่อ กล่องต่อสายและอุปกรณ์ประกอบท่ออื่น ๆ ที่ติดตั้งแบบฝังในคอนกรีตโครงสร้างจะต้องอยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้อง ไม่เอียงศูนย์ผิดแนวหรือโผล่เกินขอบผิวพื้น จะต้องทำความสะอาดเก็บความเรียบร้อยของงานติดตั้งท่อและขนย้ายเศษวัสดุ ขยะ ออกจากบริเวณที่ติดตั้งท่อแล้วเสร็จออกให้หมด เพื่อให้ผู้ควบคุมงานตรวจสอบระบบท่อทุกครั้ง ก่อนร้อยสายไฟ จะต้องจัดหาและติดตั้งลวดกัลวาไนซ์เบอร์ 10 ไว้ในท่อเพื่อใช้ในการร้อยสายไฟ

4.13 บ่อดึงสายและบ่อพักสาย

บ่อดึงสาย บ่อพักสาย และฝาปิดบ่อต้องดำเนินการ ดังนี้

(1) ฝาปิดบ่อพักหรือบ่อดึงสายต้องเป็นเหล็กหล่อกรอกคอนกรีต วางแนบสนิทบนขอบเหล็กปากบ่อสามารถป้องกันน้ำไหลซึมลงบ่อได้ ระบุคำว่า “Street Lighting” ไว้ที่ฝาบ่อและสามารถเปิดฝาบ่อได้ง่าย ฝาบ่อสามารถรับน้ำหนักได้ 3,000 กก./ม.² ยกเว้นฝาบ่อในผิวถนนต้องสามารถรับน้ำหนักล้อรถที่ตกลงบนฝาได้ 10 เมตริกตัน (10 กก./ซ.ม.²)

(2) ฝาปิดบ่อต้องเสมอระดับผิวถนนหรือผิวดินบริเวณรอบข้าง ใต้บ่อพักต้องมีปูนทรายรองพื้นหรือหินบดโรยไม่ พร้อมเจาะรูระบายน้ำ

5. การบำรุงรักษาระบบไฟฟ้าแสงสว่าง

ระบบไฟฟ้าแสงสว่างถนนเป็นอุปกรณ์สำคัญอย่างหนึ่งเพื่อช่วยอำนวยความสะดวกและความปลอดภัยทางด้านการจราจร การบำรุงรักษาอุปกรณ์เหล่านี้ให้มีสภาพการใช้งานที่ดีอยู่เสมอ จะเป็นการป้องกันเหตุไม่พึงประสงค์ อันเกิดจากการชำรุดเสียหายของอุปกรณ์ได้ ดังนั้นอุปกรณ์ที่ได้รับการบำรุงรักษา และการซ่อมบำรุงอย่างสม่ำเสมอ จะช่วยส่งผลให้ผู้ขับขี่ได้รับความสะดวกปลอดภัยและช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการป้องกันอันตรายมากยิ่งขึ้น

การบำรุงรักษาที่มีประสิทธิภาพ คือ มีรายการตรวจสอบสภาพที่ครอบคลุมถึงทุกๆ อุปกรณ์ การมีรอบระยะเวลาบำรุงรักษาอย่างมีระบบแบบแผนและมีระบบการซ่อมบำรุงที่เหมาะสม รวมทั้งมีการตรวจสอบสภาพโดยจุดบันทึกประวัติไว้ถึงปัญหาที่เกิดขึ้น ระบบสำหรับการบำรุงรักษาที่มีประสิทธิภาพ นอกจากจะช่วยรักษาอุปกรณ์ ให้อยู่ในสภาพการใช้งานที่ดีและพร้อมใช้งานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพแล้วยังสามารถช่วยส่งเสริมให้เสาไฟฟ้าแสงสว่างมีอายุการใช้งานที่ยาวนานขึ้น ซึ่งช่วยลดค่าใช้จ่ายของหน่วยงานในระยะยาวได้

5.1 การกำหนดรายการอุปกรณ์ที่ต้องได้รับการตรวจสอบ

การกำหนดอุปกรณ์ที่จำเป็นต้องได้รับการตรวจสอบ มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ทราบถึงชิ้นส่วนอุปกรณ์ที่ต้องตรวจสอบทั้งหมด ซึ่งการตรวจสอบอุปกรณ์จะช่วยให้ยืดอายุการใช้งาน และหากการละเลยเพียงแค่บางอุปกรณ์อาจส่งผลเสียต่ออุปกรณ์ทั้งหมดได้ และการกำหนดอุปกรณ์ยังช่วยให้สามารถพิจารณาถึงลักษณะของความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นกับชิ้นส่วนอุปกรณ์เหล่านั้น และนำไปสู่การกำหนดรายการตรวจสอบที่มีประสิทธิภาพ อันเป็นส่วนสำคัญของการจัดระบบการตรวจสอบสภาพ

5.2 การจัดระบบการตรวจสอบสภาพ

โดยปกติแล้วโครงสร้างเสาและกึ่งและอุปกรณ์ยึดไฟฟ้าแสงสว่างที่ติดตั้งใช้งานอยู่ ได้ผ่านขบวนการการชุปร้อนตามมาตรฐาน ซึ่งขบวนการการชุปร้อนจะช่วยส่งผลให้อายุการใช้งานยาวนานขึ้นและช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการป้องกันสนิมของโครงสร้างไฟฟ้าส่องสว่างมากขึ้น หากการละเลยการบำรุงรักษาที่ดีย่อมมีสภาพการใช้งานตกต่ำลงตามอายุการใช้งาน ซึ่งปัจจัยที่ส่งผลให้เกิดการเสื่อมสภาพ เช่น คุณภาพของการชุปร้อน สภาพการใช้งาน รวมทั้งพื้นที่ที่ติดตั้ง เป็นต้น นอกจากนี้แล้วผลกระทบของการถูกขโมยอุปกรณ์และอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นกับโครงสร้างไฟฟ้าส่องสว่าง ยังส่งผลให้ประสิทธิภาพลดต่ำลงเช่นเดียวกัน ดังนั้นเพื่อให้ระบบไฟฟ้าแสงสว่างมีประสิทธิภาพอยู่ตลอดเวลาที่ติดตั้งใช้งานตลอดจนช่วยยืดอายุการใช้งานให้ยาวนานขึ้น จึงควรมีแนวทางการตรวจสอบอย่างเป็นระบบที่มีประสิทธิภาพ ซึ่งทำให้สามารถตรวจพบข้อบกพร่อง หรือการชำรุดเสียหายเล็ก ๆ น้อย ๆ ที่สามารถสร้างปัญหาใหญ่ต่อไปได้ การตรวจสอบสภาพสามารถจำแนกได้ตามความละเอียดของงาน และรอบระยะเวลาที่ใช้ตรวจสอบสภาพ ซึ่งลักษณะของการตรวจสอบสภาพจะมีผลโดยตรงต่อการจัดสรรบุคลากรและเวลา ซึ่งการตรวจสอบสภาพจำแนกได้ 2 แบบ ดังนี้

(1) **การตรวจสอบโดยทั่วไป** เป็นงานตรวจสอบอย่างสม่ำเสมอและกระทำได้บ่อยครั้ง โดยใช้กำลังคนน้อยแต่สามารถตรวจสอบได้ในปริมาณที่มาก ไม่มีรายละเอียดของการตรวจสอบมากนัก ได้แก่ การตรวจระบบไฟฟ้าส่องสว่างตามพื้นที่ต่าง ๆ เป็นการตรวจสอบอย่างคร่าว ๆ สามารถกระทำได้ทุกวัน

(2) **การตรวจสอบโดยละเอียด** เป็นการตรวจสอบครั้งใหญ่ที่กระทำตามแผนงานที่ระบุไว้ตามรอบระยะเวลาที่กำหนดในแต่ละอุปกรณ์ การตรวจสอบลักษณะนี้ใช้เวลาสำหรับตรวจสอบและใช้กำลังคนค่อนข้างมาก ซึ่งปริมาณคนและเวลาที่ใช้นั้นขึ้นอยู่กับอุปกรณ์ที่เข้าตรวจสอบ ดังนั้นควรที่จะมีการจัดการด้านเวลาและปริมาณคนให้เหมาะสม และสิ่งสำคัญควรที่จะต้องมียารายการตรวจสอบและรอบระยะเวลาการตรวจสอบที่ชัดเจน นอกจากนี้ยังต้องมีการบันทึกการตรวจสอบอย่างละเอียดพร้อมทั้งระบุสาเหตุปัญหา เพื่อหาแนวทางบำรุงรักษาและป้องกันที่เหมาะสม

ตารางที่ 5.2-1 รายละเอียดอุปกรณ์ที่ควรตรวจสอบ

รอบเวลาตรวจสอบ	รายการอุปกรณ์	ลักษณะความผิดปกติที่ควรตรวจสอบ
ทุกวัน	โครงสร้างโดยรวม	1. โครงสร้างที่เกิดอุบัติเหตุ
ทุก ๆ 1 สัปดาห์	โครงสร้างเสา	1. สภาพเสาเกิดการล้ม เอียง งอ หรือหัก
	โครงสร้างกึ่ง	1. สภาพของกึ่งหมุน (ในแนวราบ) ไม่ตรงแนวที่ควรจะเป็น 2. สภาพของกึ่งเอียง (ในแนวตั้ง) งอ หรือหัก
	ชุดโคม	1. ชุดโคมหลุด แตก หล่นหาย
ทุก ๆ 1 เดือน	โครงสร้างโดยรวม	1. สภาพโครงสร้างโดยทั่วไปอย่างคร่าว ๆ
	โครงสร้างเสา	1. เสาไฟฟ้าส่องสว่างสกปรก เลอะฝุ่น โคลน คราบเขม่า 2. เสาไฟฟ้าส่องสว่างมีรอยขีดเขียน พ่นจากสี 3. เสาไฟฟ้าส่องสว่างมีรอยขีด หรือครูดจากรถ
	โครงสร้างกึ่ง	1. กึ่งของเสาไฟฟ้าส่องสว่างสกปรก เลอะฝุ่น คราบเขม่า
	ชุดโคม	1. ยางรองฝาครอบตัวโคมหลุด เลื่อน หรือเสื่อมคุณภาพ
ทุก ๆ 3 เดือน	อุปกรณ์ไฟฟ้าภายใน	1. สายไฟภายในชำรุด เสื่อมคุณภาพ เกิดไฟฟ้ารั่ว 2. มีแมลงเข้าไปทำรังด้านใน
	ตู้ควบคุม	1. สภาพตู้ควบคุมสกปรก เลอะคราบฝุ่น โคลน เขม่า 2. สภาพตู้ควบคุมบุบเบี้ยวเสียหาย 3. ตู้ควบคุมมีรอยรั่วซึม มีสภาพน้ำขัง 4. มีแมลงเข้าไปทำรังด้านใน
	ชุดโคม	1. หลอดเสื่อมสภาพ ดับ หรือหมดอายุ 2. มีแมลงเข้าไปทำรังด้านใน 3. ปริมาณความเข้มแสงของดวงโคมไม่ได้มาตรฐาน
	โครงสร้างเสา	1. มีแมลงเข้าไปทำรังด้านใน
ทุก ๆ 6 เดือน	โครงสร้างเสา	1. เกิดสนิมบนโครงสร้างเสา 2. เกิดสนิมและการกัดกร่อนบริเวณช่วงรอยต่อ โดยเฉพาะบริเวณที่ใกล้พื้นดิน 3. โครงสร้างคอนกรีตยัดเสาแตกเสียหาย หรือเอียง 4. สภาพดินเกิดการทรุดตัว
	โครงสร้างกึ่ง	1. เกิดสนิมบนโครงสร้างกึ่ง โดยเฉพาะช่วงรอยต่อ
	เป่าสะท้อนแสง	1. เป่าสะท้อนแสงสกปรก เลอะฝุ่น โคลน คราบเขม่า 2. เป่าสะท้อนแสงมีรอยขีดเขียน พ่นจากสี 3. เป่าสะท้อนแสงถูกแกะ ตัด หรือถูกขโมย 4. การสะท้อนแสงของเป่าสะท้อนแสงในเลากลางคืนต่ำไม่สามารถมองเห็นเวลากลางคืนได้ชัดเจน
	ชุดโคม	1. ชุดโคมสกปรก เลอะคราบฝุ่น คราบเขม่า
	อุปกรณ์ยึด	1. อุปกรณ์ยึดเกิดการหลุดหลวม หาย หรือถูกขโมย 2. เกิดสนิมบนอุปกรณ์ยึด
	อุปกรณ์ไฟฟ้าภายใน	1. สภาพสาย NYY ชำรุด เสื่อมคุณภาพ หรือถูกขโมย

5.3 การซ่อมบำรุง

หากการตรวจสอบตามรอบระยะเวลานั้นพบอุปกรณ์ที่ชำรุดเสียหายต้องดำเนินการแก้ไข ซ่อมแซม หรือปรับแต่งให้กลับอยู่ในสภาพที่ใช้งานได้ปกติในทันที หากไม่สามารถที่จะแก้ไขได้นั้นควรที่จะเปลี่ยนใหม่ทันที ซึ่งการปล่อยให้เกิดความเสียหายแม้เพียงเล็กน้อยให้เนิ่นนานออกไปอาจนำไปสู่ความเสียหายที่รุนแรงจนไม่สามารถซ่อมแซมแก้ไขได้

แนวทางการซ่อมบำรุงระบบไฟฟ้าแสงสว่างมีรายละเอียดดังนี้

(1) เสาไฟฟ้าส่องสว่างและป้ายสะท้อนแสงที่เปื้อนด้วยคราบฝุ่น โคลนหรือคราบเขม่า จารจรด ควรทำความสะอาดโดยใช้ผ้าชุบน้ำที่ผสมน้ำยาล้างชนิดอ่อนเช่น สบู เพื่อความง่ายต่อการทำความสะอาดแล้วล้างออกด้วยน้ำอีกรอบ หลังจากนั้นเช็ดให้แห้ง หรืออาจใช้ผ้าเช็ดพร้อมทั้งน้ำฉีดล้างด้วยกันแล้วเช็ดให้แห้งเป็นขั้นตอนสุดท้าย

(2) เสาไฟฟ้าส่องสว่างและป้ายสะท้อนแสงที่ถูกขีด เขียน หรือพ่นสีด้วยหมึกเคมี ควรทำความสะอาดโดยการล้างออกด้วยน้ำยาล้างหมึกหรืออาจใช้ทินเนอร์ แล้วทำการทาสีกันสนิมหรืออาจทาสีบลอนด์เงินทับในกรณีเกิดการครูดของรถ หากเกิดความเสียหายต่อโครงสร้างเสาไม่มากให้ดำเนินการขัดสีที่ติด (หากมี) ออกแล้วทาสีกันสนิมทับเสา

(3) เสาไฟฟ้าส่องสว่างที่มีสภาพงอ บิดเบี้ยว หรือฉีกขาด ควรแก้ไขโดยหากเกิดความเสียหายไม่มาก ซึ่งสามารถดัดหรือปรับแต่งได้ให้ปรับตั้งจนอยู่ในระดับตรงเหมือนเดิม แต่หากไม่สามารถปรับแต่งได้เลย หรือปรับแต่งแล้วมีผลต่อความแข็งแรงของโครงสร้างลดลงมากให้ดำเนินการรายงานถึงผู้บังคับบัญชาแล้วดำเนินการเปลี่ยนใหม่ทันที

(4) สภาพของชุดโคมที่มีปัญหา เช่น มีลักษณะเอียงควรแก้ไขโดยส่งเจ้าหน้าที่พร้อมรถยกขึ้นไปดูสาเหตุที่ทำให้เกิดการเอียงแล้วปรับให้ตรง หากเกิดจากการหลวมควรปรับเปลี่ยนอุปกรณ์ยึดให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ปัญหาเรื่อง ชุดโคมหลุดหายควรแก้ไขโดยหาสาเหตุพร้อมทั้งแจ้งความดำเนินคดีและรายงานต่อผู้บังคับบัญชาเพื่อทำการเบิกตัวใหม่มาติดตั้งทันที

(5) ฝาครอบชุดโคมหลุด ห้อย หลุดหาย และแตก แนวทางการแก้ไขกระทำโดยส่งเจ้าหน้าที่พร้อมรถยกขึ้นไปดูสาเหตุที่ทำให้เกิดการหลุดห้อยของฝาครอบ แล้วใส่ให้อยู่ดังเดิม สาเหตุอาจเกิดจากอุปกรณ์ยึดไม่ดีควรปรับเปลี่ยนอุปกรณ์ยึดให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ส่วนการหลุดหายและแตกนั้นควรตรวจสอบถึงปัญหาที่เกิดขึ้นพร้อมทั้งแก้ไขดังที่ได้กล่าวมาแล้ว พร้อมทั้งรายงานต่อผู้บังคับบัญชาเพื่อทำการเบิกตัวใหม่มาติดตั้งทันที

(6) ชุดโคมมีความเข้มแสงน้อย และมีแมลงเข้าอยู่ด้านในฝาครอบดำเนินการแก้ไขโดยตรวจสอบถึงความเข้มแสงที่ลดลงว่าเกิดจากสาเหตุใด หลอดเสื่อมสภาพ หลอดใกล้หมดอายุ หรือแมลงเข้าไปอยู่ในฝาครอบมากจนบดบังแสงจากหลอดไฟ หากหลอดเสื่อมหรือใกล้หมดอายุให้ดำเนินการเปลี่ยนใหม่ ส่วนจะเปลี่ยนทันทีหรือไม่ขึ้นอยู่กับความเข้มแสงที่เหลืออยู่เพียงพอต่อการมองเห็นอย่างปลอดภัยของผู้ใช้รถหรือไม่ หากน้อยเกินไปควรพิจารณาเปลี่ยนใหม่ในทันที ในกรณีที่แมลงเข้าอยู่ภายในแก้ไขโดยดูถึงสาเหตุว่าทำไมแมลงจึงเข้าไปได้มีรูจุดใดแล้วแก้ไข พร้อมทั้งทำความสะอาดฝาครอบแล้วนำกลับไปติดตั้งดังเดิม

(7) สภาพของกิ่งที่มีลักษณะหมุนเอียงในแนวราบควรแก้ไขโดยส่งเจ้าหน้าที่พร้อมรถยกขึ้นไปดูสาเหตุที่ทำให้เกิดการเอียงแล้วปรับให้ตรง ส่วนมากเกิดจากนอตยึดหลวมควรขันให้แน่น กรณีสภาพกิ่งมีลักษณะงอหรือหักควรแก้ไขโดยหาสาเหตุที่เกิดขึ้น หากการงอสามารถตัดให้อยู่ในแนวเดิมได้ควรที่จะตัด แต่ถ้าไม่สามารถตัดได้ควรที่จะรายงานต่อผู้บังคับบัญชาทราบเพื่อทำการเบิกตัวใหม่มาติดตั้งทันที

(8) สภาพคอนกรีตที่ยึดเสาแตก หรือเอียง ควรแก้ไขโดยหากแตกให้ดำเนินการทุบคอนกรีตที่แตกออกแล้วเททับใหม่ หากเกิดการเอียงให้ปรับแต่งให้อยู่ในแนวตรงแล้วเทคอนกรีตทับใหม่ ซึ่งคอนกรีตที่เททับใหม่ควรคำนึงถึงกำลังของคอนกรีตที่มีมาตรฐานกำหนดด้วย

(9) ป้ายสะท้อนแสงมีค่าการสะท้อนแสงในเวลากลางคืนต่ำซึ่งจะมีผลกระทบต่อผู้ใช้ถนนในเวลากลางคืน ซึ่งอาจเกิดจากความสกปรกหรือเกิดจากเสื่อมคุณภาพซึ่งควรติดตั้งสัญลักษณ์หน้าแผ่นป้ายใหม่ทดแทน

(10) เสาไฟฟ้าส่องสว่าง กิ่งและอุปกรณ์ยึดเกิดสนิม ควรขัดสนิมเหล็กออกก่อนอาจใช้ด้วยกระดาษทราย หรือแปรงลวดทองเหลืองแล้วจึงทาด้วยสีกันสนิม หากเกิดสนิมรุนแรงควรเปลี่ยนชิ้นส่วนใหม่ทดแทนซึ่งควรเป็นชิ้นส่วนที่ผ่านผ่านการเคลือบสังกะสีโดยวิธีการชุบร้อนเพื่อป้องกันสนิมเหล็กแล้ว

(11) อุปกรณ์ยึดเสาไฟฟ้าส่องสว่างรวมถึงอุปกรณ์ยึดชิ้นส่วนต่าง ๆ บนโครงสร้างเสา หากหลวมให้ดำเนินการส่งเจ้าหน้าที่มาขันยึดให้แน่น แต่หากหลุดหายหรือถูกขโมยให้ดำเนินการแก้ไขโดยแจ้งความดำเนินคดีพร้อมทั้งจดบันทึกถึงบริเวณที่ถูกขโมย แล้วรายงานต่อผู้บังคับบัญชาเพื่อเบิกอุปกรณ์ใหม่มาทดแทน

(12) สีที่โครงสร้างเสาไฟฟ้าส่องสว่างหากเกิดการหลุดลอก ควรแก้ไขโดยชุบสีเก่าออกแล้วดำเนินการทาสีใหม่ทับ

(13) ไฟฟ้ารั่วจากเสาไฟฟ้าส่องสว่างอาจเกิดเนื่องมาจากสาย Ground ลึกไม่เพียงพอ หรือสาย Ground ถูกตัดขาด สายไฟฟ้าชำรุด หรือลัดวงจร ควรแก้ไขโดยส่งเจ้าหน้าที่ตรวจสอบถึงสาเหตุที่เกิดขึ้นพร้อมทั้งแก้ไข หากสาย Ground ลึกไม่เพียงพอให้ขุดแล้วเพิ่มความลึกของสายให้ได้ตามมาตรฐานกำหนด หากสาย Ground ถูกตัดขาดควรดูว่าเกิดจากสาเหตุใดแล้วดำเนินการต่อเชื่อม กรณีสายไฟฟ้าชำรุดหรือลัดวงจรควรแก้ไขโดยดูถึงสาเหตุที่เกิดขึ้นหากเกิดจากสายไฟเก่าเกินไป ให้ดำเนินการเปลี่ยนใหม่แทน แต่หากเกิดจากแมลงที่เข้าไปทำรังกัดสายไฟขาดให้ดำเนินการกำจัดแมลงทิ้งพร้อมทั้งต่อเชื่อมสายไฟที่ขาดให้ใช้งานได้ตามปกติ

(14) สาย NYY ที่ต่อเชื่อมระหว่างเสานั้นถูกตัดขาดจากการก่อสร้างข้างเคียง หรือการปลูกต้นไม้และปัญหาการถูกขโมยตัดสาย NYY เพื่อไปขาย ควรแก้ไขโดยดูสาเหตุที่ทำให้สาย NYY ถูกตัดขาดพร้อมทั้งแจ้งไปยังหน่วยงานที่ทำขาดและให้ฝ่ายคุ้มครองผู้บริโภคโดยดำเนินการต่อเชื่อม ส่วนกรณีปัญหาที่เกิดขึ้นมากที่สุดคือ ถูกขโมยสาย NYY (โดยเฉพาะบริเวณสะพานเพราะสายจะขนานไปกับตัวสะพานไม่ได้อยู่ใต้ดิน ทำให้การขโมยง่ายขึ้น) ควรแก้ไขโดยแจ้งความดำเนินคดีเพื่อหาผู้กระทำความผิดพร้อมทั้งจดบันทึกถึงบริเวณที่ถูกขโมย แล้วรายงานต่อผู้บังคับบัญชาเพื่อเบิกอุปกรณ์ใหม่มา ติดตั้งทดแทน ทั้งนี้ที่ได้จดบันทึกบริเวณที่ถูกขโมยควรมีการดูแลที่บ่อยครั้งขึ้น โดยเฉพาะบริเวณที่หายเป็นประจำ

อุบัติเหตุที่เกิดขึ้นกับโครงสร้างเสาไฟฟ้าส่องสว่าง หากเกิดความเสียหายไม่มาก ซึ่งสามารถปรับแต่งได้ให้ปรับแต่งจนอยู่ในสภาพที่ใช้งานได้แล้วทำการติดตั้งคืน แต่หากไม่สามารถปรับแต่งได้เลยหรือปรับแต่งแล้วประสิทธิภาพของกำลังของเสาตกลงอย่างมาก เช่น เกิดความเสียหายมากกว่าร้อยละ 20 ของพื้นที่ ให้ดำเนินการรายงานถึงผู้บังคับบัญชาแล้วถอดเพื่อดำเนินการเปลี่ยนใหม่ทันที

5.4 การตรวจสอบสภาพ

การตรวจสอบสภาพเป็นสิ่งสำคัญในระบบการบำรุงรักษา ซึ่งมีลักษณะของการตรวจสอบสภาพดังที่ได้กล่าวแล้วข้างต้น โดยการตรวจสอบรวกกันอันตรายอย่างละเอียดจะกระทำในทุกๆ 1 สัปดาห์ 1 เดือน และ 6 เดือน รวกกันอันตรายเป็นอุปกรณ์สำคัญที่ใช้ลดระดับความเสียหายจากอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นกับผู้ขับขี่บนถนน จึงมีความสำคัญอย่างมากที่จะต้องรักษาประสิทธิภาพในการป้องกันให้อยู่ในระดับที่พร้อมใช้งานตลอดเวลา

ตารางที่ 5.4-1 ระบุระดับความเสียหาย

ระดับความเสียหาย	ความหมาย
0	อุปกรณ์อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน หรือไม่มีความผิดปกติใด ๆ
1	อุปกรณ์เกิดการเสื่อมสภาพขึ้นโดยต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานเล็กน้อย อุปกรณ์ยังสามารถใช้งานได้อย่างปลอดภัย
2	อุปกรณ์เกิดการเสื่อมสภาพพอประมาณจนอาจมีผลทำให้อุปกรณ์เกิดความเสียหายได้ในอนาคต อุปกรณ์สามารถใช้งานได้แต่ไม่เต็มประสิทธิภาพ ควรบำรุงรักษาเมื่อมีโอกา
3	อุปกรณ์เกิดความเสียหายมาก และเกิดขึ้นอย่างชัดเจน จนอาจนำไปสู่ความเสียหายที่รุนแรง อุปกรณ์สามารถใช้งานได้เพียงเล็กน้อย จำเป็นต้องซ่อมบำรุงโดยเร็ว
4	อุปกรณ์เกิดความเสียหายอย่างรุนแรง อุปกรณ์ไม่สามารถใช้งานได้เลย จำเป็นต้องซ่อมบำรุงในทันที

ตัวอย่างแบบฟอร์มการตรวจสอบระบบไฟฟ้าแสงสว่าง

หน่วยงาน.....

ถนน.....

การบันทึกของตาราง

/ ปกติ

1 เกิดผลกระทบเล็กน้อย

2 เกิดผลกระทบปานกลาง

3 เกิดผลกระทบมาก

4 เกิดผลกระทบรุนแรง

ในรายการตรวจสอบระบบไฟฟ้าแสงสว่าง						
1 สัปดาห์	ทุก 1 เดือน	ทุก 3 เดือน	ทุก 6 เดือน	เดือน	วันที่	หมายเหตุ
				มกราคม		
				กุมภาพันธ์		
				มีนาคม		
				เมษายน		
				พฤษภาคม		
				มิถุนายน		
				กรกฎาคม		
				สิงหาคม		
				กันยายน		
				ตุลาคม		
				พฤศจิกายน		
				ธันวาคม		

6. งานไฟสัญญาณจราจร (Traffic Signal)

ไฟสัญญาณจราจรเป็นอุปกรณ์ควบคุมการจราจร ทำหน้าที่ในการจัดสรรเวลาสลับการใช้พื้นที่บริเวณทางแยก เพื่อให้การจราจรสามารถผ่านทางแยกไปได้อย่างเป็นระเบียบและปลอดภัย การติดตั้งไฟสัญญาณจราจรอาจทำให้เกิดความล่าช้าบริเวณทางแยกเพิ่มขึ้นได้โดยไม่จำเป็นหากปริมาณจราจรไม่สูง เนื่องจากไม่มีการจราจรที่จะต้องรอ และบางครั้งอาจนำไปสู่การเปิดใช้งานเป็นไฟกระพริบในที่สุด ดังนั้น ก่อนการพิจารณาติดตั้งไฟสัญญาณจราจร ควรที่จะมีการวิเคราะห์การจราจรอย่างละเอียดก่อน ถึงความจำเป็นในการติดตั้ง

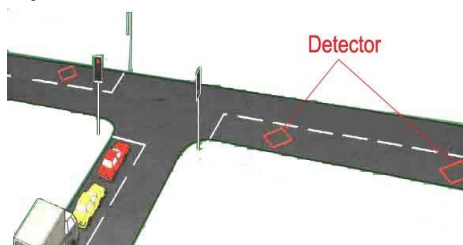
6.1 ชนิดของไฟสัญญาณจราจร

ระบบของไฟสัญญาณจราจรจำแนกตามรูปแบบการควบคุม สามารถจำแนกได้เป็น 2 ระบบ คือ

(1) **ระบบควบคุมอิสระ (Isolated control)** เป็นระบบที่สัญญาณและจังหวะไฟจะมีความเป็นอิสระในแต่ละทางแยกนั้นๆ เหมาะสำหรับการติดตั้งในบริเวณทางแยกเดี่ยวที่ห่างจากทางแยกข้างเคียงมากกว่า 1 กิโลเมตร ในระบบนี้ยังแบ่งออกเป็น 2 ชนิดของการควบคุม ตามลักษณะของการควบคุมรอบจังหวะ คือ

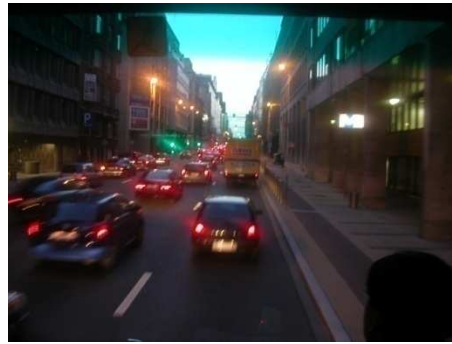
- **ชนิดตั้งเวลาล่วงหน้า (Fixed time control)** รอบเวลา และจังหวะของสัญญาณจะถูกตั้งเวลากำหนดไว้ล่วงหน้า ซึ่งอาจเป็นแบบ 1 โปรแกรม หรือหลายโปรแกรมตามช่วงเวลาของแต่ละวันก็ได้

- **ชนิดจังหวะเวลาแปรเปลี่ยนตามปริมาณจราจร (Vehicle actuated control)** ระยะเวลาของจังหวะสัญญาณจะถูกควบคุมอัตโนมัติด้วยตัวตรวจจับสัญญาณ (Detector) ซึ่งตัวตรวจจับสัญญาณมีได้ทั้งแบบขดลวดเหนี่ยวนำ และแบบใช้ลำแสงอินฟราเรด หรือไมโครเวฟ ระบบสัญญาณไฟระบบนี้เหมาะสำหรับทางแยกที่ปริมาณจราจรเข้าสู่ทางแยกต่ำและไม่สม่ำเสมอ



รูปที่ 6.1-1 ไฟสัญญาณจราจรระบบ Vehicle Actuated Control

(2) **ระบบควบคุมแบบพื้นที่ (Area Traffic Control)** เป็นระบบที่มีการควบคุมรอบสัญญาณและจังหวะสัญญาณ ในแต่ละทางแยกให้มีความสัมพันธ์กัน เพื่อให้เกิดการเคลื่อนที่ของการจราจรในลักษณะของคลื่นไฟเขียว (Green band) ซึ่งจะช่วยลดการติดขัดของการจราจรในระบบโครงข่ายได้ ในระบบนี้การควบคุมสัญญาณไฟแต่ละทางแยกจะต้องสั่งการมาจากศูนย์ควบคุม ซึ่งประมวลผลโดยคอมพิวเตอร์จากข้อมูลทางด้านการจราจรในบริเวณโครงข่ายทั่วโลกมีอยู่หลายระบบ เช่น SCOOT , SCAT , UTC เป็นต้น



รูปที่ 6.1-2 คลื่นไฟเขียว (Green band) ของถนนในกรุงปารีส

6.2 เหตุอันควรในการติดตั้งไฟสัญญาณจราจร

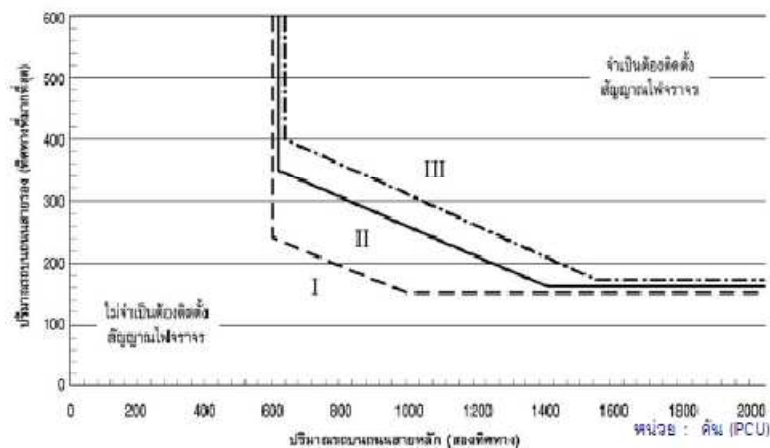
(1) ปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วน

กรณีปริมาณรถเข้าสู่ทางแยกมีมากถึง 2 ทิศทาง ใช้ข้อมูลปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วน (ช่วงที่มีปริมาณจราจรสูงสุดระหว่างวัน) หน่วยเป็นคัน (PCU) โดยพิจารณาตามรูปที่ 6.2-1 แกน X เป็นข้อมูลปริมาณรถบนถนนสายหลักที่เก็บได้ รวมทั้ง 2 ทิศทาง (ปริมาณจราจรที่เข้าสู่ทางแยก) แกน Y คือปริมาณจราจรบนถนนสายรอง 1 ทิศทาง โดยเลือกปริมาณจราจรในทิศที่มีปริมาณมากที่สุดเพียง 1 ทิศทาง ในรูปมีเส้นกราฟ 3 เส้น แบ่งตามชนิดของช่องจราจรบนสายหลักและสายรองบริเวณทางแยก โดยแยกเป็น

กรณีที่ I คือ ทางสายหลักมี 1 ช่องจราจร ทางสายรองมี 1 ช่องจราจร

กรณีที่ II คือ ทางสายหลักมี 2 ช่องจราจรหรือมากกว่า แต่ทางสายรองยังเป็น 1 ช่องจราจร

กรณีที่ III คือ ทางสายหลักและทางสายรองมี 2 ช่องจราจรหรือมากกว่า



รูปที่ 6.2-1 ข้อเสนอแนะในการติดตั้งสัญญาณไฟจราจร

กรณีปริมาณรถในทางสายหลักที่เข้าสู่ทางแยกมากจนทำให้ทางสายรองติดขัด
พิจารณาโดยใช้เกณฑ์ปริมาณจราจรขั้นต่ำ หน่วยเป็นคัน (PCU) ดังตารางที่ 6.2-1

ตารางที่ 6.2-1 เกณฑ์ขั้นต่ำของปริมาณจราจรที่ต้องติดตั้งสัญญาณไฟบริเวณทางแยก

ข้อมูลปริมาณจราจร	บนทางสายหลัก (รวมทั้ง 2 ทิศทาง)	บนทางสายรอง (ทิศทางที่ปริมาณจราจร สูงสุด)
ปริมาณจราจรใน ชั่วโมงเร่งด่วน	900 PCU หรือมากกว่า	100 PCU

(2) จำนวนอุบัติเหตุ

พิจารณาจากจำนวนอุบัติเหตุ โดยให้ติดตั้งสัญญาณไฟจราจรบริเวณทางแยกที่เกิดอุบัติเหตุแล้วทำให้มีผู้เสียชีวิต ผู้บาดเจ็บ เป็นจำนวนตั้งแต่ 5 ครั้งขึ้นไปในรอบหนึ่งปี

(3) จำนวนคนข้ามถนน

พิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณรถทั้ง 2 ทิศทาง (บนช่วงถนน) มีหน่วยเป็นคัน (PCU) กับจำนวนคนข้ามถนน ดังตารางที่ 6.2-2

ตารางที่ 6.2-2 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณรถกับจำนวนคนข้ามถนนที่ต้องติดตั้งสัญญาณไฟ

ข้อมูลปริมาณจราจร	ปริมาณจราจรทั้ง 2 ทิศทาง	จำนวนคนข้ามถนน
ปริมาณจราจรใน ชั่วโมงเร่งด่วน	650 PCU หรือมากกว่า	200 คน หรือมากกว่า

(4) หลายปัจจัยประกอบกัน

พิจารณาปัจจัย ข้อ (1) - (4) ประกอบกัน โดยให้แต่ละปัจจัยมีปริมาณมากกว่า 80%

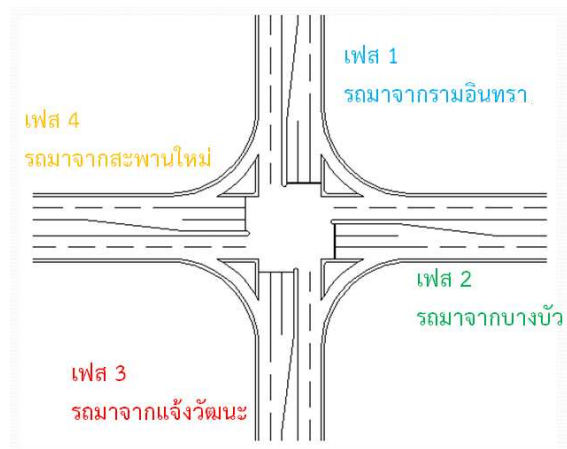
6.3 การออกแบบสัญญาณไฟจราจร (Traffic Signal Design)

การออกแบบสัญญาณไฟจราจรเป็นทฤษฎีหนึ่งทางด้านวิศวกรรมขนส่ง ซึ่งได้นำมาใช้ในการควบคุมการจราจรบริเวณทางแยกต่างๆ เพื่อให้ผู้ใช้ทางมีความสะดวกและปลอดภัยในการสัญจร จะเห็นได้ว่าการจราจรในเมืองขนาดใหญ่มีความหนาแน่นและซับซ้อนมากขึ้นทำให้การจราจรเกิดการติดขัด อันเนื่องมาจากการขนส่งขาดประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตามการควบคุมการขนส่งและการจราจรบริเวณทางแยกนั้น มีอุปกรณ์ที่สำคัญในการใช้ควบคุมการจราจรก็คือสัญญาณไฟจราจร จึงได้มีการศึกษาออกแบบ และติดตั้งไว้เพื่อใช้ในการควบคุมการจราจร จึงขอเสนอกรณีตัวอย่างการศึกษาปริมาณการจราจรบริเวณทางแยกหลักสี่ โดยหลังจากที่ได้ข้อมูลจากการสำรวจแล้ว ก็อาศัยทฤษฎีการออกแบบสัญญาณไฟจราจร (Traffic Signal Design) มาใช้ ดังได้แสดงไว้เป็นขั้นตอนต่าง ๆ เพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบสัญญาณไฟจราจร

ปริมาณการจราจร (Traffic Volume) หมายถึงจำนวนยานพาหนะที่แล่นผ่านจุด ๆ หนึ่ง หรือช่วงหนึ่งของถนนในหนึ่งหน่วยเวลาที่กำหนด ซึ่งอาจจะเป็นชั่วโมงหรือวันก็ได้

ตาราง 6.3-1 ข้อมูลสำรวจปริมาณการจราจร

ช่วงเวลา	07.00 - 07.59 น.		17.00 - 17.59 น.		เฉลี่ยต่อชม.	
รถเดินทางจาก	Truck	P.C.	Truck	P.C.	Truck	P.C.
รามอินทรา	226	1,746	350	2,272	288	2,009
บางบัว	345	2,619	268	1,502	307	2,061
แจ้งวัฒนะ	106	1,238	98	1,113	100	1,176
สะพานใหม่	126	1,168	357	1,802	242	1,485



เมื่อได้ข้อมูลจากการสำรวจปริมาณการจราจรบริเวณทางแยกดังกล่าวแล้ว เราก็สามารถออกแบบได้ โดยใช้หลักการออกแบบสัญญาณไฟจราจร (Traffic Signal Design) ซึ่งมีหลักการและขั้นตอนที่สำคัญดังนี้ คือ

(1) หาปริมาณการจราจร (Traffic Volume) ใช้ $\text{Truck} + \text{Bus} = 1.6 \text{ P.C.E. (Passenger Car Equivalent)}$

ตาราง 6.3-2 ข้อมูลปริมาณการจราจร

รถเดินทางจาก	ประเภทยานพาหนะ		จำนวนรถที่เข้าสู่ทางแยก
	Truck	P.C.	
รามอินทรา	461	2,009	2,470
บางบัว	491	2,061	2,552
แจ้งวัฒนะ	160	1,176	1,336
สะพานใหม่	378	1,485	1,872

P.C. = Passenger Cars

p.c.e. = Passenger Cars Equivalence

(2) จัดระบบสัญญาณไฟ (Signal Phasing) แบ่งการเดินทางออกเป็น 4 เฟส

- **เฟส 1** คือทิศทางรถที่วิ่งมาจากถนนรามอินทราเพื่อที่จะตรงไปแจ้งวัฒนะ และเลี้ยวขวาไปสะพานใหม่ที่มีช่องจราจร 4 ช่องทาง
- **เฟส 2** คือทิศทางที่วิ่งมาจากบางบัวเพื่อมุ่งหน้าไปสะพานใหม่ และที่จะเลี้ยวขวาไปถนนรามอินทรา มีช่องทาง 4 ช่องทางจราจร
- **เฟส 3** คือทิศทางที่รถวิ่งมาจากถนนแจ้งวัฒนะเพื่อที่จะมุ่งหน้าตรงไปถนนรามอินทรา และเลี้ยวขวาไปบางบัว
- **เฟส 4** คือทิศทางการเดินรถที่มาจากสะพานใหม่เพื่อที่จะมุ่งหน้าไปยังบางบัวและเลี้ยวขวาไปแจ้งวัฒนะ ช่องทางเลี้ยวซ้ายของทุก Phase จะถูกจัดเป็นการเดินรถผ่านตลอดจึงไม่นำมาคิดรวมด้วย

(3) หาจำนวนรถสูงสุดใน 1 ช่องจราจร (Clitical Lane Volume, CLV.) ของแต่ละเฟส

$$CLV. = \frac{\text{จำนวนรถที่เข้าสู่แยกของแต่ละเฟส}}{\text{จำนวนช่องจราจรของแต่ละเฟส}}$$

$$\text{เฟส 1 : } CLV_1 = 2,470/4 = 617 \text{ vph/lane}$$

$$\text{เฟส 2 : } CLV_2 = 2,552/4 = 638 \text{ vph/lane}$$

$$\text{เฟส 3 : } CLV_3 = 1,336/4 = 334 \text{ vph/lane}$$

$$\text{เฟส 4 : } CLV_4 = 1,872/4 = 468 \text{ vph/lane}$$

$$\text{Vph/lane} = \text{Vehicles/ hour / lane (คัน / ชม. / ช่องจราจร)}$$

(4) หาผลบวกของจำนวนรถสูงสุด CLV (Clitical Lane Volume)

$$\text{จำนวนรถสูงสุด} = \text{ผลรวมจำนวนรถสูงสุดในแต่ละเฟส}$$

$$CLV_t = CLV_1 + CLV_2 + CLV_3 + CLV_4$$

$$= 617 + 638 + 334 + 468$$

$$= 2,057 \text{ vph/lane}$$

(5) ทหาระยะเวลาไฟเขียว (Required Greentime)

กำหนดให้ Headway เท่ากับ 1.6 วินาที (Headway คือ เวลาที่รถเดินทางจากกันชนหน้าของรถคันหน้าถึงกันชนหน้าของรถคันหลัง)

$$Rg = CLV_t \times \text{Headway}$$

$$\text{ระยะเวลาไฟเขียวรวม} = \text{จำนวนรถสูงสุด} \times \text{ระยะกันชน}$$

$$= 2,057 \times 1.6$$

$$= 3,291 \text{ วินาที}$$

(6) คำนวณระยะเวลาสูญเสียที่เป็นไปได้ (Available Lost time)

$$\text{ระยะเวลาสูญเสียที่เป็นไปได้} = 3,600 - 3,291$$

$$= 309 \text{ วินาที}$$

(7) คำนวณระยะเวลาที่สูญเสียใน 1 รอบ (Lost Time per Cycle)

ระยะเวลาที่ใช้ในการออกตัวโดยประมาณ 3 วินาที

ระยะเวลาที่ใช้ในการหยุดรถโดยประมาณ 6 วินาที

ระยะเวลาที่สูญเสียใน 1 รอบ

$$\begin{aligned}
 &= (\text{ระยะเวลาที่ใช้ในการออกตัว} + \text{ระยะเวลาที่ใช้ในการหยุดรถ}) \times \text{จำนวนเฟส} \\
 &= (3+6) \times 4 \\
 &= 36 \text{ วินาที}
 \end{aligned}$$

(8) คำนวณจำนวนรอบ ใน 1 ชม. (Number of Cycle, NC)

$$NC = (\text{Available Lost Time}) / (\text{Lost Time per Cycle})$$

จำนวนรอบใน 1 ชม. = ระยะเวลาสูญเสียที่เป็นไปได้ / ระยะเวลาที่สูญเสียใน 1 รอบ

$$= 309 / 36$$

$$= 8.58$$

ประมาณ 9 รอบ

(9) คำนวณระยะเวลาของสัญญาณไฟ (Cycle Length, C)

ระยะเวลาของสัญญาณไฟ 1 รอบ = $3600 / \text{จำนวนรอบ}$

$$= 3600 / 9$$

$$= 400 \text{ วินาที}$$

(10) หาช่วงเวลาของสัญญาณไฟแต่ละเฟส

10.1 ช่วงเวลาของสัญญาณไฟแต่ละเฟส = ไฟเขียว + ไฟเหลือง

$$= \frac{\text{จำนวนรถสูงสุดในเฟส} \times \text{ระยะเวลาของสัญญาณไฟ}}{\text{จำนวนรถสูงสุด}}$$

$$\text{เฟส 1} = (617 \times 400) / 2,057 = 120 \text{ วินาที} / \text{รอบ}$$

$$\text{เฟส 2} = (638 \times 400) / 2,057 = 124 \text{ วินาที} / \text{รอบ}$$

$$\text{เฟส 3} = (334 \times 400) / 2,057 = 65 \text{ วินาที} / \text{รอบ}$$

$$\text{เฟส 4} = (468 \times 400) / 2,057 = 92 \text{ วินาที} / \text{รอบ}$$

10.2 คำนวณความเป็นไปได้ของแต่ละเฟส

$$\text{ปริมาณรถที่เป็นไปได้ในแต่ละเฟส} = \frac{(\text{ช่วงเวลาของสัญญาณไฟแต่ละเฟส} - \text{ระยะเวลาสูญเสียแต่ละเฟส})}{\text{ระยะกั้นขนหน้าของรถคันหน้าถึงกั้นขนหน้าของรถคันหลัง}} \times \frac{3600}{\text{ระยะเวลาของสัญญาณไฟ}}$$

เฟส	ปริมาณรถที่เป็นไปได้	จำนวนรถสูงสุด
เฟส 1	$(120 - 9) / 1.6 \times (3600 / 400) = 625$	617
เฟส 2	$(124 - 9) / 1.6 \times (3600 / 400) = 647$	638
เฟส 3	$(65 - 9) / 1.6 \times (3600 / 400) = 315$	334
เฟส 4	$(92 - 9) / 1.6 \times (3600 / 400) = 467$	468

10.3 คำนวณระยะเวลาไฟเหลือง

$$= \text{ระยะเวลาดับสัญญาณ} + \frac{0.5 \times \text{ความเร็วรถ}}{\text{อัตราเร่ง}} + \frac{(\text{ความกว้างทางแยก} + \text{ความยาวรถเฉลี่ย})}{\text{อัตราความเร็วของรถเมื่อแล่นมาถึงแยก}}$$

กำหนดให้ ระยะเวลาดับสัญญาณ 1 วินาที

อัตราเร่งทั่วไปประมาณ 5 เมตร/วินาที²

ความยาวรถเฉลี่ย 3.6 เมตร

อัตราความเร็วของรถเมื่อแล่นมาถึงทางแยก 30 กม/ชม

$$= 1 + 0.5(30 \times 0.28) / 5 + (25 + 3.6) / (30 \times 0.28)$$

$$= 5.24 \text{ วินาที}$$

ให้ระยะเวลาไฟเหลือง 5 วินาที เพื่อป้องกันการฝ่าฝืนสัญญาณไฟ

10.4 คำนวณระยะเวลาไฟเขียว และไฟแดง

ระยะเวลาไฟเขียว = ช่วงเวลาของสัญญาณไฟแต่ละเฟส - เวลาไฟเหลือง

ระยะเวลาไฟแดง = ระยะเวลาของสัญญาณไฟ 1 รอบ - ช่วงเวลาของสัญญาณไฟแต่ละเฟส

ระยะเวลาสัญญาณไฟต่าง ๆ ในแต่ละเฟส

เฟส	รถมาจาก	ไฟแดง	ไฟเหลือง	ไฟเขียว
เฟส 1	รามอินทรา	400-120 = 280	5	120-5 = 115
เฟส 2	บางบัว	400-124 = 276	5	124-5 = 119
เฟส 3	แจ้งวัฒนะ	400-65 = 335	5	65-5 = 60
เฟส 4	สะพานใหม่	400-92 = 308	5	92-5 = 87

ภาคผนวก

ตัวอย่างแบบฟอร์มผลการตรวจวัดความเข้มของแสงสว่างการติดตั้งเสาไฟฟ้าแสงสว่าง

สัญญาที่ ทางหลวงชนบทหมายเลข

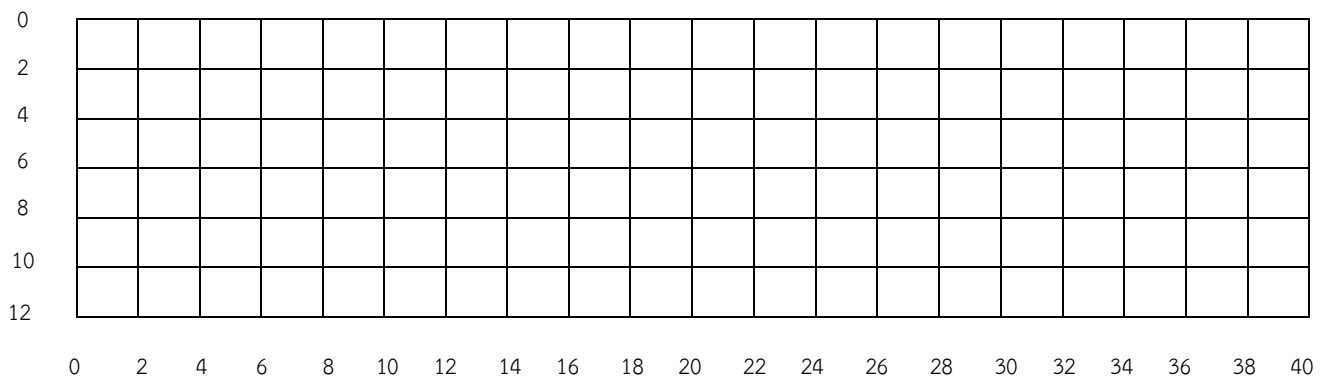
ระหว่าง กม. ถึง กม.

ตำแหน่งที่วัดแสง กม. ถนนกว้าง เมตร ความสูงดวงโคม เมตร

ชนิดของการติดตั้งโคม ☐ คู่ ☐ เดี่ยว

ชนิดโคม ระยะห่างของโคม เมตร ค่าเฉลี่ยของแสงที่วัดได้ LUX.

วันที่วัดแสง เวลา น.

ค่าต่ำสุดของแสงที่วัดได้ E_{min} = LUX.ค่าสูงสุดของแสงที่วัดได้ E_{max} = LUX.ค่าเฉลี่ยของแสงที่วัดได้ E_{mean} = LUX. (≥ 21.5 LUX)ค่าต่ำสุด/ค่าสูงสุด E_{min}/E_{max} = LUX. (≥ 0.16) 1 : 6ค่าต่ำสุด/ค่าเฉลี่ย E_{min}/E_{mean} = LUX. (≥ 0.40) 1 : 25

ลงชื่อ ผู้ควบคุมงาน

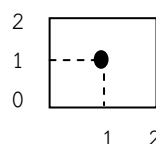
(.....)

ตำแหน่ง

..... / /

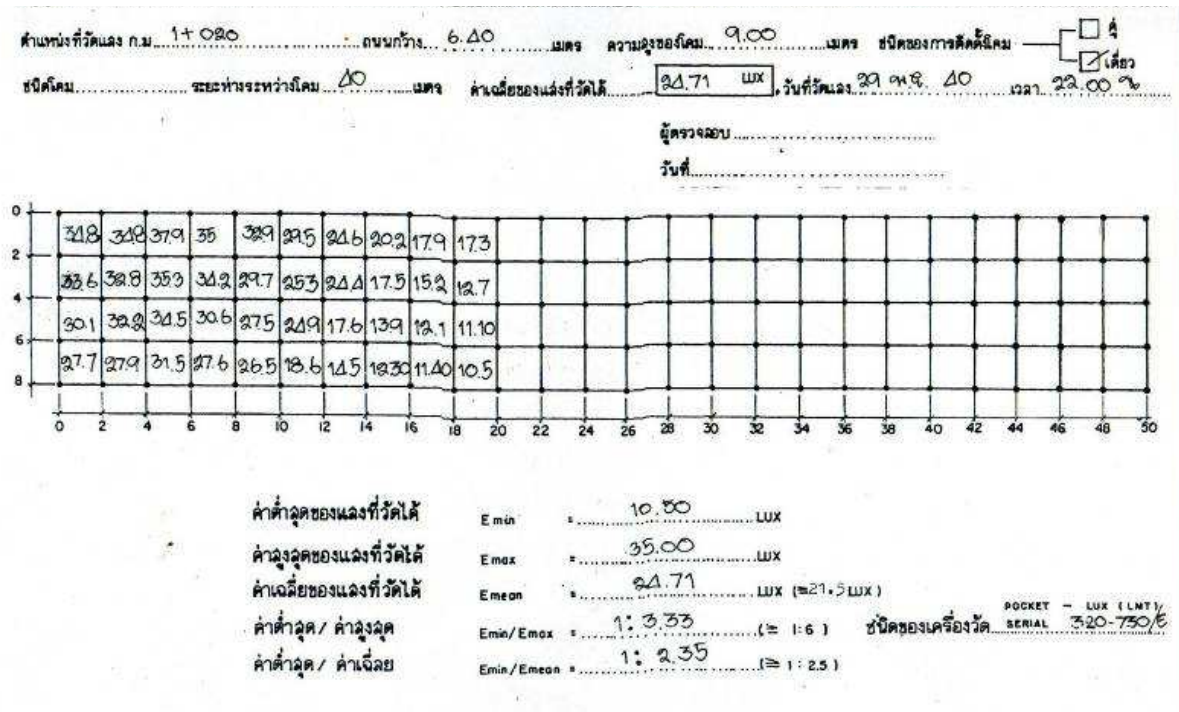
หมายเหตุ : ค่าแกนนอนและแกนตั้งแสดงถึงระยะเป็นเมตร ณ ตำแหน่งต่าง ๆ ที่ใช้วัดความเข้มแสงด้วย
อุปกรณ์วัด (Illuminance meter) หน่วยเป็น LUX โดยแกนนอนคือระยะตามยาวถนน
แกนตั้งคือระยะตามขวางถนน

ตำแหน่งการวัด



ภาคผนวก

ตัวอย่างผลการตรวจวัดความเข้มของแสงสว่างการติดตั้งเสาไฟฟ้าแสงสว่าง



เอกสารอ้างอิง

1. สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร (สนข.) กระทรวงคมนาคม. โครงการศึกษาจัดทำระบบมาตรฐานความปลอดภัยด้านการจราจรและขนส่ง ระยะที่ 2. กรุงเทพมหานคร, 2548.
2. กรมทางหลวงชนบท กระทรวงคมนาคม. คู่มือและมาตรฐานความปลอดภัยในการจัดการจราจรบนทางหลวงชนบท. กรุงเทพมหานคร, 2551.
3. กรมทางหลวงชนบท กระทรวงคมนาคม. แบบมาตรฐานงานทาง สำหรับงานก่อสร้างทางหลวงชนบท. กรุงเทพมหานคร, 2553.
4. กรมทางหลวงชนบท กระทรวงคมนาคม. คู่มือปฏิบัติงานก่อสร้างทางกรมทางหลวงชนบท. กรุงเทพมหานคร, 2553.
5. สุจิน มั่งนิมิตร กรมทางหลวง กระทรวงคมนาคม. เอกสารประกอบการบรรยายเรื่อง ไฟฟ้าแสงสว่าง (Street Lighting). กรุงเทพมหานคร, 2554.
6. วิศิษฐ์ ประทุมสุวรรณ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. การออกแบบสัญญาณไฟจราจร. กรุงเทพมหานคร, 2549.

คณะที่ปรึกษา

นายวิชาญ	คุณากุลสวัสดิ์	อธิบดีกรมทางหลวงชนบท
นายอาทร	เทียนตระกูล	รองอธิบดีกรมทางหลวงชนบท
นายชาติชาย	ทิพย์สุนาวี	รองอธิบดีกรมทางหลวงชนบท
นายกฤษเทพ	สิมลี	รองอธิบดีกรมทางหลวงชนบท
นายเทียม	เจนงามกุล	วิศวกรใหญ่กรมทางหลวงชนบท
นายพงษ์เดช	หวังสิทธิเดช	ที่ปรึกษากรมทางหลวงชนบท

ผู้อำนวยการสำนักทางหลวงชนบทที่ 1 - 18

ผู้อำนวยการสำนักงานทางหลวงชนบทจังหวัด (75 จังหวัด)

คณะผู้จัดทำ

นายวิศว์	รัตนโชติ	ผู้อำนวยการสำนักอำนวยความปลอดภัย
นายทินกร	คุณสมิตปัญญา	ผู้อำนวยการกลุ่มแผนงาน
นายอดิราช	วราวิกลิต	วิศวกรโยธาชำนาญการ
นายสันติภาพ	ศิริรงค์	วิศวกรโยธาชำนาญการ
นายธนิธ	วิทย์เมธ	วิศวกรโยธาปฏิบัติการ
นายสิทธิชัย	ศิริพันธ์	วิศวกรโยธาปฏิบัติการ
นายชูโต	อุทัยวัฒน์	วิศวกรโยธาปฏิบัติการ
นายพรหมชาติ	เชื้อทอง	วิศวกรโยธาปฏิบัติการ
นายขจรศักดิ์	เจิมประไพ	วิศวกรโยธาปฏิบัติการ
นายเชิดชู	ช่วยโต	วิศวกรโยธาปฏิบัติการ
นายสาวสายรุ้ง	องค์ดี	นายช่างโยธาชำนาญงาน
นายจรรณ	แก้วนาง	นายช่างโยธาปฏิบัติงาน
นายจักรกฤษณ์	สุริยา	นายช่างโยธาปฏิบัติงาน
นายกิตติชัย	ทองดี	นายช่างโยธา

คณะทำงานด้านรูปเล่ม

นางสาวลันดา	เหล่านายอ	เจ้าพนักงานธุรการชำนาญงาน
นางวราภรณ์	เดชสีห์	เจ้าพนักงานธุรการ
นางสาวปรกมล	บุญยิด	เจ้าพนักงานธุรการ