جمهوری اسلامی ایران
سازمان برنامه و بودجه - وزارت نیرو

مشخصات فنی عمومی و اجرایی

روشنایی راههای شهری

نشریه شماره ۱۹۵

سازمان توانیر
معاونت تحقیقات و تکنولوژی
دفتر استانداردها

معاونت امور فنی
دفتر امور فنی و تدوین معیارها

جمهوری اسلامی ایران
سازمان برنامه و بودجه - وزارت نیرو

مشخصات فنی عمومی و اجرایی روشنایی راههای شهری

نشریه شماره ۱۹۵

معاونت امور فنی - دفتر امور فنی و تدوین معیارها
سازمان توانیر ـ معاونت تحقیقات و تکنولوژی ـ دفتر استانداردها

۱۳۷۹

انتشارات سازمان برنامه و بودجه ۷۹/۰۰/۳۳

فهرستبرگه

سازمان برنامه و بودجه. دفتر امور فنی و تدوین معیارها

مشخصات فنی عمومی و اجرایی روشنایی راههای شهری / معاونت امور فنی، دفتر امور فنی و تدوین معیارها؛ سازمان توانیر، معاونت تحقیقات و تکنولوژی، دفتر استانداردها.- تهران: سازمان برنامه و بودجه، مرکز مدارک اقتصادی - اجتماعی و انتشارات، ۱۳۷۹.

۳۹۶ ص.: مصور.- (سازمان برنامه و بودجه. دفتر امور فنی و تدوین معیارها؛ نشریه شماره ۱۹۵)(انتشارات سازمان برنامه و بودجه؛ ۷۹/۰۰/۳۳)

ISBN 964-425-210-1

مربوط به دستورالعمل شماره ۹۹۵/۵٤-۱۳۱۱/۱۰۲ مورخ ۱۳۷۹/۳/۱۱

کتابنامه: ص. ۳۹۳-۳۹٦.

۱. روشنایی - استانداردها. ۲. روشنایی برق - مشخصات. الف. سازمان توانیر، دفتر استانداردها. ب. سازمان برنامه و بودجه. مرکز مدارک اقتصادی - اجتماعی و انتشارات. ج. عنوان. د. فروست.

ش.۱۹۵ ۲س/۳٦۸ TA

شابک ۱-۲۱۰-۴۲۵-۹۶۴ ISBN 964-425-210-1

مشخصات فنی عمومی و اجرایی روشنایی راههای شهری

تهیه کننده: معاونت امور فنی، دفتر امور فنی و تدوین معیارها

ناشر: سازمان برنامه و بودجه. مرکز مدارک اقتصادی - اجتماعی و انتشارات

چاپ اول: ۱۵۰۰ نسخه، ۱۳۷۹

قیمت: ۳۰۰۰۰ ریال

لیتوگرافی: قاسملو

چاپ و صحافی: مؤسسه زحل چاپ

باسمه تعالی

جمهوری اسلامی ایران
سازمان برنامه و بودجه
دفتر رئیس

به : دستگاه‌های اجرایی و مشاوران	شماره : ۱۰۲/۱۳۱۱ـ۵۴/۹۹۵
	تاریخ : ۱۳۷۹/۳/۱۱

موضوع : مشخصات فنی عمومی و اجرایی روشنایی راههای شهری

به‌استناد ماده ۲۳ قانون برنامه و بودجه و آیین‌نامه استانداردهای اجرایی طرح های عمرانی، این دستورالعمل، از گروه دوم مذکور در ماده ۷ آیین نامه، در یک صفحه، صادر می گردد.

تاریخ مندرج درماده ۸ آیین نامه درمورد این دستورالعمل، ۱۳۷۹/۷/۱ می‌باشد.

به پیوست، نشریه شماره ۱۹۵ دفترامورفنی وتدوین معیارهای این سازمان، با عنوان ***مشخصات فنی عمومی واجرایی روشنایی راههای شهری***، ابلاغ می‌گردد.

دستگاه های اجرایی ومشاوران می توانند مفاد نشریه یادشده ودستورالعمل های مندرج در آن را ضمن تطبیق با شرایط کار خود، در طرح های عمرانی مورد استفاده قرار دهند.

محمد علی نجفی
معاون رئیس جمهور و رئیس سازمان برنامه و بودجه

آئین نامه استانداردهای اجرایی طرحهای عمرانی

مصوبه ۱۳۵۲/۴/۳۰ هیات وزیران

فصل سوم - انواع دستورالعمل و نحوه ابلاغ

ماده۷- دستورالعمل های موضوع این آئین نامه به سه گروه به شرح زیر تقسیم می شود:

بند۱- گروه اول دستورالعمل‌هایی که رعایت کامل مفاد آن از طرف دستگاههای اجرایی و مهندسان مشاور و پیمانکاران و عوامل دیگر ضروری است (نظیر فرم ضمانت نامه‌ها، فرم پیمانها، استانداردهای فنی، تجزیه واحد بها و غیره).

بند۲- گروه دوم دستورالعمل‌هایی که بطور کلی و برای موارد عادی تهیه می گردد و برحسب مورد دستگاههای اجرایی و مهندسان مشاور و پیمانکاران و عوامل دیگر می‌توانند به تشخیص خود مفاد دستورالعمل و یا ضوابط و معیارهای آنرا با توجه به کار مورد نظر و در حدود قابل قبولی که در دستورالعمل تعیین شده تغییر داده و آنرا با شرایط خاص کار مورد نظر تطبیق دهند (نظیر حق‌الزحمه مهندسان مشاور، شرایط عمومی پیمان و مشخصات عمومی و غیره).

بند۳- گروه سوم دستورالعمل‌هایی است که به عنوان راهنمایی و ارشاد دستگاههای اجرایی و موسسات مشاور و پیمانکاران و سایر عوامل تهیه می‌شود و رعایت مفاد آن در صورتیکه دستگاههای اجرایی و موسسات مشاور روشهای بهتری داشته باشند اجباری نیست.

ماده۸- سازمان موظف است گروه هر دستورالعمل را بطور مشخص در متن آن قید نموده و بعلاوه درمورد دستورالعمل‌های گروه ۱ و گروه ۲ تا تاریخی که از آن تاریخ لازم است به مورد اجرا گذاشته شود تعیین نماید. مدت زمان بین تاریخ صدور این دستورالعمل‌ها و تاریخی که به مورد اجراء گذاشته می شود نباید از سه ماه کمتر باشد. در صورتیکه دستورالعمل ناقص و یاجایگزین تمام و یا قسمتی از دستورالعمل‌های قبلی باشد لازم است مراتب صراحتا و با ذکر مشخصات دستورالعمل‌های قبلی در متن دستورالعمل قید گردد.

فهرست مطالب

فهرست مطالب

عنوان | صفحه

فهرست مطالب

عنوان | صفحه

فهرست مطالب

عنوان | صفحه

فهرست مطالب

فهرست مطالب

فهرست مطالب

فهرست مطالب

عنوان | صفحه

فصل سیزدهم - مشخصات فنی و استاندارد پایه‌های روشنایی معابر، متعلقات و روش نصب آن

فهرست مطالب

فصل چهاردهم - سیستم توزیع و برق‌رسانی به شبکه روشنایی معابر

فهرست مطالب

فصل پانزدهم - ضوابط ومقررات ایمنی‌و دستورالعملهای‌نگهداری سیستم روشنایی معابر

فهرست مطالب

فهرست جداول

فهرست جداول

فهرست جداول

پیشگفتار

در اجرای ماده ۲۳ قانون برنامه و بودجه و نظر به تاکید نظام فنی و اجرایی طرحهای عمرانی کشور (مصوب جلسه مورخه ۷۵/۳/۲۳ هیات محترم وزیران) به استفاده از معیارها و استانداردهای فنی و به منظور ایجاد هماهنگی و یکنواختی در ضوابط مورد لزوم و تعمیم استانداردهای صنعت برق در طراحی و اجرای پروژه‌های مزبور، معاونت تحقیقات و تکنولوژی سازمان توانیر (دفتر استانداردها) با همکاری معاونت امور فنی سازمان برنامه و بودجه (دفتر امور فنی و تدوین معیارها) اقدام به تهیه و تدوین و تکمیل استانداردهای یاد شده نموده است .

مشخصات فنی عمومی و اجرایی روشنایی راههای شهری نخستین نشریه‌ای است که در راستای اهداف یاد شده تهیه و تدوین و تکمیل شده است. نورپردازی مطلوب و درست در راههای شهری نه تنها از نظر تردد روان و ایمن وسایل نقلیه، آمد و شد افراد پیاده، و زیبایی و جذابیت محیط اهمیت دارد، بلکه از جنبه کاهش جرائم و بزهکاری‌ها نیز حائز ارزش و درخور توجه است. در طراحی سیستم روشنایی معابر شهری؛ طبقه‌بندی راهها و خیابانهای شهری با توجه به ویژگیها و نقش آن، تعیین شدت روشنایی لازم، انتخاب نوع چراغها براساس توزیع نور مورد نیاز، تعیین ارتفاع نصب چراغها و مشخص نمودن آرایش و فواصل نصب پایه‌ها؛ از جمله مواردی است که باید مورد عنایت و توجه قرار گیرد.

این نشریه حاوی مشخصات، ضوابط و دستورالعملهای فنی لازم در زمینه طراحی و اجرای سیستمهای روشنایی راههای شریانی درجه ۱ و درجه ۲ و نیز راههای محلی بر اساس طبقه بندی مصوب شورایعالی شهر سازی و معماری می‌باشد . این مجموعه همچنین طراحی روشنایی میادین، تقاطعهای همسطح و غیر همسطح، پلهای ویژه عبور وسایل نقلیه و عابرین، راههای مرتفع، تونلها و زیرگذرها ، و راههای مجاور محلهای خاص را نیز در بر می‌گیرد. در این نشریه علاوه بر ضوابط طراحی روشنایی راههای شهری، مشخصات فنی و استاندارد تجهیزات مورد استفاده در چراغها و انواع پایه ها و همچنین روش نصب تیرها، سیستم توزیع و برق رسانی به

شبکه روشنایی راههای شهری، و ضوابط ایمنی و دستورالعملهای نگهداری سیستم روشنایی معابر نیز ارائه شده است.

تهیه و تدوین و تکمیل این نشریه به عهده مرکز تحقیقات نیرو بوده و این کار توسط آقای مهندس داود جلالی و با همکاری آقایان مهندسین علی عرشیان و فرخ امینی انجام شده است و از دفتر امور فنی و تدوین معیارها آقای مهندس پرویز سیداحمدی به عنوان کارشناس مسئول پروژه، هماهنگی طرح با اهداف دفتر و ویراستاری آن را به عهده داشته اند.

دفتر امور فنی و تدوین معیارها باین وسیله از تمامی سازمانها، وزارتخانه‌ها، نهادها و دست‌اندرکارانی که با ارسال نظریات اصلاحی و ارشادی تهیه و تدوین و تکمیل این نشریه را میسر نموده‌اند سپاسگزاری و قدردانی نموده، موفقیت و بهروزی آنان را در سامان‌دهی ضوابط فنی - مهندسی از درگاه ایزد منان آرزومند است .

دفتر امور فنی و تدوین معیارها

زمستان ۱۳۷۸

فصل اول

اهداف، کلیات و تعاریف

مقدمه

در این فصل، اهداف، تعاریف و ضوابط کلی طراحی روشنایی معابر بیان شده است. از آنجا که این دستورالعملها، معیار و ضابطه طراحی محسوب می‌شود بنابراین باید مورد توجه و دقت قرار گیرد. به همین دلیل از فصل سوم به بعد، که اختصاص به طراحی روشنایی برای معابر مختلف دارد، ضوابط و معیارهای مطرح شده در این فصل مورد استفاده قرار گرفته است.

۱-۱ اهداف روشنایی معابر

هدف اصلی از تامین روشنایی راههای عمومی در شب، ایجاد محیطی مناسب، برای تردد وسایل نقلیه و اشخاص پیاده می‌باشد به طوری که دید سریع، دقیق و راحت آنها امکان‌پذیر شود.

در مورد وسایل نقلیه، روشنایی کافی معبر باعث می‌شود که راننده آن، موانع موجود را با جزئیات کامل مشاهده کرده و با اطمینان و در فرصت زمانی کافی بتواند از خود عکس‌العمل نشان دهد. در مورد اشخاص پیاده نیز معابر باید به اندازه‌ای روشن باشد که افراد بتوانند به راحتی و با جزئیات کامل محیط اطراف خود را دیده و کارهای مورد نیاز را انجام دهند. همچنین آنها بتوانند به سهولت سایر افراد پیاده، وسایل نقلیه و اشیاء موجود در محیط اطراف خود را مشاهده نموده و تشخیص دهند.

با تامین مناسب روشنایی معابر، منافع اقتصادی و اجتماعی زیادی نصیب عموم مردم می‌شود که عمده‌ترین آن به شرح زیر است:

الف- کاهش حوادث و سوانح عمومی که عمدتاً ناشی از وقوع تصادفات و یا جرایم در اوقات شبانه می‌باشد؛

ب- ایجاد امنیت و کاهش جرایم به علت نظارت بهتر نیروهای انتظامی؛

ج- روانی تردد وسایل نقلیه؛

د- امکان ادامه فعالیتهای تجاری و صنعتی در شب؛

هـ- امکان گردش و تفریح مردم در شب

بنابراین، تمامی قسمتهای مختلف معبر یا "راه" که از نظر استفاده‌کنندگان آن (وسایل نقلیه، افراد پیاده و دوچرخه‌سوار، نیروهای انتظامی و ...) اهمیت دارد باید از روشنایی کافی برخوردار باشد. برای رسیدن به این هدف باید سیستم روشنایی معابر مناسبی طرح و اجرا شود. طراحی این سیستم باید به گونه‌ای صورت گیرد که علاوه بر تامین روشنایی مورد نیاز، شکل ظاهری آن نیز در روز و شب از تشکل و زیبایی لازم بهره‌مند بوده و تاثیر مناسبی بر ساختمانها و محیط اطراف داشته باشد.

۱-۲ تعریفهای کلی

۱-۲-۱ معابر یا راههای شهری

مجموعه‌ای است که برای عبور و مرور وسایل نقلیه موتوری، غیر موتوری و اشخاص پیاده در داخل شهرها و یا حاشیه آن ساخته می‌شود.

۱-۲-۲ سیستم روشنایی راههای عمومی شهری

سیستمی که برای تامین روشنایی معابر عمومی شهری در اوقات تاریکی هوا ایجاد می‌شود. این سیستم متشکل از چراغ و لوازم آن، پایه و شبکه تغذیه‌کننده چراغها با متعلقات مربوط می‌باشد.

۱-۲-۳ چراغ روشنایی معابر

وسیله‌ای که لامپ و لوازم مربوط در داخل آن قرار داده می‌شود. این وسیله، شار نوری یک یا چند لامپ را توزیع، فیلتر و یا تبدیل نموده و از قسمتهای

مختلفی برای نگهداری، محکم کردن و حفاظت لامپها تشکیل می‌گردد.

۱-۲-۴ پایه

وسیله‌ای که به منظور نصب چراغ در راههای عمومی (در ارتفاع و مکان مناسب) مورد استفاده قرار گرفته و می‌تواند فلزی، بتنی و یا چوبی باشد.

۱-۲-۵ شبکه تغذیه‌کننده روشنایی معابر

سیستمی متشکل از اجزاء مختلف که به منظور برق‌رسانی و تغذیه لامپهای روشنایی معابر، ایجاد می‌شود.

۱-۲-۶ آرایش نصب

آرایش نصب در واقع به نحوه قرار گرفتن پایه‌های روشنایی نسبت به یکدیگر اشاره دارد. آرایش پایه‌ها شامل چهار حالت نصب زیگزاگ، نصب روبرو، نصب در یک طرف و نصب در وسط است.

۱-۲-۷ فاصله نصب

فاصله بین دو پایه متوالی در هر حالت نصب، فاصله نصب نام دارد. این فاصله به موازات خط مرکزی معبر اندازه‌گیری می‌شود.

۱-۲-۸ مرکز فتومتریک

در صورتی که لامپ را یک منبع نور متمرکز، به صورت یک نقطه نورانی، در نظر بگیریم آن نقطه مرکز فتومتریک نامیده می‌شود.

۱-۲-۹ ارتفاع نصب (H)

فاصله عمودی بین مرکز فتومتریک و سطح معبر، ارتفاع نصب نام دارد (شکل ۱-۱).

۱-۲-۱۰ بازو

بخشی از پایه که به صورت افقی و یا زاویه‌دار، از خط عمودی گذرنده از مرکز مقطع پایه در سطح زمین منحرف شده و تا نقطه اتصال چراغ به آن ادامه می‌یابد (شکل ۱-۱)

۱-۲-۱۱ طول بازو

تصویر بازوی پایه بر روی سطح افق و یا به عبارت دیگر فاصله افقی بین ابتدای چراغ و خط عمودی که از مرکز مقطع پایه در سطح زمین می‌گذرد طول بازو نام دارد (شکل ۱-۱).

۱-۲-۱۲ زاویه بازو

زاویه‌ای است که بین امتداد بازو و خط عمود بر پایه (عمود بر خط مرکزی معبر) تشکیل می‌شود. با تغییر این زاویه، شدت روشنایی روی قسمتهای مختلف معبر تغییر می‌کند (شکل ۱-۱).

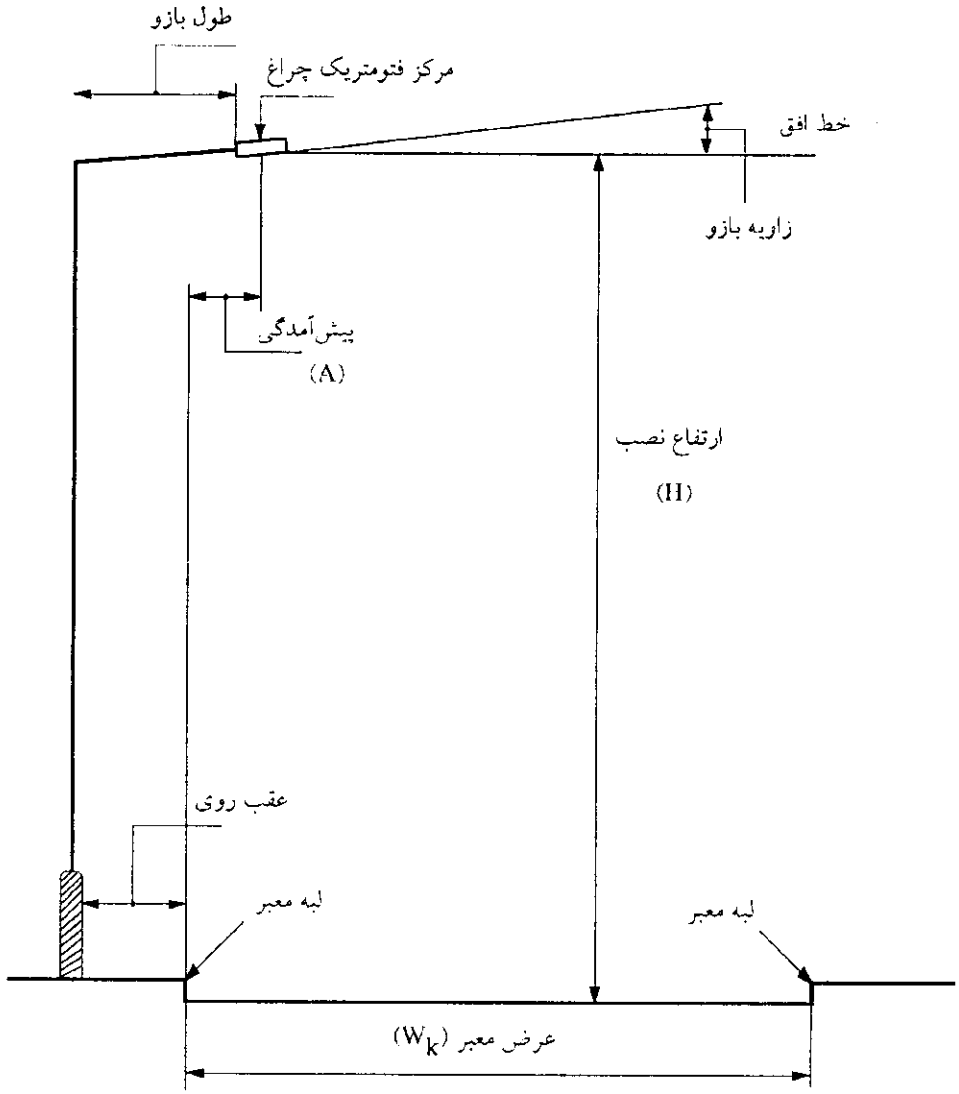
۱-۲-۱۳ پیش‌آمدگی[1] (A)

فاصله افقی بین مرکز فتومتریک و لبه جاده، پیش‌آمدگی نام دارد. اگر تصویر مرکز فتومتریک بر سطح جاده جلوتر از لبه جاده باشد، پیش‌آمدگی مثبت و در غیر این صورت منفی است (شکل ۱-۱)

۱-۲-۱۴ عقب‌روی[2]

فاصله افقی بین لبه جلوئی پایه و لبه جاده، عقب‌روی پایه نام دارد (شکل ۱-۱)

1- Overhang
2- Setback



شکل ۱-۱- مشخصات قسمتهای مختلف پایه

۱-۲-۱۵ شار یا جریان نوری[1] (ϕ)

کلیه تشعشعات یک منبع نور توسط چشم قابل رویت نیست و با توجه به منحنی حساسیت چشم، قسمتی از تشعشات الکترومغناطیسی یک منبع نور قابل رویت است. شار نوری عبارتست از توان تشعشعات الکترومغناطیسی قابل رویت که از منبع نور خارج شده باشد. واحد اندازه‌گیری شار نوری لومن[2] (Lm) است.

1- Luminous Flux
2- Lumen

۱-۲-۱۶ ضریب بهره نوری (η)

ضریب بهره نوری یک منبع نور برابر است با نسبت شار نوری خروجی از منبع به توان الکتریکی آن. این ضریب یکی از پارامترهای مهم لامپ می‌باشد و واحد آن لومن بر وات است.

$$\eta = \frac{\text{شار نوری}}{\text{توان الکتریکی}} \qquad (۱-۱)$$

۱-۲-۱۷ شدت نور[1] (I)

شدت نور برابر است با تراکم شار نوری در فضا و یا نسبت شار نوری به زاویه فضایی.

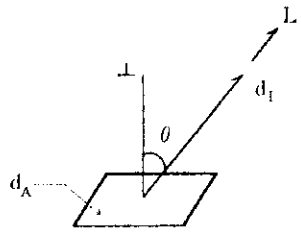
$$I = \frac{d\phi}{d\omega} \qquad (۱-۲)$$

واحد شدت نور، کاندل[2] است. طبق تعریف هرگاه در زاویه فضایی یک استرادیان جریان نوری یک لومن وجود داشته باشد شدت نور در این فضا یک کاندل است. زاویه فضایی زاویه‌ای است که راس آن در مرکز یک کره باشد و اندازه آن برابر نسبت سطحی که از کره جدا می‌کند به مجذور فاصله سطح از مرکز کره است. استرادیان زاویه فضایی است که از سطح کره‌ای به شعاع یک متر، سطحی برابر یک متر مربع جدا می‌کند.

۱-۲-۱۸ درخشندگی یا تراکم نور[3] (L)

درخشندگی یک صفحه کوچک نورانی در یک جهت معین، برابر است با نسبت شدت نور آن صفحه در این جهت به، مساحت مولفه سطح مزبور در راستای عمود بر آن جهت معین (سطحی که توسط ناظر دیده می‌شود).

1- Luminous Intensity
2- Candle
3- Luminance



$$L = \frac{dI}{dA.\cos\theta} \qquad (۳-۱)$$

واحد درخشندگی، کاندل بر متر مربع یا نیت[1] است.

۱-۲-۱۹ شدت روشنایی[2] (E)

شدت روشنایی در یک نقطه واقع بر یک سطح برابر است با نسبت شار نوری تابیده به جزء کوچک سطح، که نقطه در آن واقع است.

$$E = \frac{d\phi}{dA} \qquad (۴-۱)$$

واحد شدت روشنایی لوکس[3] (Lx) می‌باشد که عبارت است از شدت روشنایی یک متر مربع سطح از یک لومن شار نوری.

۱-۲-۲۰ شار روشنایی اولیه لامپ

شار روشنایی اولیه لامپ عبارت است از مقدار شار نوری لامپ که پس از صد ساعت کار لامپ حاصل شود.

۱-۲-۲۱ درخشندگی متوسط

مقدار متوسط درخشندگی که از روی سطح مشخصی از معبر به چشم ناظری که در نقطه مشخصی قرار دارد، می‌رسد درخشندگی متوسط نام دارد.

۱-۲-۲۲ ضریب نگهداری چراغ

نسبت شار نوری خروجی از چراغ پس از گذشت زمانی مشخص به شار

1- Nit
2- Illuminance
3- Lux

نوری خروجی اولیه، ضریب نگهداری چراغ نام دارد.

۱-۲-۲۳ ضریب نگهداری شار لامپ

ضریب نگهداری شار لامپ عبارت است از نسبتی از شار اولیه لامپ که پس از گذشت زمانی مشخص توسط لامپ تولید می‌شود.

۱-۲-۲۴ ضریب نگهداری

حاصلضرب ضریب نگهداری چراغ و ضریب نگهداری شار لامپ، ضریب نگهداری نامیده می‌شود.

۱-۲-۲۵ شدت روشنایی اولیه

مقدار روشنایی حاصله در یک ترتیب نصب با فرض استفاده از چراغهای نو و تمیز و لامپهایی که شار اولیه خود را تولید می‌کند، شدت روشنایی اولیه نامیده می‌شود.

۱-۲-۲۶ حداقل شدت روشنایی متوسط

حداقل شدت روشنایی متوسط، عبارت است از میزان روشنایی متوسطی که در یک ترتیب نصب و در کلیه شرایط باید حاصل شود که مقدار آن برابر با حاصلضرب شدت روشنایی اولیه در ضریب نگهداری می‌باشد و از این پس با عبارت شدت روشنایی متوسط عنوان می‌شود.

۱-۲-۲۷ توزیع نور

توزیع نور عبارت است از توزیع شدت نور خروجی از یک چراغ در جهات مختلف فضا.

۱-۲-۲۸ خیرگی

خیرگی عامل کاهش تمایز میان اشیاء و زمینه آن (سطح زمین) است و در واقع تراکم نور سطح شیء و زمین را به یکدیگر نزدیک می‌کند. در شرایطی که خیرگی به آن حد برسد که شیء قابل تشخیص نبوده و دیده نشود، خیرگی مطلق ایجاد شود. در این صورت درصدی که مقدار درخشندگی زمینه شیء (سطح زمین) باید افزایش یابد تا شیء بتواند دیده شود "آستانه افزایش" نام دارد. آستانه افزایش بستگی به توزیع نور چراغ، درخشندگی سطح زمین، آرایش نصب و محل ناظر دارد. بنابراین خیرگی با تنظیم آستانه افزایش قابل کنترل است.

۱-۲-۲۹ آستانه افزایش کم

آستانه افزایش کم یک نوع طبقه‌بندی چراغها است که آستانه افزایش ایجاد شده توسط آن کوچکتر یا مساوی ۱۵ درصد است.

۱-۲-۳۰ آستانه افزایش متوسط

آستانه افزایش متوسط یک نوع طبقه‌بندی چراغها است که آستانه افزایش ایجاد شده توسط آن بین ۱۵ تا ۳۰ درصد است.

۱-۲-۳۱ ضریب یکنواختی کلی

ضریب یکنواختی کلی عبارت است از نسبت درخشندگی حداقل به درخشندگی متوسط در یک سطح مشخص از معبر. با استفاده از شدت روشنایی به جای درخشندگی در نسبت مذکور، ضریب یکنواختی کلی برای شدت روشنایی سطح بدست می‌آید.

۱-۲-۳۲ ضریب یکنواختی طولی

ضریب یکنواختی طولی عبارتست از نسبت درخشندگی حداقل به درخشندگی حداکثر در یک خط طولی مشخص از معبر. با استفاده از شدت

روشنایی به جای درخشندگی در نسب مذکور، ضریب یکنواختی طولی بـرای شدت روشنایی معبر بدست می‌آید.

۱-۲-۳۳ ضریب بهره[1] (CU)

درصدی از کل شار نوری که توسط لامپ تولید می‌شود در چراغ تلف شده و بقیه آن به سطح معبر و محیط اطراف آن می‌تابد. از آنجا کـه در معـبر سـطوح انعکاس وجود ندارد شدت روشنایی هر نقطه تنها ناشی از تابش مسـتقیم نـور به آن نقطه است. برای تعیین مقدار تابش نـور بـه هـر معـبر، از ضریـب بهـره استفاده می‌شود. ضریب بهره در واقع متوسط نسبت شار نوری تابیده شـده بـه هر یک از نقاط معبر به کل شار نوری لامپ است. ایـن ضریـب، بـه صـورت منحنی داده می‌شـود کـه تـابعی از نسـبت W/H (W عـرض معـبر و H فاصلـه عمودی چراغ از سطح معبر) می‌باشـد. بـا تعییـن ایـن نسـبت بـرای هـر معـبر می‌توان ضریب بهره در آن معبر را از منحنی ضریب بهره بدست آورد.

۱-۳ عوامل موثر در طراحی روشنایی معابر

سطح روشنایی و نوع سیستمی کـه بـرای یـک معـبر انتخـاب می‌شـود ارتبـاط مستقیم با اهمیت و کیفیت ترافیک آن دارد ولی باید پارامترهـای دیگـر را نـیز در طراحی دخالت داد. از جمله این پارامترها می‌توان به وضعیت اطراف معـبر از نظر صنعتی، تجاری و یا مسکونی بودن آن، ویژگیهـای آسـفالت راه، موانـع موجـود در کنـار راه همچـون درختـان و فضـای سـبز، وجـود پیـاده‌رو و دوچرخه‌رو در طرفین راه، وجود عوارض راه همچون تقاطعها، میدانها، تونلها، پیچها و ... و نیز ملاحظات زیبایی سیستم روشنایی اشاره کرد.

یک طراحی خوب، علاوه بر تـامین مناسـب روشـنایی معـبر، صرفـه‌جویی در مصرف انرژی را نیز سـبب می‌شـود. بـه همیـن منظـور، طـراح و بهره‌بـردار از سیستم روشنایی معابر باید موارد زیر را در نظر داشته باشند:

1- Coefficient of Utilization

الف- انتخاب لامپ و چراغ با راندمان بالا؛
ب- دارا بودن برنامه تعمیر و نگهداری منظم و مرتب برای اطمینان از پیوستگی روشنایی معبر و مداومت در حفظ سطوح طراحی اولیه روشنایی آن؛
ج- انتخاب مناسب ارتفاع نصب چراغهای روشنایی معبر و محل استقرار آن.

۱-۴ نمای ظاهری سیستم روشنایی در روز

۱-۴-۱ طراحی سیستم روشنایی و انتخاب محل نصب پایه‌ها

طراحی و نصب تجهیزات و تاسیساتی که برای اهداف مختلف در خیابان استفاده می‌شود تاثیر بسزایی در تغییر نمای ظاهری و منظره خیابان دارد. به عنوان مثال چگونگی طراحی و همچنین انتخاب محل نصب مناسب پایه‌های روشنایی در یک معبر عمومی و یا یک پل تاریخی منجر به دید و رویت جالبتر آن می‌شود. در چنین شرایطی، تعیین محل نصب تجهیزات باید با در نظر گرفتن وجود هماهنگی کامل با معماری خیابان یا پل انجام شود که در بعضی موارد رعایت این امر، طراحی مخصوص برای تجهیزات را طلب می‌کند. البته باید توجه داشت که در اغلب موارد ساختمانها، فضای سبز، سطوح خیابان و همچنین مردم، زیبایی و هماهنگی لازم را در خیابانها ایجاد می‌کنند و لذا تجهیزات و تاسیسات لازم برای نصب در خیابان باید به نحوی ساخته شود که حتی‌الامکان موجب بروز مزاحمت یا ممانعت در اجرای این امر نگردد.

۱-۴-۲ ارتباط بین ارتفاع پایه‌های روشنایی و محیط اطراف

از نقطه نظر دید و زیبایی بهتر است ارتفاع پایه‌های روشنایی از ارتفاع ساختمانها و بناهای اطراف آن بیشتر نباشد. به عنوان مثال در یک منطقه مسکونی شامل خانه‌های حداکثر دو طبقه، مناسب است که ارتفاع نصب پایه حدود ۶ متر باشد. در چنین مناطقی، استفاده از پایه‌های با ارتفاع نصب کمتر مناسب نیست زیرا که سایر محدودیتها را برآورده نمی‌سازد. بنابراین در این حالت، به عوض پایه می‌توان از براکت نصب شده بر روی دیوار استفاده کرد.

در صورت عدم وجود یک زمینه یکنواخت و پیوسته (ساختمانهای دوطرف خیابان در پشت پایه‌ها)، پایه‌ها و چراغها حالت بسیار مرئی و روشنی در روز پیدا می‌کند که در این شرایط با افزایش ارتفاع نصب و همچنین فاصله نصب، اثر حالت مذکور کاهش می‌یابد.

۱-۴-۳ فرم و شکل بازو

از نظر رویت، کمانهای بزرگ معمولاً بیش از خطوط مستقیم خوشایند چشم می‌باشد، زیرا تطابق بهتری با خطوط بامهای ساختمانهای اطراف دارد. بازوهای بلند، که ممکن است بر اثر نصب پایه در انتهای پیاده‌رو از آن استفاده شود، دید مناسب ندارد و باید تا جایی که ممکن است از به کارگیری چنین بازوهایی خودداری کرد. البته در بعضی مواقع به دلیل مسائل ایمنی و یا وجود اشیای اطراف پایه که منجر به کاهش دید نامناسب پایه می‌شود، می‌توان از این بازوها استفاده کرد.

۱-۴-۴ مونتاژ پایه، بازو و چراغ

یک واحد روشنایی به صورت یک مجموعه منفرد است هر چند که از قطعات مختلفی چون پایه، بازو و چراغ ساخته می‌شود. یک چراغ که با یک پایه از نظر زیبایی تناسب و هماهنگی دارد ممکن است با یک پایه دیگر هماهنگی نداشته باشد. از آنجا که پایه‌ها و چراغها توسط کارخانجات مختلف ساخته می‌شود به هنگام انتخاب آن باید ملاحظات خاصی را از نقطه‌نظر رعایت زیبایی مجموعه لحاظ نمود.

۱-۴-۵ همگونی کل سیستم روشنایی

ترکیبی از یک پایه، بازو و چراغ می‌تواند به صورت یک مجموعه متناسب و هماهنگ باشد در حالی‌که نصب یک سیستم روشنایی با استفاده از مجموعه فوق‌الذکر ممکن است منجر به یک ترکیب همگون و زیبا به خصوص در خیابانهای طولانی و مستقیم یا دارای فراز و نشیب ملایم نشود. به عنوان مثال

استفاده از بازوهای کمانی در پایه‌های یک سیستم روشنایی برای یک خیابان طولانی و صاف می‌تواند تصویر زیبایی ایجاد کند ولی استفاده از این بازوها در پایه‌های سیستم روشنایی یک خیابان دارای فراز و نشیب ملایم ممکن است منجر به ایجاد تصویری ناهمگون و نازیبا از سیستم روشنایی شود. در تقاطعهای پیچیده که تغییر جهت بازوها اتفاق می‌افتد در صورت استفاده از چراغهای بلند تصویر نامناسبی ایجاد می‌شود. در بعضی موارد می‌توان با استفاده از پایه‌های بلند دارای چندین چراغ این مشکل را حل نمود.

۱-۴-۶ جنس پایه و بازو

جنس پایه و بازو روی شکل ظاهری آن اثر خواهد گذاشت. به جهت داشتن دید بهتر، ترجیحاً پایه و بازوی آن باید تا حد امکان باریک باشد. بنابراین استفاده از پایه‌های فلزی نسبت به پایه‌های بتنی ارجحیت دارد.

۱-۴-۷ انتخاب محل نصب پایه‌ها

تا حد امکان باید از نصب پایه‌ها در مقابل ساختمانها و بناهای مهم و تاریخی خودداری کرد و البته بهتر است پایه در محل اتصال دو ساختمان به یکدیگر نصب شود. همچنین پایه‌ها نباید به صورتی نصب شود که رویت ساختمانهای مهم یا تاریخی را نامناسب نماید. در چنین حالاتی اگر نتوان محل نصب پایه را تغییر داد مناسبتر است که پایه در کنار درختان و فضای سبز نصب شود تا به این صورت مقدار زیادی از دید آن توسط درختان گرفته شود. لازم به ذکر است که در این شرایط نصب پایه در کنار درخت نباید عاملی برای بریدن شاخه‌ها باشد. در خیابانهایی که قرار است در آینده احداث شود، طراحی سیستم روشنایی باید پیش از طراحی و جایابی فضای سبز انجام گیرد، در این نوع موارد درختان باید به گونه‌ای کاشته شود که مانع از رسیدن نور لامپ به سطح خیابان نشود.

۱-۴-۸ رنگ تجهیزات سیستم روشنایی

برای کلیه تجهیزات سیستم روشنایی ترجیحاً باید از رنگهای ملایم استفاده شود. در مواقع خاص که نشان دادن و مشخص کردن موارد بخصوصی مورد نظر باشد، می‌توان از رنگهای روشن استفاده کرد. عموماً استفاده از رنگهای سرد همچون نقره‌ای و آبی نسبت به کاربرد رنگهای گرم مانند زرد. طلایی، قهوه‌ای و قرمز ارجح است. به طور کلی یکنواختی رنگ برای تجهیزات سیستم روشنایی یک منطقه وسیع و بزرگ لزوماً نباید رعایت شود و مناسبتر است که با تغییر محیط اطراف، تغییر رنگ برای تجهیزات نیز پیش‌بینی شود.

۱-۵ ملاحظات کاربرد سیستم روشنایی در شب

از آنجا که در طراحی سیستم روشنایی معابر، هدف اصلی کمک به بهبود دید محیط اطراف در شب می‌باشد، در فاز طراحی، می‌توان چنین نکته‌ای را به طور کامل، برای محلهایی که از نظر شهری اهمیت دارد نیز رعایت کرد. ولی باید توجه داشت که هر چند وجود نور کافی، برای روانی ترافیک و ایمنی افراد پیاده بسیار مهم و اساسی است، نورپردازی مناسب و خوش رویت بودن قسمتهای مختلف معابر در شب نیز از اهمیت خاصی برخوردار است. بنابراین می‌باید به مطبوعیت نور و ملاحظات محیط اطراف توجه کرد و همچنین در نظر داشت که طراحی مناسب سیستم روشنایی در جلوگیری از کاهش اعمال خلاف تاثیر بسزایی دارد.

در مراکز خرید و خیابانهایی که فعالیتهای مختلف اقتصادی و اجتماعی در آن متمرکز است زیبا بودن روشنایی اهمیت زیادی دارد. با طراحی مناسب و زیبایی روشنایی برای یک محل، می‌توان زمینه مناسب برای روشنایی موضعی همچون یک ساختمان تاریخی را فراهم آورد.

در مواردی که طراحی سیستم روشنایی در اطراف یک پارک یا فضای سبز یا محیطی که از زیبایی طبیعی برخوردار است، انجام می‌شود باید به مناسب بودن رویت سیستم روشنایی توجه کافی شود. این مورد در طراحی سیستم روشنایی اطراف اماکن مسکونی هم صادق است.

۱-۶ ملاحظات دید راننده در طراحی سیستم روشنایی

راننده یک وسیله نقلیه باید اطلاعات کافی از محیط اطراف خود و تغییرات آن داشته باشد، به نحوی که بتواند با ایمنی کامل و با سرعت مطمئنه حرکت کرده و در مواقع لزوم، با رویت علائم راهنمایی و رانندگی کنار راه عکس‌العمل مناسبی از خود نشان دهد.

از آنجا که راننده فقط به قسمت مرکزی حوزه دید خود توجه دقیق می‌نماید بنابراین اطلاعات او از محیط اطراف بسیار کلی است. در صورت قرار گرفتن جسمی در حوزه دید راننده، می‌بایست توجه وی به آن جلب شود و به این منظور تطابق لازم میان جسم و زمینه آن (سطح زمین) باید وجود داشته باشد. این امر در روز و شب صادق است و البته تطابق در شب به دلیل کمتر بودن نور از روز ضعیفتر می‌باشد. بنابراین میزان روشنایی راه، باید علاوه بر تامین نور کافی در شب، تطابق میان اجسام و زمینه آن را حداکثر نماید.

۱-۷ عملکرد روشنایی معابر

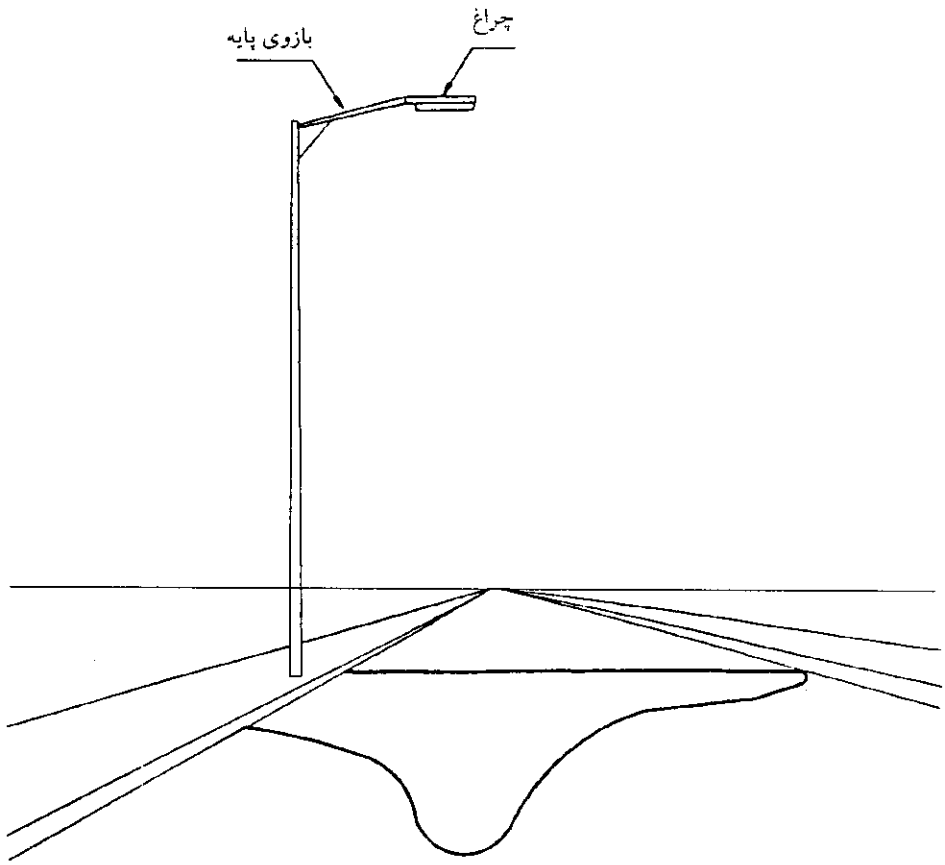
۱-۷-۱ کلیات

در اغلب موارد هدف از ایجاد روشنایی، روشن نمودن سطح اجسام بوده و روشنایی زمینه آن مورد نظر نیست ولی در روشنایی معابر کاملاً برعکس است، به این ترتیب که از نور تامین شده توسط سیستم روشنایی معابر باید در جهت حداکثر نمودن روشنایی زمینه و سطحی که اجسام بر روی آن قرار دارد استفاده شود. دستیابی به این هدف بستگی به طراحی نحوه توزیع و پخش نور از چراغها به منظور سود جستن از خاصیت انعکاس نور از سطح معبر دارد.

۱-۷-۲ نحوه عملکرد یک چراغ

یک چراغ نصب شده بر روی یک پایه که بر فراز معبری قرار گرفته است قسمتی از معبر و پیاده‌رو نزدیک به پایه را روشن نموده و به محیط اطراف نیز نور محدودی می‌دهد. برای راننده‌ای که به این پایه نزدیک می‌شود، ناحیه نورانی معمولاً به شکل حرف "T" است (شکل ۱-۲). فرم و میزان

درخشندگی این ناحیه، بستگی به نحوه توزیع نور چراغ و انعکاس نور از سطح معبر دارد.



شکل ۱-۲- سطح "T" شکل روشن شده توسط یک چراغ

۱-۷-۳ ویژگیهای پوشش سطح معبر

ویژگیهای فیزیکی مواد پوشش‌دهنده سطح معبر به واسطه شکل و میزان درخشندگی هر یک از قطعات ریز تشکیل‌دهنده آن مشخص می‌شود. این ویژگیها، به شرح زیر بوده و در اشکال (۱-۳)، (۱-۴)، (۱-۵) و (۱-۶) نیز نشان داده شده است:

الف- بافت ماکروسکوپی سطح، به واسطه اندازه و گوشه‌دار بودن ذرات یا قطعات قرار گرفته در سطح معبر که توسط فشردن یا کوبیدن، به هم چسبیده و متراکم گردیده است، مشخص می‌شود. بافت ماکروسکوپی سطح از نظر چگونگی رویت آن به دو دسته «ناهموار» و «صاف» تقسیم می‌شود.

ب- بافت میکروسکوپی سطح، به واسطه میزان صیقلی بودن هر یک از قطعات تشکیل‌دهنده آن مشخص می‌شود. این بافت، به دو دسته «زبر» یا «صیقلی» تقسیم می‌گردد.

ج- میزان روشنایی سطح، همواره به واسطه رنگ تکه سنگهای قرار گرفته در بخش بالایی پوشش آن تعیین می‌شود.

اثرات ویژگیهای فوق‌الذکر، در عملکرد سیستم روشنایی معابر به شرح زیر است.

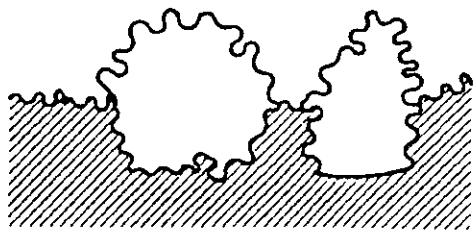
الف- برای سطوح خشک؛ پهنا، طول و درخشندگی هر یک از قطعات ریز تشکیل‌دهنده آن بر هر سه ویژگی مزبور اثر می‌گذارد. این خواص، به دو کران زیر محدود می‌شود:

در یک کران، وجود سنگریزه‌های تیره‌رنگ و صیقلی باعث کاهش درخشندگی در بخش بالایی "T" (شکل پخش نور چراغ) و تولید دنباله روشن بلند بر روی سطح می‌شود. در این حالت، نوار روشن طولی بر روی سطح به وجود آمده ولی متوسط درخشندگی سطح، پایین نخواهد آمد. روشنایی بخش بالایی "T" کم شده و نیاز به جبران این کمبود روشنایی خواهد بود.

در کران دیگر، بافت ناهموار و زبر سطحی که از سنگریزه‌های سفید تشکیل شده، تولید بخش بالایی عریض برای "T" نموده و در عوض دنباله آن کوتاه خواهد بود. در این حالت، متوسط درخشندگی کل معبر بالا بوده ولی در عوض یکنواختی طولی آن کوچک خواهد بود. اکثر سطوح راههایی که امروزه مورد استفاده قرار می‌گیرد از نظر عملکرد سیستم روشنایی بین این دو اکران قرار دارد.

ب- برای سطوح خیس، روشنایی سطح اهمیت کمی دارد. در این حالت، عملکرد بافت ماکروسکوپی سطح با توجه به میزان بارندگی و لایه آب کشیده شده بر روی سطح مشخص می‌شود. این لایه آب از نظر روشنایی، همچون سطح صیقلی رفتار می‌کند. نوع بافت میکروسکوپی سطح، باعث بلند شدن دنباله سطح روشن می‌شود. این عمل باعث ایجاد لایه یا نوار روشنی بر روی سطح می‌شود. در این حالت، وجود بافت ماکروسکوپی ناهموار، باعث

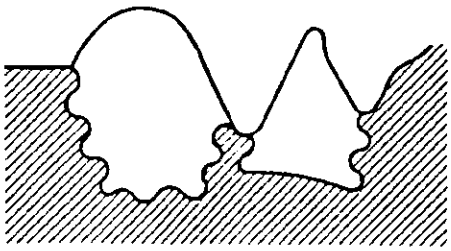
محدودیت این اثر، حتی در شرایط بد هوا می‌گردد.



شکل ۱-۳- پوشش سطح معبر با خواص

الف- ماکروسکوپی : ناهموار

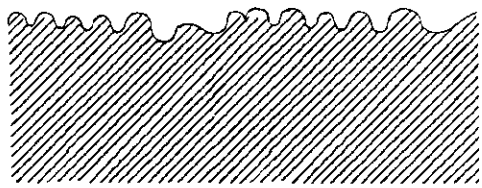
ب- میکروسکوپی : زبر



شکل ۱-۴- پوشش سطح معبر با خواص

الف- ماکروسکوپی : ناهموار

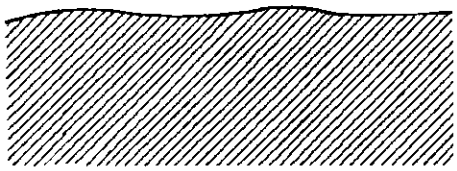
ب- میکروسکوپی : صیقلی



شکل ۱-۵- پوشش سطح معبر با خواص

الف- ماکروسکوپی : صاف

ب- میکروسکوپی : زبر



شکل ۱-۶- پوشش سطح معبر با خواص

الف- ماکروسکوپی : صاف

ب- میکروسکوپی : صیقلی

با توجه به مطالب ذکر شده مشاهده می‌شود که نوع پوشش سطح معبر تاثیر مستقیم بر عملکرد سیستم روشنایی نصب شده در معبر می‌گذارد.
افزایش ناهمواری سطح (از نظر بافت ماکروسکوپی)، اثرات و شرایط ایجاد شده در سطوح خیس یا هوای بارانی را گسترش می‌دهد. اجتناب از استفاده از سطح غیرصیقلی از ایجاد نوار یا لایه روشن بر روی سطح جلوگیری می‌کند. استفاده از سنگریزه‌های سفید بر روی سطح باعث افزایش درخشندگی و یکنواختی روشنایی آن می‌شود.

۱-۷-۴ جمع اثر نواحی نورانی

روشنایی معبر در نتیجه جمع اثر نواحی نورانی تشکیل شده بر اثر تک تک چراغها ایجاد می‌شود. بنابراین نصب پایه‌ها و چراغها باید به صورتی باشد که منجر به، پیوستن نواحی نورانی به یکدیگر گردد به نحوی که درخشندگی متوسط برای استفاده از معبر فراهم آید.

۱-۷-۵ روشن نمودن اجسام

از آنجا که هدف روشنایی معابر عموماً آشکار کردن اجسام از محیط زمینه است، لذا شدت روشنایی سطوح قائم اطراف اجسام باید تا حد امکان کم باشد. با استفاده از تاثیر متقابل فاصله نصب پایه‌ها، ارتفاع نصب و نحوه توزیع نور چراغها می‌توان به این مهم دست یافت. اجسام کم رنگ و یا دارای رنگ ملایم ممکن است از نظر درخشندگی با سطح معبر یکسان باشد و بنابراین دیده نشود (از نظر راننده‌ای که به جسم نزدیک می‌شود). البته این مسئله معمولاً به دلیل اتفاق نمی‌افتد. نخست آن که اجسام در مقابل طول قابل ملاحظه‌ای از راه یا محیط اطراف دیده می‌شود که در نتیجه منجر به ایجاد یک درخشندگی غیریکنواخت می‌گردد. دلیل دوم این است که سطوح اجسام به ندرت دارای انعکاس یکنواخت است. به علاوه، به هنگام نزدیک شدن راننده، زمینه‌ای که جسم در مقابل آن دیده می‌شود تغییر می‌کند که این امر به نشان داده شدن جسم کمک می‌کند.

۱-۷-۶ روشنایی اطراف معابر

اجسامی که بر روی پیاده‌رو یا کناره‌های معبر قرار گرفته است در زمینه محیط اطراف به خوبی دیده نمی‌شود. بنابراین لازم است که این اجسام نور کافی به منظور تامین یک زمینه روشن دریافت کند. این نور به افراد پیاده در نشان دادن سطح پیاده‌رو و موانع موجود در آن نیز کمک می‌کند.

۱-۷-۷ خیرگی

دو نوع خیرگی وجود دارد که عبارتند از خیرگی مطلق و خیرگی غیرمطلق. در اینجا، برای خیرگی مطلق حدود مجازی تعریف می‌شود. در صورتی که این حدود رعایت شود می‌توان اطمینان داشت که خیرگی غیرمطلق نیز در حدود قابل قبول و مجاز قرار می‌گیرد.

خیرگی مطلق را می‌توان نتیجه پخش نور در چشم که موجب کاهش تطابق می‌شود دانست. مقدار خیرگی ناشی از سیستم روشنایی معابر بستگی به شدت و زاویه نور خروجی از چراغ که به چشم راننده می‌رسد، دارد. به منظور کاهش خیرگی مطلق، درخشندگی زمینه باید حتی‌الامکان زیاد بوده (بنابراین ساختمانهای با رنگ روشن در اطراف پیاده رو معبر بسیار موثر است) و شدت نور خروجی از چراغ تحت زوایای بزرگتر از ۷۰ درجه (نسبت به خط عمود بر سطح چراغ و معبر) که به چشم راننده می‌رسد، نیز کنترل شود. شدت نور در زوایای کمتر از ۷۰ درجه معمولاً اثر خیرگی مطلق را تشدید نمی‌کند زیرا در این زوایا سقف اتومبیلها به مانند صافی عمل نموده و از اثر نامناسب نور بر روی چشم رانندگان می‌کاهد.

۱-۸ خطرات پایه‌های روشنایی

بسیاری از تصادفات بر اثر خروج وسایل نقلیه از مسیر اصلی آن رخ می‌دهد و در این صورت اگر وسیله نقلیه با پایه روشنایی برخورد کند صدمات وارده به سرنشینان آن افزایش خواهد یافت. تعداد چنین برخوردهایی را می‌توان با افزایش فاصله پایه از لبه جاده کاهش داد. جدول (۱-۱) حاوی توصیه‌هایی در ارتباط با حداقل فاصله نصب پایه روشنایی از کناره راه با در نظر گرفتن سرعت طراحی شده برای راه می‌باشد. باید توجه داشت که عقب روی پایه باید به اندازه‌ای باشد که مانعی در عبور و مرور افراد نابینا و ویلچرها در پیاده‌رو ایجاد نکند. در بعضی مواقع مناسب‌تر است که چراغها بر روی بازوهایی که به دیوار متصل می‌شود نصب گردد. البته در صورتی که از نظر اجرایی امکان‌پذیر باشد.

پایین‌ترین نقطه چراغ یا بازو که تصویر آن بر سطح زمین در محدوده پیش‌آمدگی پایه و یا در محدوده‌ای که در جدول مزبور ذکر شده است، قرار گیرد باید از سطح راه حداقل ۵/۷ متر فاصله عمودی داشته باشد.

جدول ۱-۱- حداقل فاصله نصب پایه روشنایی از کناره راه

سرعت طراحی شده برای راه (کیلومتربرساعت)	حداقل فاصله پایه از لبه راه (متر)
۵۰	۰/۸
۸۰	۱ (توصیه شده ۱/۵)
۱۰۰	۱/۵
۱۲۰	۱/۵

توجه- در راههای شریانی درجه ۱ مقصود از لبه راه، لبه کناری شانه راه بوده ولی در سایر راهها، لبه راه همان لبه سواره‌رو راه می‌باشد.

۱-۸-۱ استفاده از حفاظ برای پایه‌های روشنایی معابر

در راههای شریانی درجه ۱، به منظور کاهش خسارات ناشی از برخورد وسایل نقلیه با پایه‌های روشنایی، اکیداً توصیه می‌شود که از حفاظ مناسب همچون گاردریل استفاده شود.

۱-۹ نگهداری سیستم روشنایی

به منظور بهره‌برداری مناسب از سیستم روشنایی باید تمیز کردن چراغها و جایگزینی لامپها همواره انجام شود. برنامه‌های نگهداری باید شامل جایگزینی لامپهای معیوب، تمیز کردن چراغ، کنترل و تعویض قطعات معیوب، روغن‌کاری، رنگ زدن پایه‌ها و بازرسیهای شبانه باشد. جدا از عدم کارکرد مناسب قطعات مختلف چراغ که با تمیز کردن مرتفع می‌شود، بعضی از قطعات آن به علت به پایان رسیدن عمر مفید، از کار افتاده و یا کارآیی خود را از دست می‌دهد. بنابراین حفظ و نگهداری میزان روشنایی در حد نرمال آن ممکن است نیاز به جایگزینی تجهیزات نورپردازی و حتی در بعضی اوقات

کل مجموعه چراغ داشته باشد. همچنین علاوه بر انجام بازرسی در دوره‌های زمانی کوتاه‌مدت، در دوره‌های زمانی بلندمدت که طول آن از ۵ سال تجاوز ننماید، باید با انجام آزمونهای ضرور و اندازه‌گیریهای لازم در محل، صحت عملکرد سیستم روشنایی بررسی و تحقیق شود.

۱-۹-۱ جایگزینی لامپها

دستورالعمل نحوه جایگزینی لامپها بستگی به سیاست شرکتهای توزیع برق، هزینه و نوع لامپ مورد استفاده دارد. برای انتخاب روش مناسب برای انجام این کار، هزینه جایگزینی هر یک از لامپها پس از سوختن آن باید با هزینه جایگزینی گروهی لامپهای سوخته (بر حسب هزینه بر دیماند) مقایسه شود. در این مقایسه پارامترهای زیر باید در نظر گرفته شود:

الف- منحنی عمر لامپ در محیطی که نصب شده است؛

ب- منحنی کاهش شار نوری لامپ؛

ج- سادگی دسترسی به لامپ؛

د- ایجاد مزاحمت برای ترافیک؛

هـ- زمان لازم برای قطع نمودن سیستم روشنایی؛

و- دوره زمانی تمیز کردن چراغها؛

ز- میزان قابل قبول قطع سیستم روشنایی به منظور انجام عملیات جایگزینی؛

ح- دسته‌بندی قطع سیستم روشنایی در محلهای مختلف به منظور انجام عملیات جایگزینی؛

ط- دوره زمانی بازدیدهای کنترل کردن ایمنی سیستم روشنایی از نظر الکتریکی.

۱-۱۰ ساعات بهره‌برداری از سیستم روشنایی

سیستم روشنایی معابر عموماً از سی‌دقیقه پس از غروب آفتاب تا سی‌دقیقه پیش از طلوع آن، بدون توجه به جریان ترافیک، باید مورد بهره‌برداری قرار گیرد. البته باید توجه داشت که بر اساس سیاستهای محلی، زمان یاد شده می‌تواند تغییر کند ولی به هر حال از آنجا که سیستم روشنایی علاوه بر تامین نور کافی برای رانندگان، امنیت عمومی و نور لازم برای افراد پیاده را نیز فراهم می‌نماید، لذا کمبود روشنایی در ساعاتی که هوا تاریک است، ملاحظات یاد شده را متاثر خواهد کرد. همچنین، خاموش نمودن بعضی از چراغها در زمانی‌که از حجم ترافیک کاسته می‌شود ممکن است خطر برخورد وسایل نقلیه با پایه‌ها را افزایش دهد.

فصل دوم

طبقه‌بندی راههای شهری

مقدمه

به منظور تامین روشنایی معابر نیاز به تعیین درخشندگی یا شدت روشنایی متوسط برای معابر مختلف می‌باشد. به همین منظور ابتدا باید اقدام به طبقه‌بندی معابر شهری نموده و سپس برای هر معبر، درخشندگی یا شدت روشنایی مطلوب مشخص شود. بنابراین این فصل به طبقه‌بندی معابر شهری اختصاص دارد.

به کمک این طبقه‌بندی می‌توان هر یک از راهها را در یک گروه خاص قرار داد و ضوابط مربوط به آن گروه را برای راه مورد نظر به کار برد. این طبقه‌بندی بر اساس آیین‌نامه طراحی راههای شهری، مصوب شورای عالی شهرسازی و معماری [۸]، انجام شده و ضوابط و مقررات تامین روشنایی راهها و خیابانها نیز بر مبنای همین طبقه‌بندی تعیین گشته است. بنابراین آشنایی با این طبقه‌بندی به منظور طراحی سیستم روشنایی معابر کاملاً ضروری است.

۲-۱ تعریفها

۲-۱-۱ راه و خیابان

مجموعه‌ای است که برای عبور وسایل نقلیه موتوری، دوچرخه، و پیاده ساخته می‌شود. به راه، در داخل آبادانیها، خیابان نیز اطلاق می‌شود، مگر در مورد راههایی که عملکرد برون شهری دارد ولی از داخل این مناطق می‌گذارد (راههای شریانی درجه ۱) که اطلاق خیابان به آن معمول نیست.

۲-۱-۲ راه شریانی

راهی است که در طراحی و بهره‌برداری از آن، به نیازهای وسایل نقلیه موتوری برتری می‌دهند. برای رعایت این برتری، عبور پیاده‌ها از عرض راه کنترل و تنظیم می‌شود.

۲-۱-۳ خیابان محلی

خیابانی است که در طراحی و بهره‌برداری از آن نیازهای وسایل نقلیه موتوری، دوچرخه‌سوار و پیاده با اهمیت یکسان رعایت می‌شود. برای رعایت حال پیاده و دوچرخه، سرعت وسایل نقلیه موتوری در این خیابانها پایین نگهداشته می‌شود.

۲-۱-۴ هسته شهری

قطعه‌ای از شهر است که هیچ راه شریانی از داخل آن نمی‌گذرد.

۲-۱-۵ راه شریانی درجه ۱

راهی است که در طراحی و بهره‌برداری از آن، به جابجایی وسایل نقلیه موتوری برتری داده می‌شود. برای رعایت این برتری، دسترسی وسایل نقلیه موتوری و همچنین عبور پیاده‌ها از عرض راه تنظیم می‌شود. راههای شریانی درجه ۱ دارای عملکرد برون‌شهری است. این گونه راهها با اعمال درجات مختلفی در کنترل دسترسی، به آزادراه، بزرگراه و راه عبوری دسته‌بندی می‌شود.

۲-۱-۶ آزاد راه

راهی است که در تمام طول آن ترافیک دو طرف به طور فیزیکی از یکدیگر جداست و جریان ترافیک در آن بدون وقفه (آزاد) است؛ یعنی، وسایل نقلیه موتوری، جز در تصادفها و راه‌بندانها، ناچار به توقف نمی‌شود. برای تامین چنین وضعیتی، تقاطع همسطح اجازه داده نمی‌شود و نحوه صحیح ورود و

خروج وسایل نقلیه طراحی می‌شود.

۲-۱-۷ بزرگراه

راهی است که ترافیک دو طرف آن به طور فیزیکی از یکدیگر جداست، و در طولهای قابل ملاحظه‌ای از آن می‌توان جریان ترافیک را پیوسته فرض کرد. برای تامین چنین وضعیتی، نحوه صحیح ورود و خروج وسایل نقلیه طراحی می‌شود. بزرگراه می‌تواند معدودی تقاطع همسطح داشته باشد به شرطی که فاصله تقاطعها ا ز یکدیگر حداقل ۲/۵ کیلومتر باشد.

۲-۱-۸ راه عبوری

ادامه راههای برون‌شهری دوخطه دوطرفه در داخل شهرها (شهرهای معمولاً کوچک و متوسط) یا روستاها است به شرط آن که عملکرد عبوری آن در داخل شهر یا روستا نیز حفظ شود. برای حفظ این عملکرد، ورود و خروج وسایل نقلیه به آن کاملاً تنظیم و طراحی می‌شود و فاصله تقاطعهای همسطح آن از یکدیگر کمتر از حدود ۲/۵ کیلومتر است.

۲-۱-۹ راه شریانی درجه دو

راهی است که در طراحی و بهره‌برداری از آن، به جابجایی و دسترسی وسایل‌نقلیه موتوری برتری داده می‌شود. برای رعایت این برتری، حرکت پیاده‌ها از عرض خیابان کنترل می‌شود. راههای شریانی درجه ۲ دارای عملکرد درون شهری است و شبکه اصلی راههای درون‌شهری را تشکیل می‌دهد.

۲-۱-۱۰ سرعت مجاز

حداکثر و یا حداقل سرعتی است که رانندگان وسایل نقلیه، به موجب قوانین و مقررات موظف به رعایت آن هستند.

۲-۱-۱۱ سرعت طرح

حداکثر سرعت ایمن وسایل نقلیه در بهترین وضعیت جوی و ترافیکی است. سرعت طرح، مبنای طرح هندسی راه است.

۲-۲ طبقه‌بندی راههای شهری

معابر شهری از نظر تامین روشنایی آن از دو نقطه نظر متفاوت به شرح زیر طبقه‌بندی می‌شود:

الف- مشخصات شبکه راههای شهری

ب- نوع بافت شهری اطراف معبر

۲-۲-۱ طبقه‌بندی معابر شهری از نقطه نظر مشخصات شبکه را ههای شهری

این طبقه‌بندی با توجه به عوامل و مشخصه‌های زیر صورت می‌گیرد:

الف- از نظر عملکرد ترافیکی

ب- از نظر نحوه تعیین مشخصات هندسی معبر

ج- از نظر نقشهای راههای شهری در فعالیتهای روزمره شهری و محیط اطراف آن

۲-۲-۱-۱ عملکرد ترافیکی

طراحی شبکه راههای شهری و طرح‌ریزی یا ساماندهی آبادانیهای اطراف آن (شهرسازی) باید به صورت یکپارچه انجام گیرد. بدون رعایت این یکپارچگی، آبادانیهای جدید گرفتار مشکلات ترافیکی بافتهای پر خواهد شد و طرحهای ساماندهی بافتهای پر به نتایج مورد نظر دست نخواهد یافت. لذا در این راستا، طرح‌ریزی با هم شهر و شبکه به طبقه‌بندی نیاز دارد که بی آنکه وارد جزئیات شهرسازی و مهندسی ترافیک شود، بتواند این دو تخصص متفاوت را بر پایه مفاهیمی مشترک به یکدیگر مرتبط کند.

علاوه بر این، طبقه‌بندی باید برای رانندگان وسایل نقلیه موتوری گویا باشد. طبقه‌بندی روشن به رانندگان آموزش می‌دهد که سرعت وسیله نقلیه خود را

با عملکرد ترافیکی راه متناسب کنند. همچنین، ساده و گویا بودن طبقه‌بندی جهت‌یابی در شهر را آسانتر می‌کند.

بر این مبنا، راههای شهری از نظر عملکرد ترافیکی آن به دو طبقه‌بندی کلی تقسیم می‌شود:

الف- شریانی

ب- محلی

۲-۲-۱-۲ مشخصات هندسی معبر

از نظر نحوه تعیین مشخصات هندسی، راههای شهری به سه گروه کلی و متمایز از یکدیگر طبقه‌بندی می‌شود:

الف- راههای شریانی درجه ۱

ب- راههای شریانی درجه ۲

ج- خیابانهای محلی

۲-۲-۱-۳ نقشهای مختلف راههای شهری

برای راههای شهری شش نقش اصلی، به شرح زیر، مورد نظر است:

الف- فراهم آوردن امکان جابجایی سریع برای وسایل نقلیه موتوری (نقش جابجایی)

ب- فراهم آوردن امکان دسترسی وسایل نقلیه موتوری به بناها و تاسیسات (نقش دسترسی)

ج- ایجاد بستری برای ارتباطهای اجتماعی نظیر کار، گردش، بازی و ملاقات (نقش اجتماعی)

د- شکل دادن به ساختار معماری (نقش معماری شهری)

هـ- تاثیر در آب و هوای محیط اطراف راه (نقش تاثیرات آب و هوایی)

و- تاثیر در اقتصاد شهر (نقش اقتصادی)

برای راهها معمولاً بیش از یک نقش مورد نظر است و بعضی از این نقشها با یکدیگر در تعارض خواهد بود.

تعیین گروه‌بندی و همچنین تعیین اجزای راه، در هنگام طراحی آن و با توجه به همه نقشهایی که عملاً برای آن در نظر گرفته می‌شود، صورت می‌پذیرد. از شش نقش فوق، سه نقش جابجایی، دسترسی، و اجتماعی، معیارهای اصلی طبقه‌بندی راههای شهری است.

- نقش جابجایی را می‌توان با سرعت و میزان ترافیک موتوری سنجید. هر چه تعداد زیادتری وسایل نقلیه بتواند با سرعت بیشتری جابجا شود، نقش جابجایی راه بیشتر است.

- نقش دسترسی را می‌توان بر حسب تعداد دسترسیها و امکانات پارکینگ حاشیه‌ای سنجید. هر چه تعداد تقاطعها و ورودیها و خروجیهای راهی زیادتر باشد، نقش دسترسی آن بیشتر است. همچنین، مجاز بودن پارکینگ حاشیه‌ای به معنای بیشتر بودن نقش دسترسی است. جابجایی و دسترسی با یکدیگر در تعارض است، و با افزایش نقش یکی، از نقش دیگری کاسته می‌شود.

- نقش اجتماعی خیابان را می‌توان بر حسب میزان جداکنندگی آن سنجید. هر چه پیاده‌ها و دوچرخه‌سواران بتوانند آسانتر از عرض خیابان عبور کنند، نقش اجتماعی خیابان بیشتر است. نقش اجتماعی با نقش جابجایی به شدت تعارض دارد. هر چه عرض سواره‌رو، سرعت، و حجم ترافیک موتوری زیادتر باشد، آزادی حرکت پیاده‌ها از عرض خیابان کمتر است.

طبقه‌بندی راههای شهری بر اساس اهمیت هر یک از سه نقش فوق‌الذکر و با توجه به تقسیم‌بندی مشخصه‌های هندسی آن، به شرح زیر تعریف می‌شود:

الف- در راههای شریانی درجه ۱، جابجایی تنها نقش اصلی است و نقشهای دسترسی و اجتماعی به نفع آن تنظیم می‌شود.

ب- در راههای شریانی درجه ۲، نقشهای جابجایی و دسترسی هر دو اصلی است، و نقش اجتماعی راه به نفع این دو نقش تنظیم می‌شود.

ج- در خیابانهای محلی، هر سه نقش جابجایی، دسترسی و اجتماعی اصلی است، و به آن توجه یکسان می‌شود. از آنجا که به طور طبیعی غلبه با وسایل نقلیه موتوری است، رعایت نقش اجتماعی ایجاب می‌کند که سرعت و حجم ترافیک موتوری به شدت کنترل شود.

۲-۲-۱-۴ راههای شریانی درجه ۱

۲-۲-۱-۴-۱ نقش جابجایی

در راههای شریانی درجه ۱، بـه نقـش جابجـایی برتـری اصلـی داده می‌شـود. بنابراین عملکـرد اصلـی راههـای شـریانی درجـه ۱ عبارتسـت از ارتبـاط دادن مناطق دور شهرهای بزرگ با یکدیگر، و اتصال شبکه راههای درون شهری آن به شبکه راههـای بـرون شـهری. در شـهرهای کوچـک، راه شـریانی درجـه ۱ معمولا بخشی از شبکه راههای برون شهری بـه حسـاب می‌آیـد کـه از داخـل شهر می‌گذرد (در صورتی که عملکرد اصلی آن یعنی جابجـایی سـریع، حفـظ شده باشد). حداکثر سرعت مجاز در راههای شریانی درجـه ۱ بیـن ۷۰ تـا ۹۰ کیلومتر در ساعت تعیین می‌شود.

۲-۲-۱-۴-۲ نقش دسترسی

کنترل دسترسیها اساسی‌ترین مشخصه هندسی این راههاست . در ایـن راههـا، پارکینگ حاشیه‌ای مجاز نیست. تقاطعهای همسطح نیز برای ایـن گونـه راههـا مناسب نمی‌باشد و در مواردی که بناچار از این نوع تقاطعها استفاده شود بـاید حتی‌المقدور به تعداد کـم و فواصـل زیـاد باشـد. همچنیـن شـمار ورودیهـا و خروجیها باید محدود بوده و چنان طراحی شود که ترافیک ورودی و خروجی موجب وقفه در ترافیک عبوری نشـود. بـه ایـن ترتیـب، کنـترل دسترسـیها بـه نحوی است که می‌توان در طولهای قابل ملاحظه‌ای از راه، جریـان ترافیـک را پیوسته فرض کرد.

با اعمال درجات مختلفی از کنترل دسترسی، راههای شریانی درجه ۱ به انـواع زیر دسته‌بندی می‌شود:

الف) آزاد راه

ب) بزرگراه

ج) راه عبوری

هر سه نوع راه شریانی درجه ۱ قبلاً تعریـف شـده اسـت . در اینجـا توضیـح بیشتری در مورد راههای عبوری، یعنی ادامه راههای دو خطـه دو طرفـه بـرون شـهری در داخـل شـهرها، داده می‌شـود. راههـای بـرون شـهری، صرفنظـر از

استاندارد هندسی آن دارای عملکرد شریانی درجه ۱ می‌باشد، اما، آن دسته از این راهها که جزء آزاد راه و بزرگراه محسوب نمی شود، معمولا هنگام عبور از داخل شهرها، به دلیل عدم کنترل دسترسیها، عملکرد شریانی درجه ۱ خود را از دست می‌دهد و به صورت راه شریانی درجه ۲ یا محلی در می‌آید. بنابراین در صورتی که کنترل دسترسی به راههای دو خطه دو طرفه حداقل در حدود استانداردهای کنترل دسترسی برای بزرگراهها در نظر گرفته شد؛ جریان ترافیک پیوستگی و سرعت خود را حفظ می‌کند و این راهها در داخل شهرها نیز به صورت شریانی درجه ۱ عمل خواهد کرد.

۲-۲-۱-۴-۳ نقش اجتماعی

نقش اجتماعی با عملکرد اصلی راههای شریانی درجه ۱ عمیقاً تضاد دارد و برای این راهها هیچ نقش اجتماعی در نظر گرفته نمی‌شود. این راهها مانند کانال جدا کننده‌ای، ارتباط بین دوطرف خود را قطع می‌کند. برای کنترل کردن نقش اجتماعی راههای شریانی درجه ۱، پیاده‌ها و دوچرخه‌سواران نباید، جز به صورت غیر همسطح، از عرض راه بگذرند.

۲-۲-۱-۵ راههای شریانی درجه ۲ (خیابانهای شریانی)

۲-۲-۱-۵-۱ نقش جابجایی و دسترسی

در راههای شریانی درجه ۲، جابجایی یک نقش اصلی است ولی، برخلاف راههای شریانی درجه۱، تنها نقش اصلی نیست و باید با نقش دسترسی که آن هم اصلی است رقابت کند. به دلیل تعارضی که بین نقشهای دسترسی و جابجایی وجود دارد، هر چه دسترسی بیشتری فراهم شود،از کارایی راه در جابجا کردن وسایل نقلیه کاسته می‌شود. سرعت مجاز حرکت وسایل نقلیه در راههای شریانی درجه ۲، بین ۴۰ تا ۶۰ کیلومتر در ساعت تعیین می‌شود.

راههای شریانی درجه ۲، شبکه اصلی ارتباطی درون شهری را تشکیل می‌دهد. چنین شبکه‌ای، تا حدی که برای محدود نگهداشتن تعداد دسترسیها در این راهها ضرورت دارد، می‌تواند ساختاری سلسله مراتبی داشته باشد.

در ساختار سلسله مراتبی، خیابانهای شریانی کم اهمیت‌تر (با طول کوتاهتر و

حجم ترافیک کمتر) از خیابانهای مهمتر (باطول و حجم ترافیک بیشتر) منشعب می‌شود. اجزای ساختار مراتبی را می‌توان به ترتیب اهمیت با نامهای اصلی و فرعی (انشعابی) مشخص کرد. وجود سلسله مراتب در شبکه راههای شهری، نه بدلیل ساخت خوشه‌ای ارتباطات شهری، بلکه بدلیل تعارض دو نقش جابجایی و دسترسی با یکدیگر است . به عبارتی دیگر، ساختار سلسله مراتبی راهها به خودی خود ضابطه‌ای نیست که در نظر گرفتن همه مراتب آن در همه جا ضروری باشد؛ بلکه، رعایت کردن ضوابط کنترل دسترسیها ممکن است چنین ساختاری را به شبکه راههای شهری بدهد.

شبکه راههای شریانی درجه ۲، به راههای شریانی درجه ۱ و بین شهری، شبکه خیابانهای محلی و سایر جاذبه‌های مهم ترافیکی متصل می‌شود.

۲-۲-۱-۵-۲ نقش اجتماعی

در راههای شریانی درجه ۲، برتری به جابجایی و دسترسی وسایل نقلیه موتوری داده می‌شود.چون نقش اجتماعی با نقش جابجایی در تعارض است، باید از ظهور وضعیتی که چنین نقشی را به خیابان تحمیل می‌کند جلوگیری شود. زیرا اگر خیابان دارای نقش اجتماعی شود، از انجام نقشهای اصلی‌ای که برای آن احداث شده باز می‌ماند.

برای کنترل نقش اجتماعی در راههای شریانی درجه ۲، دو دسته راه حل وجود دارد:

الف) کنترل نوع کاربریهای اطراف و میزان تراکم آن

ب) تنظیم عبور پیاده‌ها از عرض خیابان

در طراحی آبادانیهای جدید، ساماندهی بافتهای پر، و تغییر کاربریها باید کاربریهای در اطراف خیابانهای شریانی قرار داده شود که سفرسازی کمتری دارد. مخصوصاً باید رعایت شود که فعالیتهای مربوط به کاربریهای واقع در یک سمت خیابان با فعالیت کاربریهای سمت دیگر ارتباط کمی داشته باشد.

عبور پیاده‌ها از عرض راههای شریانی درجه ۲ باید تنظیم شود. نحوه تنظیم و نوع تاسیسات عبور پیاده‌ها، به حجم و سرعت ترافیک موتوری و همچنین به میزان آمد و شد پیاده‌ها از عرض خیابان بستگی دارد. برای ایمنی و تنظیم

عبور پیاده‌ها از خط کشی، تابلو، چراغ راهنما، چراغ مخصوص پیاده‌ها، روگذر یا زیرگذر و نرده‌کشی استفاده می‌شود.

۲-۲-۱-۶ خیابانهای محلی

حرکت وسایل نقلیه موتوری در خیابانهای محلی باید بنحوی تنظیم شود که این خیابانها به صورت عامل جداکننده‌ای در نیاید.

۲-۲-۱-۶-۱ نقش جابجایی

سرعت حرکت وسایل نقلیه در خیابانهای محلی، باید کم و به اندازه‌ای باشد که خیابان بتواند به نقش اجتماعی خود عمل کند. حداکثر سرعت مجاز برای خیابانهای محلی واقع در مناطق مسکونی و تجاری و سایر مناطق پرآمد و رفت پیاده‌ها، ۳۰ کیلومتر در ساعت تعیین می‌شود.

۲-۲-۱-۶-۲ نقش دسترسی

یکی از نقشهای اصلی خیابانهای محلی، فراهم آوردن دسترسی برای وسایل نقلیه موتوری است. اما این نقش، باید با توجه به ونقش اجتماعی خیابان و نیازهای محیطی هسته شهری تنظیم شود. برای این منظور، شبکه خیابانهای محلی باید طوری طراحی شود که وسایل نقلیه موتوری که کاری در محل ندارد، از پارکینگ حاشیه‌ای این خیابانها استفاده نکند.

ممکن است تنظیم دسترسیها و همچنین رعایت شرایط زیست محیطی ایجاب کند که شبکه خیابانهای محلی، در داخل هسته‌های شهری بزرگتر، از یک ساختار سلسله مراتبی پیروی کند. به این معنی که خیابانهای محلی کم اهمیت‌تر (با طول کوتاهتر و حجم ترافیک کمتر) از خیابانهای مهمتر (با طول و حجم ترافیک بیشتر) منشعب شود. اجزای ساختار سلسله مراتبی را می‌توان به ترتیب اهمیت با نامهای اصلی و فرعی (انشعابی) مشخص کرد.

۲-۲-۱-۶-۳ نقش اجتماعی

در خیابانهای محلی، پیاده‌ها مجازند در هر نقطه‌ای که بخواهند از عرض خیابان عبور کنند. به منظور آسان و ایمن کردن عبور پیاده‌ها از عرض خیابانهای محلی، عرض سواره رو این خیابانها کم گرفته می‌شود. حداکثر ظرفیت در خیابانهای محلی نه بر اساس راحتی عبور وسایل نقلیه موتوری، بلکه با رعایت حال پیاده‌ها در عبور از عرض خیابان تعیین می‌شود.

در خیابانهای محلی، دوچرخه‌ها و وسایل نقلیه موتوری می‌تواند به طور مشترک از سواره‌رو استفاده کند. اما پیاده‌روها عموماً مشخص و جدا از سواره‌رو است. درخیابانهایی که ترافیک موتوری، دو چرخه‌ها و پیاده‌ها از سطح مشترکی استفاده می‌کنند (کوچه‌ها)، حداکثر سرعت مجاز وسایل نقلیه موتوری ۱۵ کیلومتر در ساعت تعیین می‌شود. چنین خیابانهایی باید با طرح متفاوت خود از سایر خیابانهای محلی متمایز شود.

۲-۲-۱-۷ معیارهای طبقه‌بندی معابر شهری

با توجه به مطالب فوق، مشاهده می‌گردد که معیارهای طبقه‌بندی معابر شهری بر مبنای سرعت مجاز و همچنین نحوه کنترل فعالیتهای اصلی در راههای شهری می‌باشد. این معیارها، درجداول (۲-۱) و (۲-۲) جمع‌بندی گردیده است.

جدول ۲-۱- کنترل فعالیتهای اصلی در راههای شهری

فعالیت	طبقه‌بندی راه		
	شریانی درجه ۱	شریانی درجه ۲	محلی
جابجایی پیاده‌ها	کاملاً مجزا	مجزا	مجزاودرمواردی‌مشترک
جابجایی دوچرخه‌ها	کاملاً مجزا	مجزا	مشترک
عبور پیاده‌ها از عرض راه	غیرهمسطح	غیرهمسطح، چراغ راهنماوخط‌کشی	بدون کنترل
مسیرهای وسایل نقلیه عمومی	مسیرهای‌سریع‌السیر	مسیرهای اصلی و فرعی	توصیه نمی‌شود
ایستگاههای‌وسایل‌نقلیه‌عمومی	کاملاً جدا از سواره‌رو	چسبیده به سواره‌رو	توصیه نمی‌شود
حرکت کامیونها	آزاد	آزاد	کنترل‌شده و محدود به نیازهای محلی
پارکینگهای حاشیه‌ای	ممنوع	توصیه نمی‌شود	تنظیم شده

جدول ۲-۲- سرعتهای مجاز و سرعتهای پیشنهادی برای انواع راههای شهری

طبقه‌بندی راه	سرعت مجاز (کیلومتر در ساعت)	سرعت طرح (کیلومتردر ساعت)
راههای شریانی درجه ۱	۷۰ تا ۹۰	۸۰ تا ۱۰۰
راههای شریانی درجه ۲ (خیابانهای شریانی)	۴۰ تا ۶۰	۵۰ تا ۷۰
خیابانهای محلی	۳۰ و کمتر	۳۰ و کمتر

۲-۲-۲ بافت شهری اطراف معبر

یکی دیگر از معیارهای طبقه‌بندی معابر برای تامین روشنایی آن، بافت شهری اطراف معبر می‌باشد. زیرا که با توجه به نوع بافت شهری موجود در اطراف معبر و کاربردی آن، میزان تردد (پیاده و سواره) و میزان نیاز به نور معبر تغییر می‌کند. برای مشخص کردن این طبقه بندی، تقسیم بندی زیر صورت می‌گیرد:

الف- منطقه تجاری

ب- منطقه تجاری - مسکونی

ج- منطقه مسکونی

۳-۲-۲ نتیجه‌گیری

با توجه به موارد ذکر شده، مشاهده می‌شود که طبقه‌بندی معابر برای تامین روشنایی آن از دو نقطه نظر متفاوت صورت می‌گیرد:

الف- مشخصات شبکه راههای شهری

ب- نوع بافت شهری اطراف معبر

نتیجتاً" برای طبقه‌بندی نهایی راههای شهری باید ترکیب دو نوع تقسیم‌بندی فوق را در نظرگرفت که به صورت جدول (۲-۳) می‌باشد.

جدول ۲-۳- طبقه‌بندی معابر شهری برای تامین روشنایی

نوع راه	نوع منطقه
شریانی درجه ۱- آزادراه	تجاری
	تجاری- مسکونی
	مسکونی
شریانی درجه ۱- بزرگراه	تجاری
	تجاری- مسکونی
	مسکونی
شریانی درجه ۲- اصلی	تجاری
	تجاری- مسکونی
	مسکونی
شریانی درجه ۲- فرعی	تجاری
	تجاری- مسکونی
	مسکونی
محلی	تجاری
	تجاری- مسکونی
	مسکونی

(توجه- در طبقه‌بندی معابر شهری، با توجه به مفاد بند (۲-۲-۱-۴-۲)، "راه‌عبوری" مانند "بزرگراه" در نظر گرفته می‌شود).

فصل سوم

طراحی روشنایی راههای شریانی درجه ۲

مقدمه

در این فصل، دستورالعملها، معیارها و ضوابط مورد استفاده در طراحی روشنایی راههای شریانی درجه ۲ بیان شده است. اصول، روشها و ضوابط کلی گفته شده در این فصل، در فصول بعدی و برای طراحی روشنایی راههای شریانی درجه ۱ و محلی نیز مورد استفاده قرار خواهد گرفت.

۳-۱ دامنه کاربرد

این فصل، حاوی توصیه‌هایی در خصوص روشنایی راههای شریانی درجه ۲ یکطرفه تا عرض ۱۵ متر و دو طرفه تا عرض ۱۱×۲ متر می‌باشد.

۳-۲ تعریفها

۳-۲-۱ راه یکطرفه

راههایی که در آن مسیرهای رفت و برگشت به صورت فیزیکی از یکدیگر جدا نشده باشد.

۳-۲-۲ راه دو طرفه

راههایی که در آن مسیرهای رفت و برگشت به صورت فیزیکی از یکدیگر جدا شده باشد. این عمل، عموماً توسط سطوحی بالاتر از سطح راه صورت می‌گیرد. این سطوح، به نام "رفوژ وسط راه" خوانده می‌شود.

۳-۲-۳ عرض راه (W_k)

فاصله بین دو لبه معبر، عرض راه نامیده می‌شود (شکل ۱-۱).

۴-۲-۳ درخشندگی حداقل (L_{min})

کوچکترین درخشندگی بدست آمده از بین درخشندگیهای محاسبه شده برای تعدادی نقطه بر روی سطح معبر.

۵-۲-۳ درخشندگی حداکثر (L_{max})

بزرگترین درخشندگی بدست آمده از بین درخشندگیهای محاسبه شده برای تعدادی نقطه بر روی سطح معبر.

۶-۲-۳ ضریب محیط (SR)

معیاری که برای سنجش میزان روشنایی محیط اطراف راه (پیاده‌رو) تعریف گردیده و عبارت است از نسبت بین شدت روشنایی متوسط در باریکه‌ای از پیاده‌رو به عرض ۵ متر، به شدت روشنایی متوسط در باریکه‌ای از سطح راه به همان عرض که در مجاورت پیاده‌رو قرار گرفته باشد.

۳-۳ ارتفاع نصب

در راههای شریانی درجه ۲، ارتفاع نصب می‌تواند ۸ و ۱۰ و یا ۱۲ متر باشد. در شرایط خاصی، می‌توان از مقادیر دیگری برای ارتفاع نصب این راهها استفاده کرد، به عنوان مثال در محلهایی که ظاهر و نمای سیستم روشنایی نصب شده مهم باشد. در چنین حالاتی، ارتفاع نصب، با توجه به ارتفاع نصب سیستمهای روشنایی راههای مجاور تعیین می‌گردد به شرطی که ضوابط قید شده دراین فصل، در مورد روشنایی راه شریانی درجه ۲ مزبور برقرار بماند.

۱-۳-۳ ارتفاع نصب ۸ متر

ارتفاع نصب ۸ متر برای موارد زیر توصیه می‌شود:

الف- در راههای اصلی که تقاطعهای زیادی وجود داشته باشد به طوری که با افزایش ارتفاع نصب، تعداد پایه‌های مورد نیاز کم نگردد.

ب- در راههایی که استفاده از ارتفاع بیشتر باعث ناهمخوانی پایه با ساختمانهای اطراف شود.

ج- در راههای فرعی باریکتر همچون راههای محلی و راههای دسترسی به مناطق مسکونی که درآن ارتفاع نصب کمتر از ۱۰ یا ۱۲ متر و بیشتر از ۵ یا ۶ متر مناسبتر باشد.

۲-۳-۳ ارتفاع نصب ۱۰ متر

ارتفاع نصب ۱۰ متر برای موارد زیر توصیه می‌شود.

الف- در راههای اصلی

ب- در راههایی که استفاده از ارتفاع بیشتر (۱۲ متر) باعث ناهمخوانی پایه با ساختمانهای اطراف شود.

ج- در راههای عریض و پرترافیک دارای پیچ و خم و تقاطعهای زیاد. در این صورت، فاصله نصب پایه‌ها کم بوده و نتیجتاً پایه‌های ۱۲ متری کاربردی نخواهد داشت.

۳-۳-۳ ارتفاع نصب ۱۲ متر

ارتفاع نصب ۱۲ متر برای استفاده در راههای عریض، با حجم عبور و مرور زیاد توصیه می‌شود. در این حالت، فاصله نصب پایه‌ها زیاد شده و نتیجتاً از تعداد پایه‌های مورد نیاز کاسته می‌گردد.

۴-۳ محدودیت خیرگی

در راههایی که سرعت طرح در آن زیاد است و یا در راههایی که ساختمانهای اطراف آن کم بوده و در نتیجه به دلیل عدم وجود زمینه روشن مناسب، اثر خیرگی ممکن است افزایش یابد، حداکثر آستانه افزایش (TI) ۱۵ درصد توصیه می‌شود. در سایر موارد، حداکثر آستانه افزایش نباید از ۳۰ درصد تجاوز نماید.

۳-۵ انتخاب لامپ

۳-۵-۱ نوع لامپ

با توجه به راندمان بالا و طول عمر زیاد لامپهای سدیم، برای تامین روشنایی معابر باید ترجیحاً از لامپهای بخار سدیم کم فشار و پرفشار استفاده شود. لامپ بخار سدیم کم فشار راندمان زیادی داشته و نور تکرنگ زردی نیز تولید می‌کند. لامپ بخار سدیم پر فشار با بهره‌گیری از طول عمر بیشتر، دارای نور با ترکیب رنگهای مختلف می‌باشد. استفاه از سایر انواع لامپها فقط برای کاربردهای خاصی می‌تواند مد نظر باشد.

۳-۵-۲ رنگ نور لامپ

استفاده از لامپ بخار سدیم کم فشار فقط در راههای با کاربری "جابجایی" که نیازی به نور با ترکیب رنگهای مختلف نمی‌باشد، توصیه می‌شود. در سایر راهها، از جمله راههای گذرنده از مراکز خرید و مراکز فعالیتهای اجتماعی و اقتصادی شهری و غیره، استفاده از لامپهای سدیم پرفشار که دارای ترکیب مناسب رنگ نور می‌باشد توصیه می‌گردد.

در موارد خاص، استفاده از انواع دیگر لامپها (به غیر از بخار سدیم) و در نتیجه تغییر رنگ نور، در صورتی‌که با توجه به کلیه ملاحظات انجام شده و رنگ حاصله نیز خوش رویت و یکنواخت باشد مانعی ندارد ولی اگر تغییر مذکور به صورت اتفاقی و بدون در نظر گرفتن جوانب مختلف طراحی صورت پذیرد، منجر به آشفته نمودن سیستم روشنایی می‌شود.

۳-۶ طول بازو

طول بازوی پایه باید حتی‌الامکان کوتاه باشد. باید توجه داشت که به منظور محدود کردن ارتعاش و لرزش پایه طول بازو نباید از ۲۵ درصد ارتفاع نصب بیشتر در نظر گرفته شود.

۳-۷ آرایش نصب

۳-۷-۱ راههای یکطرفه

در این راهها، یکی از سه نوع آرایش زیر استفاده می‌شود:

الف- نصب زیگزاگ برای راههای با عرض متوسط (شکل ۳-۱)

ب- نصب روبرو برای راههای با عرض زیاد (شکل ۳-۲)

ج- نصب در یک طرف برای راههای باریک و کم عرض (شکل ۳-۳) برای بعضی از عرض راهها، با توجه به نوع چراغ و لامپ انتخابی، ممکن است دو و یا هر سه روش بالا بتواند شرایط لازم برای روشنایی راه را بر آورده سازد. در این صورت، روشی که حداقل هزینه را داشته باشد باید انتخاب شود.

۳-۷-۲ راههای دو طرفه

در این نوع راهها، یکی از دو حالت زیر پیش می‌آید:

الف- عرض رفوژ وسط راه زیاد باشد.

در این حالت، روشنایی هر طرف از راه باید به صورت مستقل طراحی شود.

ب- عرض رفوژ وسط راه و همچنین فاصله بین لبه پیاده‌روهای طرفین راه از یکدیگر کم باشد.

در این حالت راه به صورت راه یکطرفه عریض در نظر گرفته شده و طراحی روشنایی نیز بر این اساس صورت می‌پذیرد. در این طراحی، می‌توان از آرایش نصب زیگزاگ (شکل ۳-۱) و یا نصب روبرو (شکل ۳-۲) استفاده کرد. همچنین برای مناطقی که رفت و آمد اشخاص پیاده در آن کم باشد می‌توان از آرایش نصب در وسط (شکل ۳-۴) استفاده کرد. در این نوع آرایش نصب، از پایه‌های دو چراغه استفاده می‌شود.

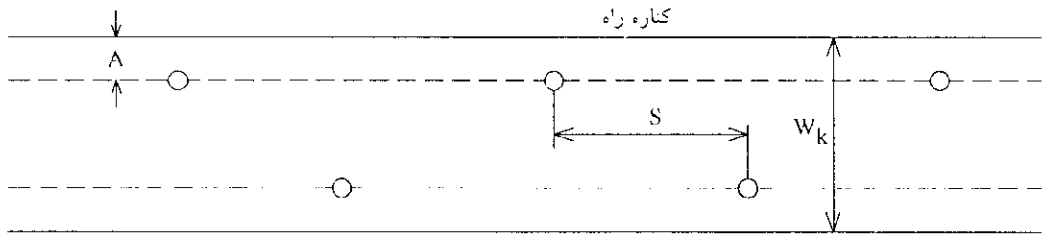
۳-۸ زاویه بازو

زاویه بازوی پایه برای نصب چراغ باید مطابق با توصیه سازنده چراغ انتخاب شود.

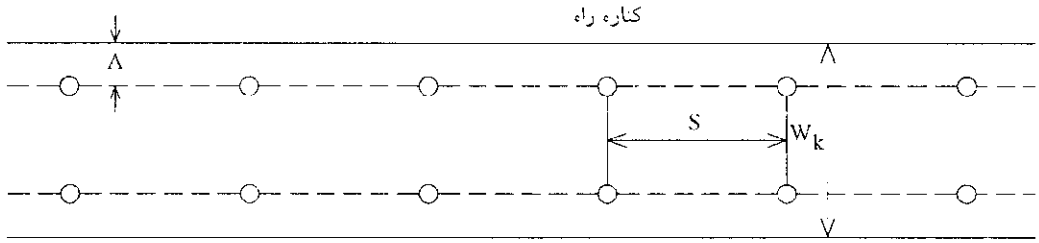
۳-۹ ضریب نگهداری چراغ

ضریب نگهداری چراغ، که تابعی از درجه حفاظت محفظه لامپ چراغ، دوره زمانی تمیز کردن چراغ و میزان آلودگی محیط است، از جدول (۳-۱) بدست می‌آید.

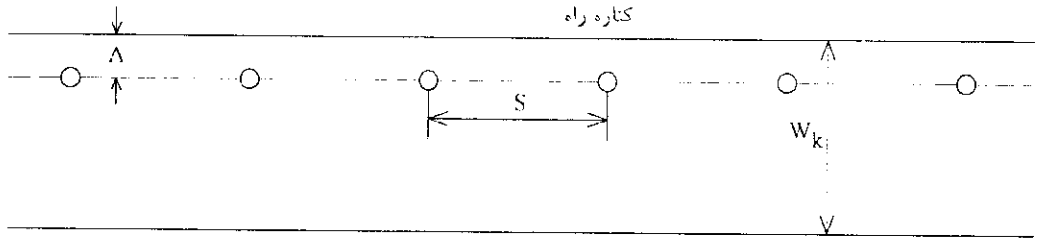
در این جدول، آلودگی محیط به سه دسته زیاد، متوسط و کم تقسیم شده است. آلودگی زیاد در مناطق مرکزی شهرهای بزرگ و همچنین مناطق صنعتی سنگین؛ آلودگی متوسط در مناطق مسکونی، شهرهای کوچکتر و مناطق صنعتی سبک (نیمه صنعتی) و آلودگی کم در مناطق روستایی و یا حومه شهرها رخ می‌دهد.



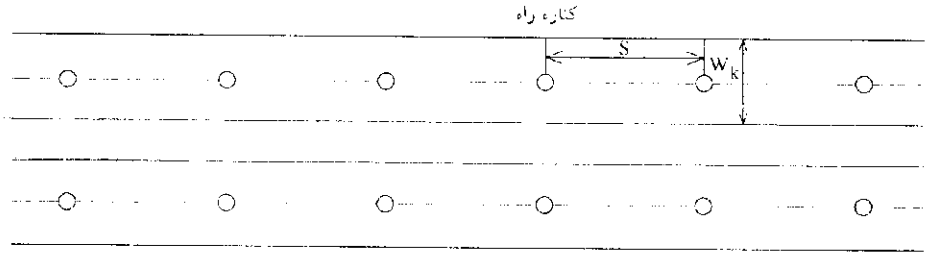
شکل ۳-۱- آرایش نصب زیگزاگ چراغهای روشنایی معابر



شکل ۳-۲- آرایش نصب روبرو چراغهای روشنایی معابر



شکل ۳-۳- آرایش نصب چراغهای روشنایی معابر در یک طرف



شکل ۳-۴- آرایش نصب در وسط چراغهای روشنایی معابر برای راههای دوطرفه

جدول ۳-۱- ضریب نگهداری چراغ

فاصله زمانی تمیز کردن (ماه)	کلاس حفاظت محفظه لامپ چراغ								
	حداقل IP2 *			حداقل IP5 *			حداقل IP6 *		
	میزان آلودگی محیط			میزان آلودگی محیط			میزان آلودگی محیط		
	زیاد	متوسط	کم	زیاد	متوسط	کم	زیاد	متوسط	کم
۱۲	۰/۵۳	۰/۶۲	۰/۸۲	۰/۸۹	۰/۹۰	۰/۹۲	۰/۹۱	۰/۹۲	۰/۹۳
۱۸	۰/۴۸	۰/۵۸	۰/۸۰	۰/۸۷	۰/۸۸	۰/۹۱	۰/۹۰	۰/۹۱	۰/۹۲
۲۴	۰/۴۵	۰/۵۶	۰/۷۹	۰/۸۴	۰/۸۶	۰/۹۰	۰/۸۸	۰/۸۹	۰/۹۱
۳۶	۰/۴۲	۰/۵۳	۰/۷۸	۰/۷۶	۰/۸۲	۰/۸۸	۰/۸۳	۰/۸۷	۰/۹۰

* برای آشنایی با کلاس حفاظت، به بخش (۱۲-۵-۴-۳) مراجعه شود.

۳-۱۰ معیارهای طراحی روشنایی کلیه معابر

۳-۱۰-۱ ایجاد روشنایی کافی در سطح راه

هدف اصلی از برپایی سیستم روشنایی معابر، ایجاد روشنایی کافی در سطح راه می‌باشد. حداقل مقدار مورد نیاز روشنایی سطح راه، بستگی به نوع آن، سرعت و حجم ترافیک شبانه راه، وضعیت مکانهای اطراف راه و کاربری آن و همچنین میزان عبور و مرور عابرین پیاده دارد.

برای سنجش میزان روشنایی سطح راه از دو معیار "درخشندگی" و" شدت روشنایی" متوسط استفاده می‌شود. از آنجا که فرایند دیدن اجسام در شب توسط رانندگان وسایل نقلیه از اختلاف بین تراکم نور و شی و سطح زمینه آن ناشی می‌گردد و رانندگان نیز معمولا" اجسام را به صورت اشیایی تیره در مقابل زمینه‌ای روشن که ناشی از درخشندگی سطح راه و محیط اطراف آن می‌باشد، مشاهده می‌کنند لذا، "درخشندگی" سطح راه، عامل تعیین‌کننده در کیفیت و چگونگی قدرت تشخیص رانندگان وسایل نقلیه و نتیجتا" معیار اصلی در تعیین میزان روشنایی راههای با کاربری اصلی "دسترسی" و "جابجایی" می‌باشد. ولی در راههایی که کاربری اصلی "اجتماعی" داشته و در آن به عبور اشخاص پیاده از عرض راه اولویت داده شده و یا برای سایر مکانها ازجمله پیاده‌روها، پیاه‌گذرها، مسیر دوچرخه و... که مخصوص عبور اشخاص پیاده و یا دو چرخه می‌باشد، معیار اصلی در تعیین میزان روشنایی، "شدت روشنایی" راه یا مسیر عبور پیاده و دوچرخه می‌باشد. زیرا در این راهها و یا مسیرها، بازتاب نورتابیده به پیاده‌ها و دوچرخه‌سواران، برای رویت آنها اهمیت دارد. میزان این بازتاب نیز به نوع لباس آنها، و نه به نوع رویه راه یا مسیر، بستگی دارد. به علاوه در این راه یا مسیرها، ایجاد احساس امنیت و آرامش برای پیاده و دوچرخه‌سواران حائز اهمیت بوده و آنها نیز در صورتی احساس آرامش می‌کنند که قادر به تشخیص چهره اشخاصی که از نزدیکی آنها می‌گذرند، باشند.

۳-۱۰-۲ یکنواختی روشنایی در سطح راه

علاوه بر ایجاد روشنایی کافی در سطح راه که با معیار "درخشندگی متوسط" و یا "شدت روشنایی متوسط" سنجیده می‌شود، روشنایی راه باید از یکنواختی قابل قبولی نیز برخوردار باشد. معیارهای سنجش یکنواختی روشنایی سطح راه، "ضریب یکنواختی کلی" و "ضریب یکنواختی طولی" می باشد.

۳-۱۰-۳ جلوگیری از خیرگی

زمانی که شعاع مستقیم نور لامپ با شدت زیاد در محور دید رانندگان و عابرین قرار گیرد، ایجاد خیرگی می‌کند. خیرگی از مسائلی است که در طراحی روشنایی، به خصوص روشنایی معابر،باید از وقوع آن جلوگیری کرد زیرا سبب کم شدن دید و ناراحتی عابرین و رانندگان گشته و خطر تصادف را به دنبال خواهد داشت. برای جلوگیری از خیرگی حاصل از چراغهای خیابانی می‌توان با افزایش ارتفاع نصب پایه، نور زیاد را از محور دید رانندگان و عابرین خارج نمود. همچنین می‌توان با استفاده از چراغهایی با آستانه افزایش کم، خیرگی را کاهش داد.

۳-۱۱ معیارهای سنجش "درخشندگی" و "شدت روشنایی" در معابر مختلف

در این بخش حداقل معیارهای سنجش "درخشندگی" و "شدت روشنایی" انواع مختلف راهها در جداول (۳-۲) و (۳-۳) آورده شده که در هر فصلی، بنا به نوع راه، معیارهای مناسب از بین آن انتخاب می‌گردد.

جدول ۳-۲- حداقل درخشندگی متوسط و ضرایب یکنواختی در معابر مختلف

نوع راه	نوع منطقه	درخشندگی متوسط (cd/m^2)	ضریب یکنواختی کلی	ضریب یکنواختی‌طولی
شریانی درجه ۱- آزادراه	همه مناطق	۰/۵۵	۰/۳۰	۰/۱۷
شریانی درجه ۱- بزرگراه	تجاری	۰/۹۰	۰/۳۳	۰/۲۰
	تجاری- مسکونی	۰/۷۵	۰/۳۳	۰/۲۰
	مسکونی	۰/۵۵	۰/۳۰	۰/۱۷
شریانی درجه ۲- اصلی	تجاری	۱/۱۰	۰/۳۳	۰/۲۰
	تجاری- مسکونی	۰/۸۰	۰/۳۳	۰/۲۰
	مسکونی	۰/۵۵	۰/۳۰	۰/۱۷
شریانی درجه ۲- فرعی	تجاری	۰/۷۵	۰/۳۳	۰/۲۰
	تجاری- مسکونی	۰/۵۵	۰/۳۰	۰/۱۷
	مسکونی	۰/۴۰	۰/۲۵	۰/۱۳
محلی	تجاری	۰/۵۵	۰/۱۷	۰/۱
	تجاری- مسکونی	۰/۵۰	۰/۱۷	۰/۱
	مسکونی	۰/۳۰	۰/۱۷	۰/۱

جدول ۳-۳- حداقل شدت روشنایی متوسط و ضرایب یکنواختی در معابر مختلف

نوع راه	نوع منطقه	شدت روشنایی متوسط (لوکس)			ضریب یکنواختی کلی	ضریب یکنواختی طولی
		رویه‌های بتنی (C1)*	رویه‌های آسفالتی (R3,C2)*	رویه‌های آسفالتی ریزدانه (R4)*		
شریانی درجه ۱- آزادراه	همه مناطق	۶	۸	۷	۰/۳۳	۰/۱۷
شریانی درجه ۱- بزرگراه	تجاری	۹	۱۳	۱۲	۰/۳۳	۰/۲۰
	تجاری- مسکونی	۷	۱۱	۹	۰/۳۳	۰/۲۰
	مسکونی	۶	۸	۷	۰/۳۳	۰/۱۷
شریانی درجه ۲- اصلی	تجاری	۱۱	۱۶	۱۴	۰/۳۳	۰/۱۷
	تجاری- مسکونی	۸	۱۲	۱۰	۰/۳۳	۰/۱۷
	مسکونی	۶	۸	۷	۰/۳۳	۰/۱۷
شریانی درجه ۲- فرعی	تجاری	۷	۱۱	۹	۰/۲۵	۰/۱۲
	تجاری- مسکونی	۶	۸	۷	۰/۲۵	۰/۱۲
	مسکونی	۴	۶	۵	۰/۲۵	۰/۱۲
محلی	تجاری	۶	۸	۷	۰/۱۷	۰/۱۲
	تجاری- مسکونی	۵	۷	۶	۰/۱۷	۰/۱۲
	مسکونی	۳	۴	۴	۰/۱۷	۰/۱۲

* مطابق با تعریف بخش (۳-۱۲-۲)

۳-۱۲ پارامترهای طراحی و محاسبات روشنایی راههای شریانی درجه ۲

۳-۱۲-۱ خاصیت انعکاس نور از سطح راه

این خاصیت، توسط مجموعه ضرایبی تعریف می‌شود که این ضرایب، برای هر نقطه از سطح راه و به ازای نور ساطع شده از یک تک چراغ، از رابطه زیر پیروی می‌کند:

$$q_{ij} = \frac{L_{ij}}{E_{ij}} \qquad (۳-۱)$$

در این رابطه:

q_{ij} : ضریب درخشندگی در نقطه i به ازای نور ساطع شده از چراغ j

L_{ij} : درخشندگی نقطه i ناشی از نور چراغ j

E_{ij} : شدت روشنایی در نقطه i ناشی از نور چراغ j

اندازه این ضریب به محل نقطه، محل مشاهده کننده، محل چراغ و نوع رویه سطح راه بستگی داشته و به ازای یک رویه مشخص، می‌تواند به صورت تابعی از زوایای مربوط به آن محلها بیان شود:

$$q = f(\alpha , \beta , \gamma) \qquad (۲-۳)$$

زوایای α و β و γ در شکل (۳-۵) مشخص شده است.

از آنجا که برای راننده خودرو، سطحی که مشاهده آن اهمیت دارد، فاصله ۶۰ الی ۱۶۰ متری جلوی خودرو می‌باشد لذا در محاسبات روشنایی معابر نیز محل ناظر در این فاصله در نظر گرفته می‌شود. در این محدوده، α بین ۰/۵ تا ۱/۵ درجه تغییر می‌کند. اندازه‌گیریها نشان داده است که این محدوده تغییرات α، تاثیری بر روی مقدار q نداشته و قابل صرفنظر می‌باشد. در نتیجه، ضریب درخشندگی (q) به صورت تابعی از دو زاویه β و γ تعریف می‌شود.

مقدار ضریب درخشندگی، به ازای هر βو γ خاص، در جداولی مشخص می‌گردد. در این جداول برای هر نقطه از سطح راه، به عوض ضریب q، ضریب درخشندگی کاهش یافته (r) داده می‌شود. ضریب درخشندگی کاهش یافته (r) به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$r = q.\ \mathrm{Cos}^3 \gamma \qquad (۳-۳)$$

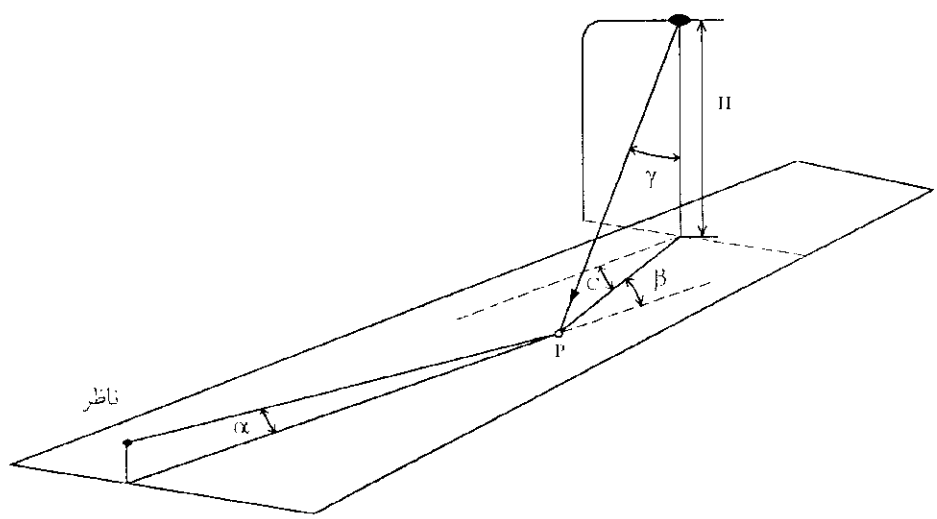
۳-۱۲-۲ تقسیم‌بندی انواع رویه‌های سطح معابر

برای محاسبه درخشندگی سطح راه نیاز به داشتن ضریب درخشندگی (q) بوده که خود، تابعی از مشخصه انعکاسی رویه سطح معبر می‌باشد. مطالعات انجام شده، نشان داده است که اکثر رویه‌های سطح معابر، از نظر نحوه انعکاس نور، ممکن است فقط در چند گروه مشخص قرار داده شده و مطابق با جدول (۳-۴) تقسیم‌بندی شود.

جدول ۳-۴- تقسیم‌بندی رویه‌های سطح معابر

گروه استاندارد CIE	ضریب Q_0 * سطح معبر	مشخصات رویه سطح راه	نوع انعکاس نور از سطح
C1	۰/۱	- رویه بتنی ساخته شده از سیمان پرتلند - رویه آسفالتی با حداقل ۱۵ درصد مواد مصنوعی افزوده شده برای روشن کردن رنگ آن (همچون کوارتزیت و ....)	پراکندگی بخش اعظم نور
C2	۰/۰۷	- رویه آسفالتی با ترکیبی متشکل از حداقل ۶۰ درصد شن و ماسه (دانه‌بندی بزرگتر از ۱۰ میلیمتر) - رویه آسفالتی با ترکیبی متشکل از ۱۰ الی ۱۵ درصد مواد مصنوعی روشن‌کننده رنگ رویه (معمولاً استفاده نمی‌شود)	پراکندگی و انعکاس توام نور
R3	۰/۰۷	- رویه آسفالتی با مواد ترکیبی تیره‌رنگ (همانند سنگ خارا و یا خاکستر آتشفشانی خرد شده) و دارای مواد پوشش‌دهنده برای صیقلی کردن سطح؛ پس از چند ماه استفاده از این رویه، سطح آن زبر می‌شود (رویه معمول در سطح بزرگراهها)	انعکاس ضعیف نور
R4	۰/۰۸	- رویه آسفالتی تیره‌رنگ با سطح کاملاً صیقلی	انعکاس بخش اعظم نور

* Q_0 نشان‌دهنده متوسط ضریب درخشندگی رویه سطح معبر می‌باشد.



شکل ۳-۵- ارتباط بین زوایای α ، β ، γ و C

۳-۱۲-۳ ضرایب درخشندگی رویه‌های مختلف سطح معابر

ضرایب درخشندگی کاهش یافته (r) برای گروههای استاندارد رویه‌های سطح معابر، مطابق با جداول (۳-۵)، (۳-۶) ،(۳-۷) و (۳-۸) می‌باشد.

روش استفاده از هر یک از این جداول به ترتیب زیر خواهد بود:

الف- با توجه به نوع رویه سطح معبر، گروه استاندارد آن تعیین شده و جدول مربوطه انتخاب شود.

ب- به ازای هر نقطه از سطح معبر، زوایای β و γ مربوط به آن تعیین گردد.

ج- با توجه به زاویه β و تانژانت زاویه γ، ضریب مربوط به آن نقطه (r_{tab}) از جدول منتخب مشخص شود.

د- ضریب r نقطه از رابطه زیر تعیین گردد:

$$r = (r_{tab} \cdot Q_0) / 10000 \qquad (۴-۳)$$

جدول ۳-۵- ضریب درخشندگی کاهش یافته (r_{lab}) مربوط به رویه سطح معبر به مشخصات زیر:

- نوع رویه : رویه بتنی - گروه استاندارد CIE : C1 - متوسط ضریب درخشندگی رویه سطح : Q_o = ۰/۱۰

توجه: تمام مقادیر در ۱۰/۰۰۰ ضرب شده است.

TANγ / β°	۰/۰۰ ۷/۵۰	۰/۲۵ ۸/۰۰	۰/۵۰ ۸/۵۰	۰/۷۵ ۹/۰۰	۱/۰۰ ۹/۵۰	۱/۲۵ ۱۰/۰۰	۱/۵۰ ۱۰/۵۰	۱/۷۵ ۱۱/۰۰	۲/۰۰ ۱۱/۵۰	۲/۵۰ ۱۲/۰۰	۳/۰۰	۳/۵۰	۴/۰۰	۴/۵۰	۵/۰۰	۵/۵۰	۶/۰۰	۶/۵۰	۷/۰۰
۰	۷۷۰۰ ۳۷۰	۷۱۰۰ ۳۴۰	۵۸۶۰ ۳۲۰	۴۶۸۰ ۲۹۰	۳۷۸۰ ۲۷۰	۳۰۸۰ ۲۶۰	۲۵۸۰ ۲۵۰	۲۱۷۰ ۲۳۰	۱۸۸۰ ۲۲۰	۱۴۵۰ ۲۱۰	۱۱۸۰	۹۷۰	۸۰۰	۷۰۰	۶۰۰	۵۲۰	۴۸۰	۴۴۰	۴۱۰
۲	۷۷۰۰ ۲۶۰	۷۰۸۰ ۲۳۰	۵۸۲۰ ۲۱۰	۴۶۷۰ ۱۹۰	۳۷۲۰ ۱۷۰	۳۰۴۰ ۱۶۰	۲۵۴۰ ۱۶۰	۲۱۴۰ ۱۵۰	۱۸۱۰ ۱۴۰	۱۳۶۰ ۱۴۰	۱۰۸۰	۸۷۰	۶۹۰	۵۸۰	۵۱۰	۴۱۰	۳۶۰	۳۲۰	۲۸۰
۵	۷۷۰۰ ۱۲۰	۷۰۳۰ ۱۱۰	۵۸۷۰ ۹۰	۴۶۵۰ ۸۰	۳۷۳۰ ۷۰	۳۰۵۰ ۶۰	۲۵۱۰ ۶۰	۲۰۵۰ ۶۰	۱۷۴۰ ۶۰	۱۲۱۰ ۵۰	۸۷۰	۶۴۰	۵۰۰	۳۷۰	۲۹۰	۲۳۰	۱۹۰	۱۷۰	۱۴۰
۱۰	۷۷۰۰ ۶۰	۷۱۰۰ ۵۰	۵۸۱۰ ۵۰	۴۵۵۰ ۴۰	۳۶۳۰ ۴۰	۲۸۵۰ ۳۰	۲۲۹۰ ۳۰	۱۸۲۰ ۳۰	۱۴۲۰ ۳۰	۹۰۰ ۳۰	۵۷۰	۳۹۰	۲۹۰	۲۱۰	۱۵۰	۱۲۰	۸۰	۷۰	۶۰
۱۵	۷۷۰۰ ۴۰	۷۱۲۰ ۴۰	۵۸۱۰ ۴۰	۴۵۷۰ ۳۰	۳۴۷۰ ۳۰	۲۷۰۰ ۳۰	۲۰۳۰ ۲۰	۱۵۳۰ ۲۰	۱۱۶۰ ۲۰	۶۶۰ ۲۰	۴۱۰	۲۶۰	۱۷۰	۱۳۰	۹۰	۷۰	۶۰	۶۰	۵۰
۲۰	۷۷۰۰ ۳۰	۷۱۰۰ ۳۰	۵۷۶۰ ۳۰	۴۴۶۰ ۳۰	۳۳۱۰ ۳۰	۲۴۴۰ ۳۰	۱۷۸۰ ۱۰	۱۲۹۰ ۱۰	۹۵۰	۵۳۰	۳۲۰	۲۰۰	۱۴۰	۱۰۰	۷۰	۶۰	۵۰	۵۰	۴۰
۲۵	۷۷۰۰ ۳۰	۷۰۸۰ ۳۰	۵۷۰۰ ۳۰	۴۳۰۰	۳۱۴۰	۲۱۸۰	۱۵۷۰	۱۱۰۰	۸۰۰	۴۶۰	۲۸۰	۱۸۰	۱۳۰	۹۰	۷۰	۶۰	۵۰	۵۰	۴۰
۳۰	۷۷۰۰	۷۰۸۰	۵۶۷۰	۴۲۰۰	۲۹۹۰	۲۰۳۰	۱۴۳۰	۱۰۰۰	۷۳۰	۴۱۰	۲۶۰	۱۷۰	۱۲۰	۸۰	۶۰	۶۰	۵۰	۵۰	۴۰
۳۵	۷۷۰۰	۷۰۷۰	۵۶۴۰	۴۱۰۰	۲۸۵۰	۱۹۳۰	۱۳۴۰	۹۵۰	۶۹۰	۳۹۰	۲۵۰	۱۶۰	۱۱۰	۸۰	۶۰	۵۰	۵۰		
۴۰	۷۷۰۰	۷۰۴۰	۵۵۶۰	۳۹۹۰	۲۷۳۰	۱۸۵۰	۱۲۸۰	۹۰۰	۶۴۰	۳۷۰	۲۳۰	۱۵۰	۱۱۰	۸۰	۶۰	۴۰			
۴۵	۷۷۰۰	۷۰۲۰	۵۴۸۰	۳۸۹۰	۲۶۳۰	۱۷۹۰	۱۲۴۰	۸۷۰	۶۲۰	۳۶۰	۲۲۰	۱۵۰	۱۱۰	۸۰	۶۰				
۶۰	۷۷۰۰	۷۰۸۰	۵۴۱۰	۳۸۳۰	۲۶۰۰	۱۷۳۰	۱۲۰۰	۸۴۰	۶۴۰	۳۶۰	۲۳۰	۱۶۰	۱۱۰	۹۰	۷۰				
۷۵	۷۷۰۰	۶۹۸۰	۵۳۱۰	۳۷۳۰	۲۵۰۰	۱۷۳۰	۱۲۰۰	۸۸۰	۶۴۰	۳۹۰	۲۵۰	۱۷۰	۱۳۰	۱۰۰	۷۰				
۹۰	۷۷۰۰	۷۰۲۰	۵۴۴۰	۳۸۴۰	۲۶۵۰	۱۸۳۰	۱۳۲۰	۹۸۰	۷۲۰	۴۴۰	۲۸۰	۱۹۰	۱۵۰	۱۲۰	۹۰				
۱۰۵	۷۷۰۰	۷۰۴۰	۵۴۶۰	۳۹۱۰	۲۷۸۰	۱۹۴۰	۱۴۰۰	۱۰۳۰	۷۸۰	۵۰۰	۳۱۰	۲۳۰	۱۷۰	۱۴۰	۱۰۰				
۱۲۰	۷۷۰۰	۷۱۴۰	۵۶۲۰	۴۱۲۰	۲۹۵۰	۲۰۷۰	۱۵۵۰	۱۱۶۰	۸۸۰	۵۵۰	۳۷۰	۲۷۰	۱۹۰	۱۶۰	۱۲۰				
۱۳۵	۷۷۰۰	۷۰۸۰	۵۶۶۰	۴۱۹۰	۳۰۵۰	۲۲۴۰	۱۶۳۰	۱۲۳۰	۹۵۰	۶۰۰	۴۱۰	۳۰۰	۲۲۰	۱۷۰	۱۴۰				
۱۵۰	۷۷۰۰	۷۲۴۰	۵۸۷۰	۴۲۷۰	۳۱۸۰	۲۳۷۰	۱۷۷۰	۱۳۴۰	۱۰۵۰	۶۶۰	۴۵۰	۳۳۰	۲۶۰	۲۰۰	۱۷۰				
۱۶۵	۷۷۰۰	۷۱۹۰	۵۸۱۰	۴۳۸۰	۳۲۳۰	۲۳۸۰	۱۷۹۰	۱۳۷۰	۱۰۸۰	۶۹۰	۴۷۰	۳۵۰	۲۷۰	۲۱۰	۱۷۰				
۱۸۰	۷۷۰۰	۷۲۳۰	۵۸۹۰	۴۴۵۰	۳۲۹۰	۲۴۵۰	۱۸۴۰	۱۳۸۰	۱۰۹۰	۷۱۰	۵۱۰	۳۷۰	۲۹۰	۲۲۰	۱۸۰				

جدول ۳-۶- ضریب درخشندگی کاهش یافته (r_{tab}) مربوط به رویه سطح معبر به مشخصات زیر:

- نوع رویه : رویه آسفالتی - گروه استاندارد C2 : CIE - متوسط ضریب درخشندگی رویه سطح : Q_o = ۰/۰۷

توجه: تمام مقادیر در ۱۰/۰۰۰ ضرب شده است.

TANγ / β°	۰/۰۰ ۷/۵۰	۰/۲۵ ۸/۰۰	۰/۵۰ ۸/۵۰	۰/۷۵ ۹/۰۰	۱/۰۰ ۹/۵۰	۱/۲۵ ۱۰/۰۰	۱/۵۰ ۱۰/۵۰	۱/۷۵ ۱۱/۰۰	۲/۰۰ ۱۱/۵۰	۲/۵۰ ۱۲/۰۰	۳/۰۰	۳/۵۰	۴/۰۰	۴/۵۰	۵/۰۰	۵/۵۰	۶/۰۰	۶/۵۰	۷/۰۰
۰	۴۷۰۰ ۱۰۰۰	۵۱۷۱ ۹۰۰	۵۴۱۴ ۸۵۷	۵۴۲۹ ۸۰۰	۵۳۱۴ ۷۵۷	۵۳۵۷ ۷۴۳	۵۰۵۷ ۶۴۳	۴۷۵۷ ۶۱۴	۴۵۴۳ ۶۲۹	۳۸۲۹ ۶۰۰	۳۲۴۳	۲۷۷۱	۲۴۰۰	۲۰۱۴	۱۸۰۰	۱۵۲۹	۱۳۴۳	۱۲۲۹	۱۱۱۴
۲	۴۷۰۰ ۵۸۶	۵۱۱۴ ۵۲۹	۵۲۵۷ ۵۲۹	۵۳۵۷ ۴۵۷	۵۳۵۷ ۴۰۰	۵۳۲۹ ۳۸۶	۵۰۲۹ ۳۲۹	۴۶۷۱ ۳۱۴	۴۴۲۹ ۳۱۴	۳۷۴۳ ۲۸۶	۳۱۰۰	۲۴۰۰	۱۹۴۳	۱۵۸۶	۱۲۸۶	۱۱۲۹	۹۲۹	۸۰۰	۷۱۴
۵	۴۷۰۰ ۲۰۰	۵۳۰۰ ۱۵۷	۵۳۵۷ ۱۴۳	۵۴۰۰ ۱۲۹	۵۳۱۴ ۱۲۹	۵۰۲۹ ۱۰۰	۴۸۰۰ ۱۰۰	۴۳۱۴ ۱۰۰	۳۸۰۰ ۱۰۰	۲۹۲۹ ۱۰۰	۲۱۰۰	۱۵۱۴	۱۰۸۶	۷۷۱	۶۱۴	۴۵۷	۳۷۱	۳۰۰	۲۴۳
۱۰	۴۷۰۰ ۱۰۰	۵۲۰۰ ۷۱	۵۳۲۹ ۷۱	۵۲۱۴ ۷۱	۵۰۵۷ ۵۷	۴۵۴۳ ۷۱	۳۸۷۱ ۵۷	۳۱۷۱ ۴۳	۲۵۷۱ ۳۳	۱۷۰۰ ۵۷	۱۰۵۷	۶۷۱	۴۸۶	۳۰۰	۲۴۳	۱۷۱	۱۴۳	۱۱۴	۱۰۰
۱۵	۴۷۰۰ ۵۷	۵۳۰۰ ۵۷	۵۲۴۳ ۵۷	۵۰۱۴ ۵۷	۴۵۰۰ ۵۷	۳۷۸۶ ۵۷	۳۰۴۳ ۴۳	۲۳۷۱ ۴۳	۱۷۲۹ ۳۳	۱۰۲۹ ۴۳	۶۰۰	۴۲۹	۲۷۱	۲۰۰	۱۴۳	۱۱۴	۱۰۰	۱۰۰	۷۱
۲۰	۴۷۰۰ ۴۳	۵۲۷۱ ۵۷	۵۱۲۹ ۵۷	۴۷۷۱ ۴۳	۳۹۵۷ ۵۷	۳۱۵۷ ۴۳	۳۴۲۹ ۴۳	۱۸۴۳ ۴۳	۱۲۸۶	۷۱۴	۴۱۴	۳۱۴	۲۰۰	۱۵۷	۱۱۴	۱۰۰	۸۶	۸۶	۷۱
۲۵	۴۷۰۰ ۵۷	۵۱۷۱ ۵۷	۵۰۰۰ ۵۷	۴۵۰۰	۳۴۷۱	۲۷۰۰	۲۰۰۰	۱۴۸۶	۱۰۷۱	۵۸۶	۳۵۷	۲۴۳	۱۸۶	۱۲۹	۱۱۴	۱۰۰	۸۶	۷۱	۷۱
۳۰	۴۷۰۰	۵۱۰۰	۴۸۵۷	۴۲۱۴	۳۱۵۷	۲۳۷۱	۱۷۲۹	۱۲۸۶	۸۸۶	۵۱۴	۳۲۹	۲۰۰	۱۵۷	۱۱۴	۱۰۰	۱۰۰	۸۶	۷۱	۷۱
۳۵	۴۷۰۰	۵۰۱۴	۴۶۸۶	۳۹۲۹	۲۹۲۹	۲۱۴۳	۱۵۵۷	۱۰۷۱	۷۷۱	۴۷۱	۳۰۰	۱۸۶	۱۴۳	۱۱۴	۸۶	۸۶	۷۱		
۴۰	۴۷۰۰	۴۹۸۶	۴۵۲۹	۳۶۵۷	۲۷۴۳	۱۹۴۳	۱۳۸۶	۹۷۱	۷۱۴	۴۱۴	۲۷۱	۱۷۱	۱۴۳	۱۱۴	۸۶	۷۱			
۴۵	۴۷۰۰	۴۹۷۱	۴۳۷۱	۳۴۱۴	۲۵۸۶	۱۷۸۶	۱۲۴۳	۹۰۰	۶۸۶	۴۷۱	۲۵۷	۱۷۱	۱۴۳	۱۱۴	۱۰۰				
۶۰	۴۷۰۰	۴۸۵۷	۴۰۰۰	۳۱۱۴	۲۱۷۱	۱۵۲۹	۱۰۸۶	۷۵۷	۵۷۱	۳۵۷	۲۲۹	۱۵۷	۱۱۴	۱۰۰	۸۶				
۷۵	۴۷۰۰	۴۶۸۶	۳۸۰۰	۲۸۲۹	۱۹۱۴	۱۴۰۰	۹۵۷	۷۲۹	۵۷۱	۳۲۹	۲۲۹	۱۴۳	۱۱۴	۱۰۰	۱۰۰				
۹۰	۴۷۰۰	۴۴۵۷	۳۵۵۷	۲۵۴۳	۱۸۵۷	۱۳۲۹	۹۲۹	۷۰۰	۵۴۳	۳۴۳	۲۴۳	۱۵۷	۱۲۹	۱۱۴	۸۶				
۱۰۵	۴۷۰۰	۴۲۷۱	۳۳۸۶	۲۵۰۰	۱۷۸۶	۱۳۰۰	۹۴۳	۷۰۰	۵۴۳	۳۵۷	۲۵۷	۱۷۱	۱۴۳	۱۱۴	۸۶				
۱۲۰	۴۷۰۰	۴۲۰۰	۳۳۸۶	۲۵۱۴	۱۷۷۱	۱۳۰۰	۹۴۳	۶۷۱	۵۴۳	۳۴۳	۲۴۳	۱۸۶	۱۲۹	۱۱۴	۱۰۰				
۱۳۵	۴۷۰۰	۴۲۵۷	۳۳۰۰	۲۵۱۴	۱۷۸۶	۱۲۵۷	۹۵۷	۷۴۳	۵۸۶	۳۷۱	۲۷۱	۲۱۴	۱۵۷	۱۱۴	۱۱۴				
۱۵۰	۴۷۰۰	۴۱۱۴	۳۳۰۰	۲۴۱۴	۱۸۴۳	۱۳۴۳	۹۷۱	۷۲۹	۵۸۶	۳۸۶	۳۰۰	۲۰۰	۱۷۱	۱۴۳	۱۱۴				
۱۶۵	۴۷۰۰	۴۱۷۱	۳۲۴۳	۲۵۰۰	۱۸۲۹	۱۳۸۶	۱۰۱۴	۷۵۷	۶۱۴	۴۱۴	۳۰۰	۲۱۴	۱۵۷	۱۴۳	۱۱۴				
۱۸۰	۴۷۰۰	۴۰۱۴	۳۳۵۷	۲۵۱۴	۱۸۲۹	۱۳۸۶	۱۰۱۴	۷۷۱	۶۴۳	۴۰۰	۳۲۹	۲۰۰	۱۸۶	۱۵۷	۱۲۹				

جدول ۳-۷- ضریب درخشندگی کاهش یافته (r_{lab}) مربوط به رویه سطح معبر به مشخصات زیر:

- نوع رویه : رویه آسفالتی - گروه استاندارد R3 : CIE - متوسط ضریب درخشندگی رویه سطح : Q_0 = ۰/۰۷

توجه: تمام مقادیر در ۱۰/۰۰۰ ضرب شده است.

TANγ / β°	۰/۰۰ ۷/۵۰	۰/۲۵ ۸/۰۰	۰/۵۰ ۸/۵۰	۰/۷۵ ۹/۰۰	۱/۰۰ ۹/۵۰	۱/۲۵ ۱۰/۰۰	۱/۵۰ ۱۰/۵۰	۱/۷۵ ۱۱/۰۰	۲/۰۰ ۱۱/۵۰	۲/۵۰ ۱۲/۰۰	۳/۰۰	۳/۵۰	۴/۰۰	۴/۵۰	۵/۰۰	۵/۵۰	۶/۰۰	۶/۵۰	۷/۰۰
۰	۴۲۰۰ ۱۲۴۲	۴۶۵۷ ۱۱۸۵	۴۹۱۴ ۱۱۱۴	۵۱۰۰ ۱۰۴۲	۵۱۷۱ ۹۸۵	۵۱۰۰ ۹۲۸	۵۰۴۲ ۸۸۵	۴۸۴۲ ۸۴۲	۴۶۵۷ ۸۰۰	۴۱۲۸ ۷۵۷	۳۶۱۴	۳۱۰۰	۲۷۱۴	۲۳۲۸	۲۰۷۱	۱۸۱۴	۱۶۱۴	۱۴۸۵	۱۳۵
۲	۴۲۰۰ ۷۵۷	۴۶۵۷ ۶۷۱	۴۹۱۴ ۶۰۰	۵۰۴۲ ۵۴۲	۵۱۷۱ ۴۸۵	۵۱۰۰ ۴۵۷	۴۹۷۱ ۴۱۴	۴۷۸۵ ۳۷۱	۴۵۸۵ ۳۴۲	۴۰۰۰ ۳۱۴	۳۳۵۷	۲۷۷۱	۲۳۲۸	۱۹۴۲	۱۵۵۷	۱۳۴۲	۱۱۰۰	۹۷۱	۸۵
۵	۴۲۰۰ ۳۰۰	۴۵۸۵ ۲۴۲	۴۸۴۲ ۲۱۴	۵۰۴۲ ۱۷۱	۵۰۲۸ ۱۴۲	۴۹۷۱ ۱۲۸	۴۶۵۷ ۱۱۴	۴۳۲۸ ۱۰۰	۴۰۰۰ ۸۵	۳۱۷۱ ۸۵	۲۳۲۸	۱۷۴۲	۱۲۸۵	۱۰۴۲	۸۵۷	۶۷۱	۵۱۴	۴۲۸	۳۴
۱۰	۴۲۰۰ ۱۰۰	۴۵۸۵ ۸۵	۴۸۴۲ ۷۱	۴۸۴۲ ۵۷	۴۶۵۷ ۵۷	۴۲۵۷ ۴۲	۳۸۱۴ ۴۲	۳۳۰۰ ۴۲	۲۷۱۴ ۲۸	۱۸۱۴ ۲۸	۱۲۱۴	۸۵۷	۶۱۴	۴۴۲	۳۴۲	۲۵۷	۲۱۴	۱۵۷	۱۲
۱۵	۴۲۰۰ ۷۱	۴۵۲۸ ۵۷	۴۶۵۷ ۵۷	۴۵۸۵ ۴۲	۳۹۴۲ ۵۷	۳۴۸۵ ۲۸	۳۱۰۰ ۲۸	۲۴۵۷ ۲۸	۱۹۴۲ ۲۸	۱۲۲۸ ۲۸	۷۵۷	۵۰۰	۳۷۱	۲۸۵	۲۲۸	۲۰۰	۱۵۷	۱۱۴	۱۰
۲۰	۴۲۰۰ ۵۷	۴۴۵۷ ۵۷	۴۵۲۸ ۴۲	۴۳۲۸ ۲۸	۳۵۵۷ ۲۸	۲۹۷۱ ۲۸	۲۵۱۴ ۲۸	۱۸۱۴ ۲۸	۱۴۲۸	۹۲۸	۵۴۲	۳۵۷	۲۸۵	۲۱۴	۱۷۱	۱۴۲	۱۲۸	۸۵	۷
۲۵	۴۲۰۰ ۵۷	۴۴۰۰ ۴۲	۴۴۰۰ ۴۲	۴۰۷۱	۳۲۲۸	۲۵۱۴	۲۰۷۱	۱۴۸۵	۱۱۷۱	۷۷۱	۴۴۲	۳۱۴	۲۲۸	۱۷۱	۱۲۸	۱۱۴	۱۱۴	۷۱	۵
۳۰	۴۲۰۰	۴۴۰۰	۴۲۵۷	۳۸۱۴	۲۹۱۴	۲۲۰۰	۱۶۷۱	۱۲۷۱	۱۰۱۴	۶۲۸	۳۵۷	۲۷۱	۲۰۰	۱۴۲	۱۱۴	۱۰۰	۱۰۰	۵۷	۴
۳۵	۴۲۰۰	۴۳۲۸	۴۱۲۸	۳۴۸۵	۲۵۸۵	۱۹۴۲	۱۴۲۸	۱۱۲۸	۸۸۵	۵۴۲	۳۲۸	۲۲۸	۱۷۱	۱۲۸	۱۱۴	۸۵	۷۱		
۴۰	۴۲۰۰	۴۲۵۷	۳۹۴۲	۳۱۷۱	۲۲۵۷	۱۶۸۵	۱۲۲۸	۱۰۰۰	۷۷۱	۴۸۵	۲۸۵	۲۱۴	۱۴۲	۱۱۴	۱۰۰	۸۵			
۴۵	۴۲۰۰	۴۲۰۰	۳۷۴۲	۲۹۱۴	۲۰۰۰	۱۴۸۵	۱۱۱۴	۸۸۵	۶۸۵	۳۵۷	۲۵۷	۱۸۵	۱۲۸	۱۱۴	۸۵				
۶۰	۴۲۰۰	۴۰۰۰	۳۳۵۷	۲۵۱۴	۱۶۸۵	۱۱۸۵	۱۰۲۸	۷۲۸	۵۵۷	۳۲۸	۲۱۴	۱۴۲	۱۰۰	۷۱	۵۷				
۷۵	۴۲۰۰	۳۸۷۱	۳۱۰۰	۲۲۵۷	۱۴۸۵	۱۰۴۲	۸۵۷	۶۴۲	۴۸۵	۳۱۴	۲۱۴	۱۲۸	۱۰۰	۷۱	۴۲				
۹۰	۴۲۰۰	۳۷۴۲	۲۹۱۴	۲۱۲۸	۱۴۲۸	۱۰۰۰	۸۱۴	۶۲۸	۴۸۵	۳۲۸	۲۰۰	۱۲۸	۱۰۰	۷۱	۴۲				
۱۰۵	۴۲۰۰	۳۶۸۵	۲۸۴۲	۲۱۲۸	۱۴۲۸	۱۰۱۴	۸۲۸	۶۴۲	۴۸۵	۳۴۲	۲۱۴	۱۴۲	۱۱۴	۷۱	۵۷				
۱۲۰	۴۲۰۰	۳۶۱۴	۲۸۴۲	۲۱۲۸	۱۴۲۸	۱۰۵۷	۸۵۷	۶۵۷	۵۰۰	۳۴۲	۲۱۴	۱۵۷	۱۱۴	۸۵	۵۷				
۱۳۵	۴۲۰۰	۳۵۵۷	۲۸۴۲	۲۰۷۱	۱۴۲۸	۱۱۰۰	۸۵۷	۶۴۲	۵۱۴	۳۴۲	۲۲۸	۱۵۷	۱۲۸	۱۰۰	۷۱				
۱۵۰	۴۲۰۰	۳۴۸۵	۲۸۴۲	۱۹۴۲	۱۴۲۸	۱۱۰۰	۸۵۷	۶۴۲	۵۱۴	۳۴۲	۲۲۸	۱۷۱	۱۲۸	۱۱۴	۱۰۰				
۱۶۵	۴۲۰۰	۳۴۲۸	۲۷۷۱	۱۹۴۲	۱۴۲۸	۱۱۰۰	۸۷۱	۶۵۷	۵۲۸	۳۴۲	۲۴۲	۱۷۱	۱۲۸	۱۱۴	۱۰۰				
۱۸۰	۴۲۰۰	۳۴۲۸	۲۷۷۱	۲۰۰۰	۱۴۲۸	۱۱۱۴	۸۸۵	۶۷۱	۵۴۲	۳۵۷	۲۴۲	۱۸۵	۱۴۲	۱۲۸	۱۰۰				

جدول ۳-۸- ضریب درخشندگی کاهش یافته (r_{tah}) مربوط به رویه سطح معبر به مشخصات زیر:

- نوع رویه : رویه آسفالت تیره و کاملاً صیقلی - گروه استاندارد R4 : CIE - متوسط ضریب درخشندگی رویه سطح : Q_0 = ۰/۰۸

توجه: تمام مقادیر در ۱۰/۰۰۰ ضرب شده است.

TANγ / β°	۰/۰۰ ۷/۵۰	۰/۲۵ ۸/۰۰	۰/۵۰ ۸/۵۰	۰/۷۵ ۹/۰۰	۱/۰۰ ۹/۵۰	۱/۲۵ ۱۰/۰۰	۱/۵۰ ۱۰/۵۰	۱/۷۵ ۱۱/۰۰	۲/۰۰ ۱۱/۵۰	۲/۵۰ ۱۲/۰۰	۳/۰۰	۳/۵۰	۴/۰۰	۴/۵۰	۵/۰۰	۵/۵۰	۶/۰۰	۶/۵۰	۷/۰۰
۰	۳۳۰۰ ۲۵۶۲	۳۷۱۲ ۲۴۱۲	۴۱۲۵ ۲۳۰۰	۴۷۰۰ ۲۱۷۵	۴۹۵۰ ۲۱۱۲	۵۰۳۷ ۲۰۵۰	۵۱۱۲ ۱۹۷۵	۵۱۱۲ ۱۹۱۲	۵۱۱۲ ۱۸۶۲	۴۹۵۰ ۱۸۱۲	۴۶۲۵	۴۲۸۷	۳۹۶۲	۳۷۱۲	۳۴۶۲	۳۲۱۲	۳۰۵۰	۲۸۸۷	۲۷۲۵
۲	۳۳۰۰ ۱۱۷۵	۳۹۶۲ ۱۰۲۵	۴۲۸۷ ۹۲۵	۴۷۸۷ ۸۱۵	۴۹۵۰ ۷۳۷	۵۱۱۲ ۶۶۲	۴۹۵۰ ۶۱۲	۴۹۵۰ ۵۶۲	۴۷۸۷ ۵۱۲	۴۴۵۰ ۴۶۲	۳۸۰۰	۳۳۸۷	۲۹۷۵	۲۶۳۷	۲۳۱۲	۲۰۱۲	۱۷۵۰	۱۵۲۵	۱۳۲۵
۵	۳۳۰۰ ۳۲۵	۳۹۶۲ ۲۷۵	۴۲۸۷ ۲۳۷	۴۶۲۵ ۲۰۰	۴۹۵۰ ۱۶۲	۴۶۲۵ ۱۵۰	۴۴۵۰ ۱۳۷	۴۲۸۷ ۱۲۵	۲۹۶۲ ۱۰۰	۳۳۰۰ ۱۰۰	۲۶۳۷	۲۰۶۲	۱۶۵۰	۱۳۲۵	۹۸۷	۷۳۷	۵۷۵	۴۶۲	۴۰۰
۱۰	۳۳۰۰ ۱۰۰	۳۹۶۲ ۷۵	۴۲۸۷ ۶۲	۴۳۷۵ ۶۲	۴۱۲۵ ۵۰	۳۸۷۵ ۵۰	۳۵۵۰ ۳۷	۳۱۳۷ ۳۷	۲۸۰۰ ۳۷	۱۹۰۰ ۳۷	۱۱۸۷	۷۸۷	۵۶۲	۴۱۲	۳۰۰	۲۳۷	۱۶۲	۱۳۷	۱۱۲
۱۵	۳۳۰۰ ۵۰	۳۹۶۲ ۵۰	۴۱۲۵ ۳۷	۴۱۲۵ ۳۷	۴۶۲۵ ۳۷	۳۱۳۷ ۲۵	۲۷۳۵ ۲۵	۲۲۲۵ ۲۵	۱۸۱۲ ۲۵	۱۲۵۰ ۲۵	۷۸۷	۵۰۰	۳۰۰	۲۱۲	۱۶۲	۱۲۵	۱۰۰	۷۵	۶۲
۲۰	۳۳۰۰ ۳۷	۳۸۷۵ ۳۷	۳۸۷۵ ۳۷	۳۸۰۰ ۲۵	۳۱۳۷ ۲۵	۲۶۳۷ ۲۵	۲۱۵۰ ۲۵	۱۷۳۷ ۲۵	۱۳۲۵	۹۱۲	۵۵۰	۳۲۵	۲۰۰	۱۳۷	۱۰۰	۸۷	۷۵	۶۲	۵۰
۲۵	۳۳۰۰ ۳۷	۳۸۰۰ ۲۵	۳۷۱۲ ۲۵	۳۴۶۲	۲۷۳۵	۲۲۲۵	۱۷۳۷	۱۳۵۰	۱۰۷۵	۶۸۷	۳۷۵	۲۳۷	۱۶۲	۱۱۲	۸۷	۷۵	۶۲	۵۰	۳۷
۳۰	۳۳۰۰	۳۶۲۵	۳۵۵۰	۳۱۳۷	۲۴۷۵	۱۹۰۰	۱۴۳۷	۱۱۰۰	۸۸۷	۵۶۲	۳۱۲	۱۸۷	۱۳۷	۱۰۰	۷۵	۶۲	۵۰	۳۷	۳۷
۳۵	۳۳۰۰	۳۵۵۰	۳۴۶۲	۲۸۸۷	۲۳۱۲	۱۶۵۰	۱۲۵۰	۹۳۷	۷۳۷	۴۶۲	۲۶۲	۱۶۲	۱۲۵	۸۷	۷۵	۶۲	۵۰		
۴۰	۳۳۰۰	۳۴۶۲	۳۳۰۰	۲۶۳۷	۲۰۶۲	۱۴۳۷	۱۱۰۰	۸۲۵	۶۶۲	۴۰۰	۲۱۲	۱۵۰	۱۱۲	۸۷	۶۲	۵۰			
۴۵	۳۳۰۰	۳۳۸۷	۳۱۳۷	۲۴۷۵	۱۸۱۲	۱۲۸۷	۹۸۷	۷۳۷	۵۶۲	۳۵۰	۲۰۰	۱۳۷	۱۰۰	۷۵	۶۲				
۶۰	۳۳۰۰	۳۰۵۰	۲۷۲۵	۲۰۶۲	۱۴۰۰	۹۶۲	۷۶۲	۵۵۰	۴۱۲	۲۶۲	۱۶۲	۱۲۵	۱۰۰	۷۵	۶۲				
۷۵	۳۳۰۰	۲۸۸۷	۲۴۷۵	۱۷۳۷	۱۰۷۵	۸۲۵	۶۲۵	۴۶۲	۳۶۲	۲۵۰	۱۵۰	۱۱۲	۸۷	۷۵	۶۲				
۹۰	۳۳۰۰	۲۸۰۰	۲۳۱۲	۱۶۵۰	۱۰۷۵	۸۱۲	۶۲۵	۴۶۲	۳۶۲	۲۵۰	۱۵۰	۱۱۲	۸۷	۷۵	۶۲				
۱۰۵	۳۳۰۰	۲۸۰۰	۲۲۲۵	۱۶۵۰	۱۰۷۵	۸۱۲	۶۲۵	۴۶۲	۳۶۲	۲۵۰	۱۶۲	۱۱۲	۱۰۰	۸۷	۷۵				
۱۲۰	۳۳۰۰	۲۷۲۵	۲۱۵۰	۱۵۶۲	۱۰۷۵	۷۸۷	۶۲۵	۴۷۵	۳۷۵	۲۶۲	۱۶۲	۱۱۲	۱۰۰	۸۷	۷۵				
۱۳۵	۳۳۰۰	۲۷۲۵	۲۱۵۰	۱۵۶۲	۱۰۷۵	۸۱۲	۶۵۰	۵۰۰	۴۰۰	۳۷۵	۱۸۷	۱۳۷	۱۱۲	۸۷	۷۵				
۱۵۰	۳۳۰۰	۲۶۳۷	۲۰۶۲	۱۵۶۲	۱۰۸۷	۸۲۵	۶۸۷	۵۱۲	۴۱۲	۳۰۰	۲۰۰	۱۵۰	۱۱۲	۱۰۰	۷۵				
۱۶۵	۳۳۰۰	۲۶۳۷	۲۰۶۲	۱۴۸۷	۱۰۸۷	۸۳۷	۶۸۷	۵۲۵	۴۲۵	۳۱۲	۲۱۲	۱۶۲	۱۳۷	۱۱۲	۸۷				
۱۸۰	۳۳۰۰	۲۶۳۷	۲۰۶۲	۱۴۸۷	۱۰۸۷	۸۵۰	۶۸۷	۵۶۲	۴۶۲	۳۲۵	۲۳۷	۱۸۷	۱۵۰	۱۲۵	۱۰۰				

۳-۱۲-۴ معیار سنجش روشنایی در راههای شریانی درجه ۲

از آنجا که این راهها، کاربری اصلی "دسترسی" و جابجایی" دارد لذا معیار سنجش روشنایی در آن "درخشندگی" سطح راه می‌باشد. برای طراحی روشنایی در این راهها باید از مقادیر موجود در جدول (۳-۲) استفاده شود.

۳-۱۲-۵ روابط محاسباتی مورد نیاز

شدت روشنایی هر نقطه از سطح معبر از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$E = \frac{I\,(C,\gamma)}{H^2}.\cos^3\gamma \qquad (۳-۵)$$

در این رابطه:

$I\,(C,\gamma)$: شدت نور نقطه‌ای از سطح معبر تحت زوایای C و γ برحسب کاندل (شکل ۳-۵).

H : ارتفاع نصب چراغ برحسب متر

با استفاده از روابط (۳-۱) و (۳-۵)، برای محاسبه درخشندگی هر نقطه از سطح معبر رابطه زیر بدست می‌آید:

$$L = \frac{I\,(C,\gamma)}{H^2}\,.\,q\,.\,\cos^3\gamma \qquad (۳-۶)$$

در رابطه فوق، جمله اول به نحوه توزیع نور از چراغ و ارتفاع نصب آن بستگی داشته و جمله دوم که همان ضریب درخشندگی کاهش یافته (r) است به مشخصات انعکاس نور از سطح معبر وابسته است. استفاده از r در محاسبه درخشندگی مناسبتر از q است زیرا ضریب درخشندگی کاهش یافته شامل $\cos^3\gamma$ نیز می‌باشد. بنابراین رابطه (۳-۶) را می‌توان به صورت زیر نوشت:

$$L = \frac{I\,(C,\gamma)}{H^2}\,.\,r \qquad (۳-۷)$$

مقدار r برای انواع مختلف رویه‌های سطح معبر با استفاده از رابطه (۳-۴) و به کمک جداول (۳-۵) تا (۳-۸) بدست می‌آید. در انجام محاسبات باید جداول مزبور به کار گرفته شود مگر آنکه اندازه‌گیری واقعی ضریب r، نشان دهد که برای سطح مورد نظر باید اعداد دیگری مورد استفاده قرار گیرد. البته لازم به توضیح است که اکثر رویه‌های مورد استفاده در سطوح معابر مختلف از گروه

C2 یا R3 می‌باشد.

۳-۱۲-۶ جداول شدت نور چراغ

شدت نور ساطع شده از چراغ، در زوایای مختلف C و γ (شکل ۳-۵)، دارای مقادیر متفاوتی بوده و باید به صورت جداولی، از طرف سازنده چراغ و به ازای لامپهای مختلف ارائه شود. این جداول براساس تغییرات زوایای C و γ با فرض شار نوری ۱۰۰۰ لومن برای لامپ تنظیم می‌گردد. ساختار مناسب برای استفاده در تنظیم جداول شدت نور چراغ، به صورت جدول (۳-۹) توصیه می‌شود.

۳-۱۲-۷ محدوده محاسبه روشنایی راه

برای انجام محاسبات روشنایی باید محدوده محاسبه‌ای بر روی سطح معبر مشخص شود. این محدوده، عبارت از سطح مستطیلی است که ابعاد آن توسط عرض معبر و فاصله بین دو پایه متوالی تعیین شده و در فاصله ۶۰ متری از جلوی ناظر قرار می‌گیرد. مستطیل محاسباتی برای انواع مختلف آرایشهای نصب مطابق با اشکال، (۳-۶)، (۳-۷)، (۳-۸) و (۳-۹) تشکیل می‌شود.

۳-۱۲-۸ تعداد نقاط محاسبه

در داخل مستطیل محاسباتی باید نقاط مورد نظر برای انجام محاسبه روشنایی تعیین شود. این نقاط، مطابق با شکل (۳-۱۰) انتخاب می‌گردد.

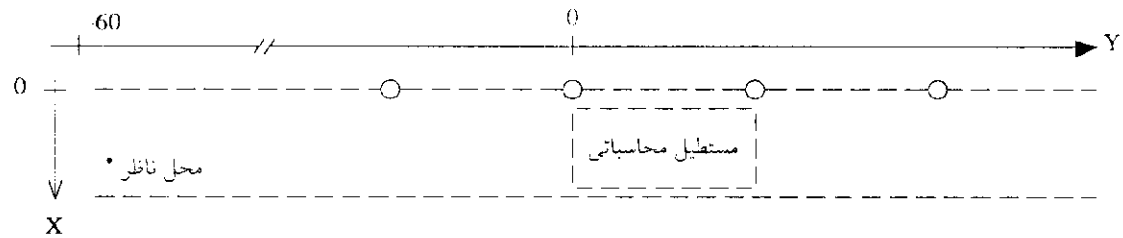
توجه: در طریقه نصب زیگزاگ، مستطیل محاسباتی، مابین دو چراغ قرار گرفته در یک سمت معبر انتخاب می‌شود لذا در این حالت، طول مستطیل ۲S می‌باشد (S، فاصله نصب به متر است).

در طول راه، باید تعداد نقاط محاسبه (N) برای فاصله نصب (S) کوچکتر یا مساوی ۵۰ متر (برای طریقه نصب زیگزاگ، کوچکتر یا مساوی ۲۵ متر)، ۱۰ عدد انتخاب شود ولی برای فاصله نصبهای بزرگتر، کوچکترین مقدار N باید طوری انتخاب گردد که فاصله بین دو نقطه محاسباتی (d) کوچکتر یا مساوی ۵ متر شود.

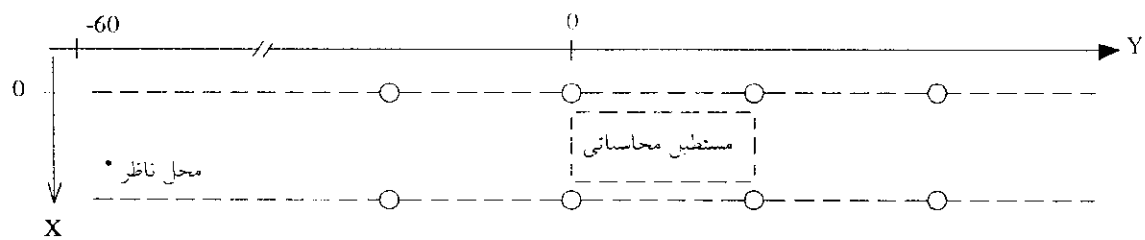
جدول ۳-۹- ساختار جدول شدت نور چراغ (جدول I)

γ° \ c°	۲۷۰	۲۸۵	۳۰۰	۳۱۰	←(پله‌های 5°)→	۵۰	۶۰	۷۵	۹۰	۱۰۵	۱۲۰	۱۳۰	←(پله‌های 5°)→	۲۳۰	۲۴۰	۲۵۵
۰	×	×	×	×		×	×	×	×	×	×	×		×	×	×
↑ (پله‌های 10°) ↓																
۳۰	×	×	×	×		×	×	×	×	×	×	×		×	×	×
↑ (پله‌های 5°) ↓																
۴۵	×	×	×	×		×	×	×	×	×	×	×		×	×	×
↑ (پله‌های $2/5^\circ$) ↓																
۱۰۵	×	×	×	×		×	×	×	×	×	×	×		×	×	×
↑ (پله‌های 15°) ↓																
۱۸۰	×	×	×	×		×	×	×	×	×	×	×		×	×	×

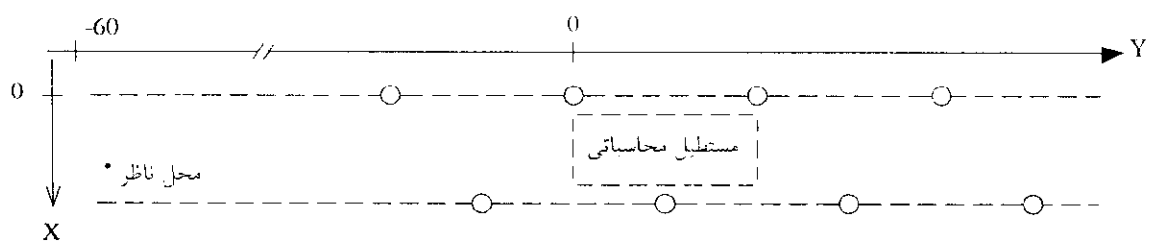
در عرض راه نیز باید تعداد ۱۰ نقطه محاسبه انتخاب شود به طوری که فاصله این نقاط از هم $W_k/10$ بوده و برای دو نقطه ابتدایی و انتهایی، فاصله آن از لبه معبر $W_k/20$ باشد.



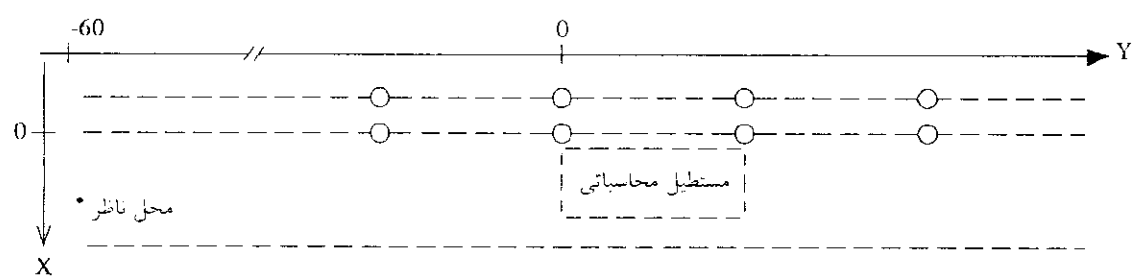
شکل ۳-۶- آرایش نصب در یکطرف



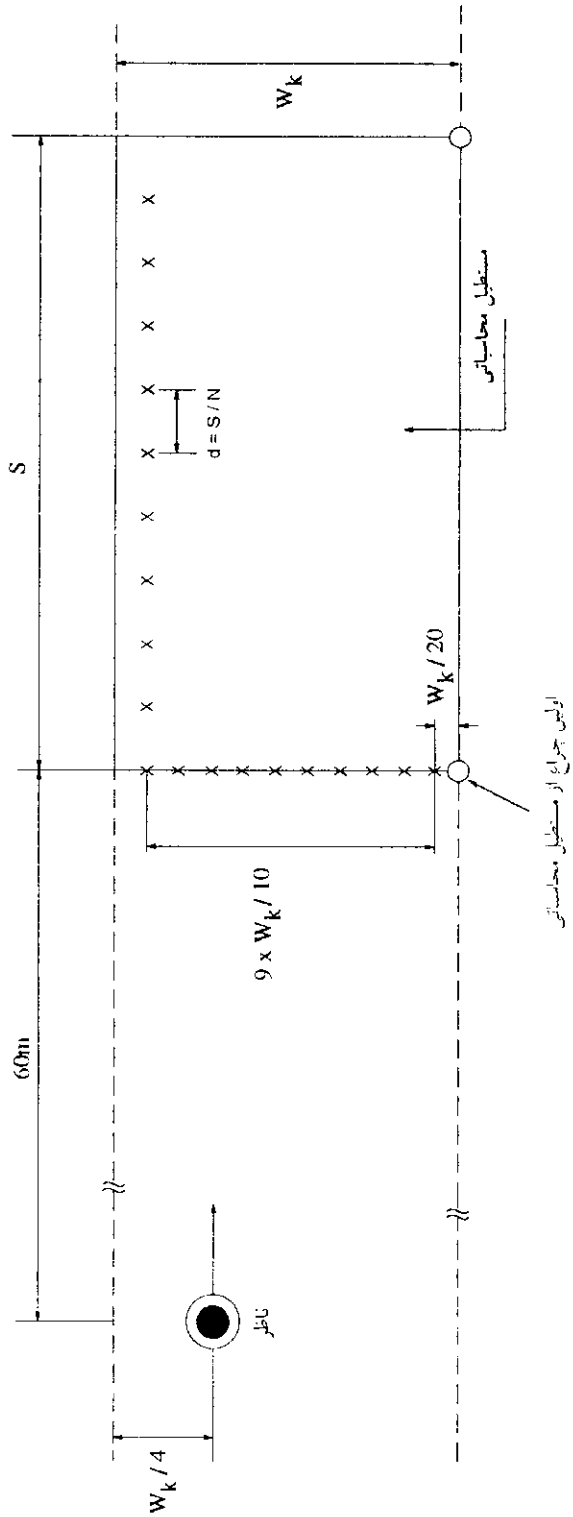
شکل ۳-۷- آرایش نصب روبرو



شکل ۳-۸- آرایش نصب زیگزاگ



شکل ۳-۹- آرایش نصب در وسط



شکل ۳-۱۰- موقعیت "مستطیل محاسباتی"، "نقاط محاسبه" و محل ناظر

در این شکل:

S : فاصله نصب (متر)

W_k : عرض راه (متر)

d : فاصله بین نقاط محاسبه (متر)

N : تعداد نقاط محاسبه در طول مستطیل

۳-۱۲-۹ موقعیت ناظر

در آرایشهای نصب زیگزاگ و یکطرفه، اولین پایه قرار گرفته در محدوده محاسبه باید در سمت مخالف محل قرار گرفتن ناظر باشد. یعنی اگر اولین پایه، در سمت راست معبر باشد، محل ناظر در سمت چپ معبر در نظر گرفته شود. در آرایش نصب در وسط، ناظر باید در سمت پایه در نظر گرفته شده و عرض رفوژ وسط راه نیز ۳/۶ متر منظور شود.

در هر حال، در کلیه حالات نصب، فاصله ناظر از لبه معبر نزدیکی به آن، باید برابر با $W_k/4$ در نظر گرفته شود.

۳-۱۲-۱۰ محاسبه درخشندگی یک نقطه

با استفاده از رابطه (۳-۷) برای تک تک چراغهایی که در درخشندگی یک نقطه خاص از سطح معبر تاثیر می‌گذارد و جمع نتایج حاصله، درخشندگی هر نقطه از سطح معبر محاسبه می‌شود.

$$L_{vi} = \sum_{n=1}^{m} L_{vin} \qquad (۳-۸)$$

در این رابطه:

L_{vi} : درخشندگی نقطه i از سطح معبر از دید ناظر واقع شده در موقعیت استقرار آن (بندهای ۳-۱۲-۷ و ۳-۱۲-۹).

L_{vin} : درخشندگی نقطه i از سطح معبر ناشی از چراغ n، از دید ناظر فوق‌الذکر

m : تعداد چراغهایی که در محاسبه وارد می‌گردد.

با توجه به موقعیت نقطه i، درون‌یابی در جداول مربوط به شدت نور (I) و ضریب درخشندگی کاهش یافته (r) ممکن است لازم باشد. در این حالت، بکارگیری درون‌یابی خطی در محاسبات، از صحت کافی برخوردار می‌باشد.

۳-۱۲-۱۱ تعداد چراغهای موثر در محاسبه درخشندگی یک نقطه

تعداد این چراغها توسط جداول ضریب درخشندگی کاهش یافته (r) محدود می‌گردد. بدین‌ترتیب که برای هر نقطه i، چراغهایی که زوایای β و γ مربوط

به تابش آن، در محدوده جدول r قرار بگیرد، در محاسبات وارد شده و اثر سایر چراغها صفر منظور می‌شود.

۳-۱۲-۱۲ محاسبه درخشندگی متوسط سطح معبر ($\overline{L}$)

برای محاسبه درخشندگی متوسط سطح معبر ($\overline{L}$) باید برای کلیه "نقاط محاسبه" واقع در "مستطیل محاسباتی"، درخشندگی آن نقطه (L_i) حساب شده و سپس از رابطه زیر استفاده شود:

$$\overline{L} = \frac{\sum_{i=1}^{k} L_i}{k} MF \qquad (۳-۹)$$

در این رابطه:

k : تعداد "نقاط محاسبه" واقع در "مستطیل محاسباتی"

MF : ضریب نگهداری، برابر با حاصلضرب ضریب نگهداری چراغ در ضریب نگهداری شار لامپ

۳-۱۲-۱۳ محاسبه یکنواختی کلی و طولی

ضریب یکنواختی کلی (U_0) عبارتست از نسبت بین درخشندگی حداقل (L_{min}) به درخشندگی متوسط ($\overline{L}$) که در مستطیل محاسباتی و با توجه به درخشندگی کلیه نقاط واقع بر آن بدست می‌آید.

ضریب یکنواختی طولی (U_L) عبارتست از نسبت بین درخشندگی حداقل (L_{min}) به درخشندگی حداکثر (L_{max}) که در مستطیل محاسباتی و با توجه به درخشندگی کلیه نقاط واقع بر روی خط مستقیمی که در جلوی ناظر و در امتداد طول راه کشیده شده، بدست می‌آید.

۳-۱۲-۱۴ محاسبه "ضریب خیرگی"[1] (V_F)

برای محاسبه ضریب خیرگی، نیاز به محاسبه "درخشندگی خیرگی"[2] (Lv) می‌باشد که برای هر چراغ از رابطه زیر بدست می‌آید:

1-Veil factor
2-Veiling luminance

$$L_{vi} = 10\,(E_i / \theta^2_i) \qquad (۱۰-۳)$$

در این رابطه:

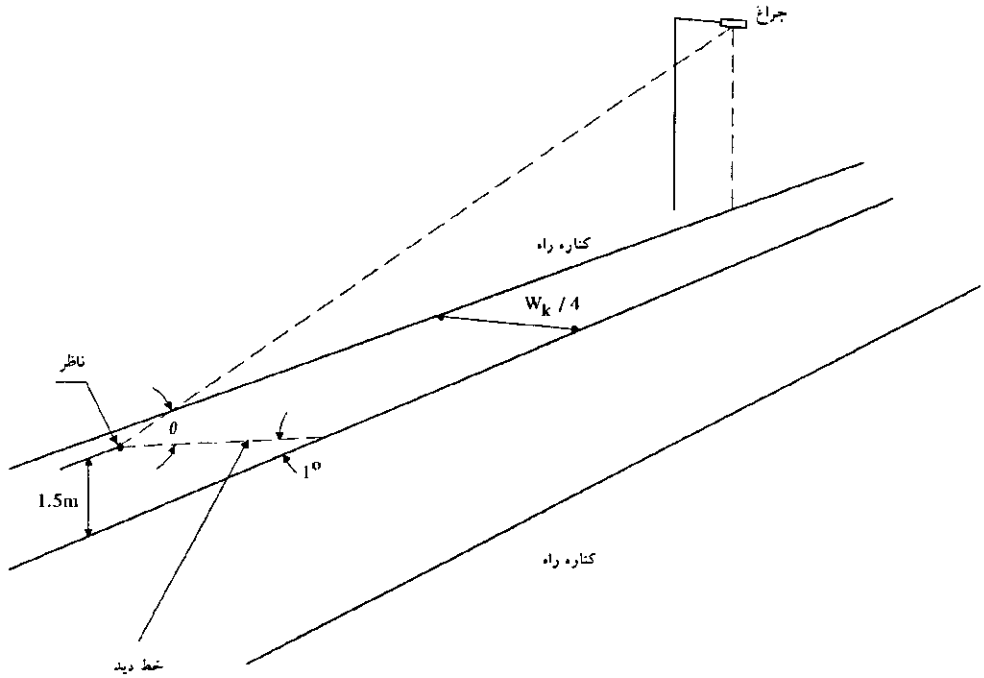
L_{vi} : درخشندگی خیرگی ناشی از چراغ i

E_i : شدت روشنایی (برحسب لوکس بر ۱۰۰۰ لومن لامپ) که در چشم ناظر و بر روی صفحه‌ای عمود بر شعاع نور تابیده از چراغ i به چشم ناظر، ایجاد می‌شود.

توجه: چشم ناظر در ارتفاع ۱/۵ متری و در فاصله $W_k/4$ از کناره جاده و در فاصله (2.75(H-1.5 متری از اولین چراغ فرض می‌گردد (H ارتفاع نصب به متر). محل ناظر به چراغها متمایل بوده و در سمت آن قرار می‌گیرد. زاویه خط دید ناظر نیز ۱ درجه در نظر گرفته می‌شود (شکل ۳-۱۱).

θ_i : زاویه بین خط دید ناظر و خط گذرنده از چشم ناظر و چراغ i به درجه

توجه: رابطه (۳-۱۰) برای θ بین ۱/۵ تا ۶۰ درجه قابل کاربرد می‌باشد.



شکل ۳-۱۱- تعریف زاویه θ بر حسب "خط دید" و محل چراغ

برای اولین چراغ و چراغهای بعدی تا فاصله ۵۰۰ متری از ناظر باید L_{vi} تک‌تک چراغها محاسبه شده و از مجموع آن "درخشندگی خیرگی" (L_v)

برای اولین چراغ و چراغهای بعدی تا فاصله ۵۰۰ متری از ناظر باید L_{vi} تک‌تک چراغها محاسبه شده و از مجموع آن "درخشندگی خیرگی" (L_v) حاصل شود. البته در صورتی که (L_{vi}) چراغی کوچکتر از ۲٪ مجموع L_{vi} چراغهای ماقبل شود، نیازی به ادامه محاسبه L_{vi} چراغهای بعدی نبوده و محاسبات قبل از رسیدن به فاصله ۵۰۰ متری متوقف می‌گردد.

$$L_v = \sum_{i=1}^{n} L_{vi} \qquad (۱۱-۳)$$

در این رابطه:

n : تعداد چراغهایی که برای محاسبه L_v لازم می‌باشد.

پس از محاسبه L_v، ضریب خیرگی (V_F) بدست می‌آید.

$$V_F = 650\, L_v \qquad (۱۲-۳)$$

توجه: در رابطه (۳-۱۰)، E_i با استفاده از رابطه (۳-۵) و با در نظر گرفتن ارتفاع ناظر به طریق زیر بدست می‌آید:

$$E_i = \frac{I\,(C,\gamma)}{(H-1.5)^2} \cdot \cos^3 \gamma \qquad (۱۳-۳)$$

۳-۱۲-۱۵ کنترل خیرگی

برای کنترل خیرگی، باید آستانه افزایش محاسبه شود که از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$TI = \frac{V_F \cdot \varphi}{10(\overline{L}\ / MF)^{0.8}} \qquad (۱۴-۳)$$

در این رابطه:

V_F : ضریب خیرگی که مطابق با بند (۳-۱۲-۱۴) بدست می‌آید.

φ : شار نوری اولیه لامپ بر حسب کیلولومن

$\overline{L}$: درخشندگی متوسط سطح معبر که مطابق با بند (۳-۱۲-۱۲) بدست می‌آید.

MF : ضریب نگهداری که برابر حاصلضرب ضریب نگهداری چراغ و ضریب نگهداری شار لامپ است.

۳-۱۲-۱۶ محاسبه شدت روشنایی متوسط ($\overline{E}$)

برای محاسبه شدت روشنایی متوسط ($\overline{E}$) در سطح معبر، باید پس از تعیین "مستطیل محاسباتی" و "نقاط محاسبه"، در هر یک از این نقاط، به کمک رابطه (۳-۵) شدت روشنایی ناشی از تک‌تک چراغهای موثر در روشنایی (E_{in}) محاسبه شده، و با هم جمع شود:

$$E_i = \sum_{n=1}^{m} E_{in} \qquad (۳-۱۵)$$

در این رابطه:

E_i : شدت روشنایی نقطه i از مستطیل محاسباتی

E_{in} : شدت روشنایی ناشی از چراغ n در نقطه از مستطیل محاسباتی

m : تعداد چراغهای موثر در روشنایی نقطه i که در محاسبات وارد می‌گردد.

پس از تعیین E_i برای کلیه "نقاط محاسبه"، شدت روشنایی متوسط راه از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$\overline{E} = \frac{\sum_{i=1}^{k} E_i}{k}.MF \qquad (۳-۱۶)$$

در این رابطه:

k : تعداد "نقاط محاسبه" می‌باشد.

۳-۱۲-۱۷ ضریب محیط (SR)

برای کنترل میزان روشنایی در محیط اطراف راه (پیاده‌رو) باید در طول "مستطیل محاسبه"، ضریب SR حساب شده و مقدار آن نبایستی از ۰/۵ کمتر باشد. در غیر این صورت میزان روشنایی محیط اطراف راه کافی نبوده و باید نسبت به تامین کمبود آن اقدام شود. این ضریب، از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$SR = \frac{\overline{E}_1}{\overline{E}_2} \qquad (۳-۱۷)$$

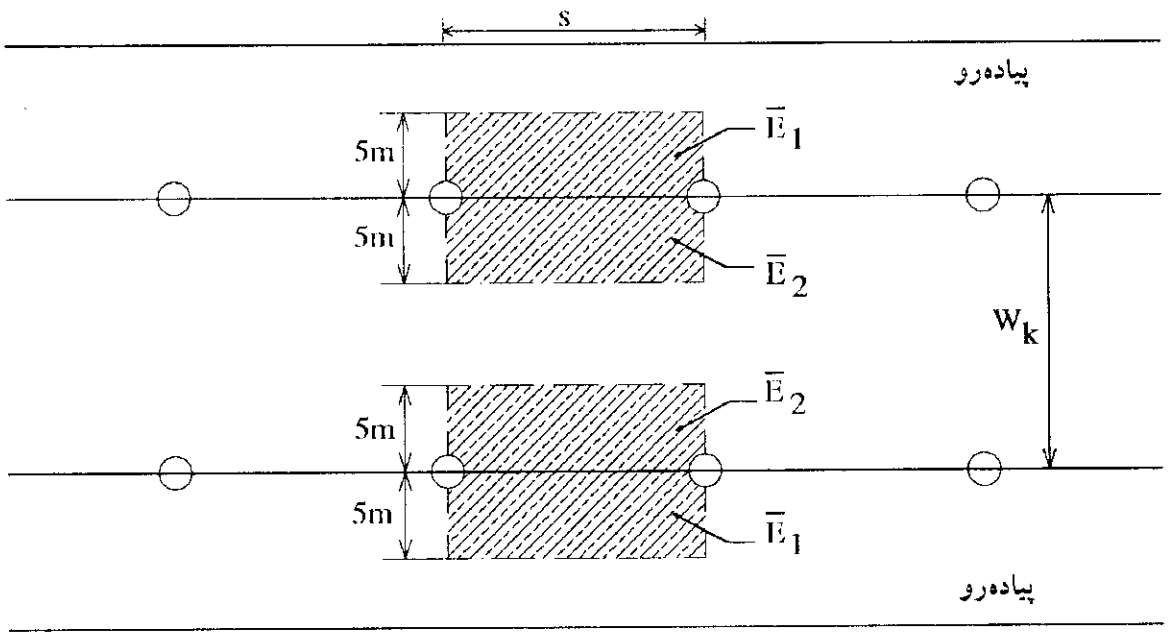
در این رابطه:

$\overline{E}_1$: متوسط شدت روشنایی در باریکه‌ای به عرض ۵ متر واقع بر پیاده‌رو (شکل ۳-۱۲)

$\overline{E}_2$: متوسط شدت روشنایی در باریکه به عرض ۵ متر واقع بر سطح راه (شکل ۳-۱۲)

ضریب محیط (SR) باید برای هر دو طرف راه محاسبه شده و کوچکترین آن نباید از مقدار تعیین شده، کمتر باشد. برای راههای دو طرفه نیز فقط نیاز به محاسبه SR در کناره راه بوده مگر آنکه عرض رفوژ وسط راه از ۵ متر بیشتر باشد. در این صورت، باید در رفوژ وسط راه نیز SR محاسبه شود.

برای محاسبه $\overline{E}$ در سطح هر یک از باریکه‌ها، باید تعداد و محل "نقاط محاسبه باریکه" و تعداد چراغهای موثر (m) تعیین شود.



شکل ۳-۱۲ موقعیت "مستطیل محاسباتی باریکه" برای محاسبه ضریب محیط (SR)

۳-۱۲-۱۷-۱ "مستطیل محاسباتی باریکه" و "نقاط محاسبه باریکه"

"مستطیل محاسباتی باریکه"، به طول فاصله نصب (S) و به عرض ۵ متر می‌باشد. تعداد نقاط محاسبه در طول باریکه (N)، برابر S/10 بوده به شرطی که فاصله دو نقطه متوالی از ۵ متر بیشتر نشود. تعداد نقاط محاسبه در عرض باریکه نیز ۵ عدد بوده به طوری که باید فاصله بین دو نقطه متوالی ۱ متر و

فاصله نقاط کناری از مرز باریکه ۰/۵ متر انتخاب شود.

۳-۱۲-۱۷-۲ تعداد چراغهای موثر (m) در محاسبه شدت روشنایی باریکه

برای محاسبه شدت روشنایی باریکه، علاوه بر چراغهای واقع شده در "مستطیل محاسباتی" یک چراغ قبلی و یک چراغ بعدی در خارج از مستطیل مزبور نیز باید در محاسبه وارد شود.

۳-۱۳ طراحی و محاسبات روشنایی راههای شریانی درجه ۲

طراحی و محاسبات روشنایی راههای شریانی درجه ۲ و تعیین فواصل نصب و آرایش مناسب سیستم روشنایی به طوری که محدودیتها و ضوابط روشنایی راه مراعات شده باشد، در دو بخش مجزا به شرح زیر صورت می‌گیرد:

الف- طراحی و محاسبات روشنایی راههای شریانی درجه ۲ در مسیرهای مستقیم راه

ب- طراحی و محاسبات روشنایی راههای شریانی درجه ۲ در پیچها

در این دو بخش، محاسبات با پیش فرضهایی از قبیل شرایط متعارف جوی، شفافیت هوا، خواص انعکاسی پایدار برای سطح راه، تمیز بودن چراغ و نصب صحیح آن بر روی پایه وغیره صورت می‌گیرد. ولی در عمل ممکن است در بعضی از این موارد، شرایط مزبور رعایت نشده باشد. در این صورت نتایج بدست آمده از محاسبات، با نتایج حاصل از اندازه‌گیری میزان روشنایی راه، که پس از نصب سیستم صورت می‌گیرد، متفاوت خواهد بود. ولی در مواقعی که سیستم روشنایی به طور صحیح نصب شده باشد، نتایج حاصل از انجام محاسبات ریاضی برای طراحی روشنایی معابر، بسیار رضایت‌بخش می‌باشد. همچنین این محاسبات وسیله خوبی برای مقایسه چراغها و آرایشهای مختلف نصب و انتخاب مناسبترین آن می‌باشد.

۳-۱۴ طراحی و محاسبات روشنایی راههای شریانی درجه ۲ در مسیرهای مستقیم

برای طراحی و انجام محاسبات روشنایی راههای شریانی درجه ۲ در مسیرهای مستقیم راه، مراحل زیر باید گام به گام انجام شود.

۳-۱۴-۱ مشخص کردن نوع و کاربری راه (فصل دوم)، نوع رویه سطح راه (بخش۳-۱۲-۲) و عرض آن.

۳-۱۴-۲ مشخص کردن محدودیتهای طراحی مشتمل بر درخشندگی متوسط ($\overline{L}$)، ضریب یکنواختی کلی (U_0) و ضریب یکنواختی طولی (U_L) (بند ۳-۱۱) و حد آستانه افزایش (TI) (بند ۳-۴).

۳-۱۴-۳ تعیین ارتفاع نصب و نوع پایه (بندهای ۳-۳ و ۳-۶ و ۳-۸).

۳-۱۴-۴ تعیین نوع لامپ و چراغ مناسب (بند ۳-۵ و ۳-۹) و مشخص کردن کلیه مشخصه‌های آن.

۳-۱۴-۵ تعیین آرایش نصب (بند ۳-۷).

۳-۱۴-۶ تعیین فاصله نصب چراغ (S)

در ابتدای طراحی باید فاصله اولیه‌ای برای نصب چراغ تعیین شده و محاسبات بر مبنای آن انجام شود. در صورتی که نتایج محاسبات، دال بر عدم برآورد محدودیتهای طراحی باشد. باید نسبت به تغییر فاصله نصب و انجام مجدد محاسبات، تا حصول به طراحی مناسب، اقدام شود. این تغییر فاصله (کاهش یا افزایش آن) در گامهای ۲ متری توصیه می‌گردد.

برای تعیین فاصله اولیه نصب چراغ (S_I)، رابطه زیر پیشنهاد می‌شود.

$$SI = \frac{\varphi . MF . CU}{\overline{E} . W_k} \qquad (۳-۱۸)$$

در این رابطه:

φ : شار نوری اولیه لامپ بر حسب کیلو لومن که توسط سازنده داده می‌شود.

MF : ضریب نگهداری.

CU : ضریب بهره چراغ که به صورت منحنی و توسط سازنده ارائه می‌شود.

$\overline{E}$: حداقل شدت روشنایی متوسط راه که از جدول (۳-۳) برای معبر مزبور تعیین می‌گردد.

W_k : عرض معبر

توجه: در صورت عدم دسترسی به منحنی CU باید از توصیه‌های بند (۱۰-۱۷-۳-۲) استفاده شود.

۳-۱۴-۷ تعیین "مستطیل محاسباتی"، "نقاط محاسبه" و محل ناظر (بندهای ۳-۱۲-۷، ۳-۱۲-۸ و ۳-۱۲-۹).

۳-۱۴-۸ محاسبه $\overline{L}$، U_0 ، U_L و TI و مقایسه نتایج حاصل، با محدودیتهای طراحی تعیین شده در بند (۳-۱۴-۲) و بندهای (۳-۱۲-۱۰) الی (۳-۱۲-۱۵).

الف- در صورت عدم برآورد محدودیت TI ، به مرحله (۳-۱۴-۳) رفته و با تغییر ارتفاع نصب و یانوع چراغ، مراحل دوباره تکرار شود.

ب- در صورت عدم برآورد همه و یا یکی از محدودیتهای $\overline{L}$، U_0 و U_L و برآورد محدودیت TI، به مرحله (۳-۱۴-۶) رفته و با تغییر فاصله نصب، مراحل دوباره تکرار می‌شود.

۳-۱۴-۹ محاسبه ضریب محیط (SR)

پس از خاتمه محاسبات و تعیین فاصله نصب مناسب، باید ضریب محیط (SR) محاسبه شده ودرصورت کافی نبودن روشنایی پیاده‌رو و محیط اطراف راه، نسبت به تامین کمبود آن اقدام شود. این عمل می‌تواند با تغییر نوع چراغ، ارتفاع نصب و یا آرایش نصب صورت بگیرد که در این حالت باید به مرحله (۳-۱۴-۳) بازگشت و دوباره مراحل را تکرار نمود و یا این که بدون تغییر طراحی انجام شده، به کمک نصب چراغهای کمکی اضافی نسبت به جبران

کمبود روشنایی پیاده‌رو ومحیط اطراف راه اقدام نمود (بند ۳-۱۲-۱۷).

۳-۱۴-۱۰ برآورد هزینه طرح

پس از خاتمه محاسبات و برآورده شدن کلیه محدودیتهای طراحی، باید نسبت به برآورد تجهیزات مورد نیاز طرح و هزینه آن اقدام گردیده و نتایج، به عنوان طرح پیشنهادی ثبت شود.

۳-۱۴-۱۱ انتخاب طرح بهینه

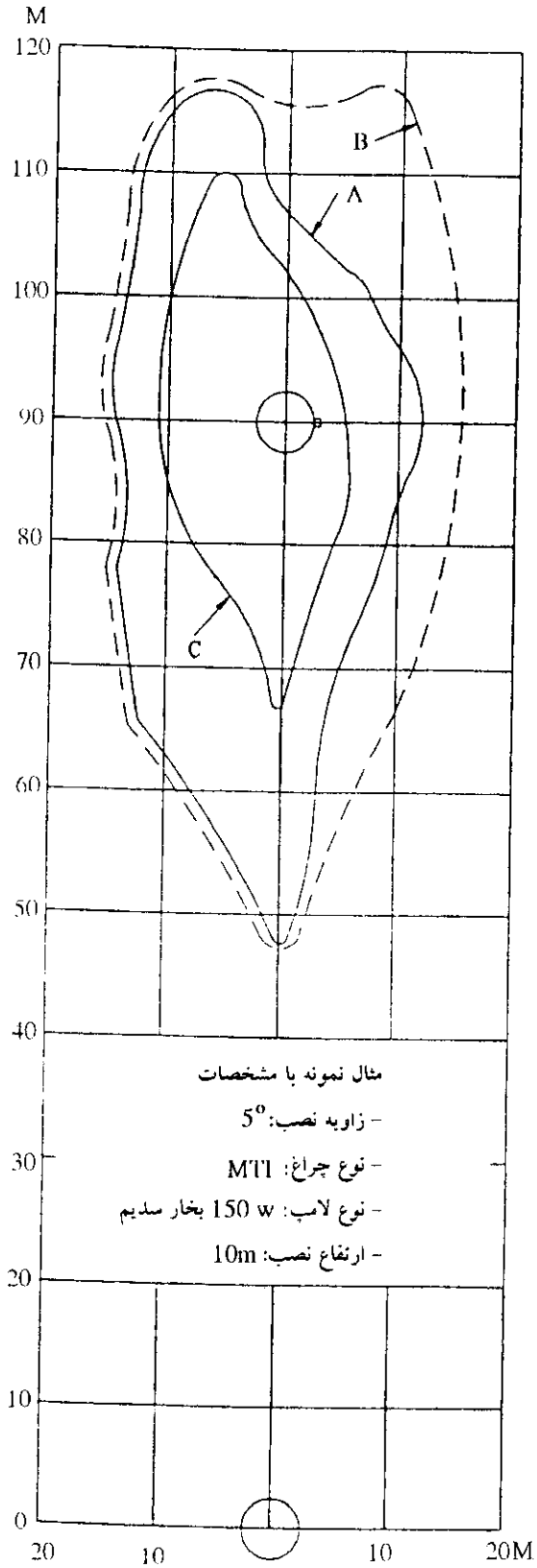
برای ارتفاع طرح بهینه، باید پس از آماده شدن هر طرحی، در صورت امکان با تغییر تعدادی از پارامترهای طراحی از قبیل ارتفاع نصب و نوع پایه، نوع لامپ، نوع چراغ و آرایش نصب نسبت به تهیه طرح جدید دیگری اقدام نمود. در نهایت، پس از تهیه تعدادی طرح مناسب، می‌توان با مقایسه هزینه، طرح بهینه را از بین آن انتخاب کرد.

۳-۱۵ طراحی و محاسبات روشنایی راههای شریانی درجه ۲ در پیچها

برای انجام طراحی و محاسبات روشنایی در پیچها، همان مراحل گفته شده در بند (۳-۱۴) درخصوص روشنایی مسیرهای مستقیم راه، عیناً مورد استفاده قرار گرفته و فاصله نصب مناسب برای چراغها حاصل می‌شود. این فاصله نصب، حداکثر فاصله مجازی است که در طراحی روشنایی پیچها باید رعایت گردد.

استفاده از فاصله نصب محاسبه شده در قسمتهای مستقیم راه، برای قسمتهای کمان‌دار (خمدار) آن، معمولاً موجب کاهش درخشندگی متوسط و ضریب یکنواختی طولی در آن نمی‌شود ولی لازم است ضریب یکنواختی کلی از حداقل آن (جدول ۳-۲) کمتر نگردد. به این منظور، می‌توان از منحنیهای درخشندگی ثابت استفاده کرد (شکل ۳-۱۳). برای هر ارتفاع نصب پایه، سه منحنی (B,A و C) وجود دارد. منحنیهای نشان داده شده در شکل (۳-۱۳) دارای مقیاس "۵۰۰ : ۱" هستند و مناسبتر است که از چنین مقیاسی استفاده شود (برای استفاده در نقشه‌هایی با مقیاس متفاوت، این منحنیها باید از نو

رسم شود). همان گونه که در شکل (۳-۱۳) نشـان داده شـده اسـت نـاظر در مبدا" مختصات قرار داده شده و دایره ناظر با شعاعی برابر یک چهـارم ارتفـاع نصب پایه، حول مبدا" مختصات رسم می‌گردد. بـه کمـک ایـن دایـره می‌تـوان موقعیت ناظر را در فاصله‌ای به اندازه یک چهارم ارتفاع نصب پایه از پیـاده‌رو جابجا کرد.



شکل ۳-۱۳- نمونه‌ای از منحنی "درخشندگی ثابت"

۳-۱۵-۱ روش تهیه منحنیهای درخشندگی ثابت

منحنیهای درخشندگی ثابت برای استفاده در قسمتهای کمان‌دار (خمدار) راه باید در ۱۲/۵ و ۲۵ درصد حداکثر درخشندگی ناشی از یک چراغ در ارتفاع نصب ۸، ۱۰ و ۱۲ متر تهیه شود.

منحنی سومی نیز در ۱۲/۵ درصد حداکثر درخشندگی که با استفاده از یک جدول شدت نور چراغ بدست می‌آید، تهیه می‌شود. این جدول، میانگین دو جدولی است که یکی از آن چرخشی به اندازه ۱۸۰ درجه حول محور عمود بر سطح داده شده است. این منحنی نشان‌دهنده توزیع مرکب دو چراغ در آرایش نصب بلواری است . محل منحنیها، با استفاده از درون‌یابی خطی، مابین مقادیر درخشندگی محاسبه شده در "نقاط محاسبه" واقع در "مستطیل محاسباتی" (بخش ۳-۱۲-۱۲) تعیین می‌شود. ناظر در فاصله ۹۰ متری چراغ و در امتداد آن قرار می‌گیرد. مقادیر درخشندگی می‌باید در یک ناحیه وسیع محاسبه شود به طوری که بتوان منحنیها را به صورت کامل ترسیم نمود. در اغلب موارد ناحیه‌ای به ابعاد (۴۰×۱۳۵) متر مناسب است.

باید توجه داشت که در یافتن نقاط مختلف منحنیها، عموما" نیاز به درون‌یابی خطی در دو جهت مختلف می‌باشد. پس از مشخص شدن کلیه نقاط، دو منحنی (برای ۱۲/۵ و ۲۵ درصد حداکثر درخشندگی) از آن گذرانده شده و منحنیها آماده می‌شود. در تهیه این منحنیها، محل چراغ باید در مختصات (۹۰ و ۰) مشخص شده و دایره‌ای که ناظر در آن جابجا می‌شود باید حول نقطه (۰ و ۰) و به قطری برابر با نصف ارتفاع نصب چراغ رسم شود.

این منحنیها می‌تواند به صورت زیر نامگذاری گردد:

الف- "A" برای منحنی ۱۲/۵٪ تک چراغه.

ب- "B" برای منحنی ۱۲/۵٪ دو چراغه (نصب شده بر روی یک پایه و به صورت پشت به پشت هم).

ج-"C" برای منحنی ۲۵٪ تک چراغه.

۳-۱۵-۲ روش طراحی روشنایی راههای شریانی درجه ۲ در پیچها

برای انجام این طراحی باید پس از تعیین فاصله نصب پایه‌ها در مسیرهای مستقیم، محل پایه‌ها رابر روی نقشه مسیر راه و بر مبنای فاصله نصب مزبور تعیین کرده و سپس با استفاده از منحنیهای "درخشندگی ثابت" نسبت به اصلاح محل پایه‌های قرار گرفته در پیچها و یا قسمتهای کمان‌دار راه اقدام شود.

برای استفاده از منحنیها، به این شکل عمل می‌شود که محل چراغ (تعیین شده در منحنی)، منطبق بر محل چراغ در پلان نقشه مسیر قرار داده شده (بجز در روش نصب در وسط که بر روی پایه قرار می‌گیرد) و دایره ناظر نیز مماس بر لبه راه تنظیم می‌شود. در این حالت، منحنی"درخشندگی ثابت" بر روی پلان نقشه مسیر قرار می‌گیرد. این عمل، برای کلیه چراغهای موجود در پیچ و چراغهای همجوار آن تکرار می‌شود. اگر بین دو منحنی مربوط به دو چراغ مجاور فاصله خالی وجود داشته باشد (شکل ۳-۱۴)، فاصله بین چراغها باید تا آن حد کاهش یابد که فاصله خالی از بین برود (شکل ۳-۱۵). برای کم کردن این فاصله خالی، حتی ممکن است نیاز به استفاده از چراغهای اضافی نیز باشد.

دستورالعمل فوق الذکر باید در مورد هر دو جهت عبور وسایل نقلیه، کنترل شود.

در مورد استفاده از منحنیهای "درخشندگی ثابت" نیز لازم به توضیح است که این منحنیها با در نظر گرفتن محل چراغ، در مجاورت محل ناظر (همچون شکل ۳-۱۳) تهیه می‌شود ولی در صورتی که محل چراغ در سمت مقابل محل ناظر در طول راه باشد در این حالت، تصویر آینه‌ای منحنی مزبور باید مورد استفاده قرار گیرد.

۳-۱۵-۲-۱ آرایش نصب زیگزاگ

در صورت استفاده از این روش نصب در بخش مستقیم راه، به شرطی که شعاع خم، کمتر از ۸۰ برابر ارتفاع نصب چراغها باشد، باید در ناحیه خمدار راه، کلیه چراغها در محیط بیرونی پیچ قرار داده شود.

در این حالت، تعداد پایه‌ها در واحد طول قسمت خمدار راه نباید کمتر از تعداد آن در ورش نصب زیگزاگ در بخش مستقیم راه باشد. محل پایه‌ها در قسمت خمدار راه، با استفاده از منحنی "درخشندگی ثابت" که برای ۱۲/۵ درصد حداکثر درخشندگی ناشی از یک پایه بدست آمده (منحنی نوع "Λ")، تعیین می‌شود. در راههای عریض، به منظور ایجاد پوشش روشنایی کافی در سطح راه، می‌توان در صورت نیاز از چراغ اضافی در محیط داخلی خم راه استفاده نمود (شکل ۳-۱۶). برای دستیابی به حدود روشنایی مورد نظر در تمامی سطح راه، ممکن است تصحیح فاصله نصب چراغها در قسمتهای مستقیم راه که در مجاورت قسمتهای خمدار واقع شده است لازم باشد. در این صورت، تصحیح لازم، با استفاده از منحنی "درخشندگی ثابت" نوع "Λ" انجام می‌شود.

۳-۱۵-۲-۲ آرایش نصب روبرو

در صورت استفاده از روش نصب روبرو در قسمتهای مستقیم راه، فاصله نصب پایه‌ها در محیط داخلی بخش خمدار راه می‌تواند برابر فاصله نصب پایه‌ها در قسمتهای مستقیم راه منظور شود. در این حال، فاصله نصب پایه‌ها در محیط خارجی بخش خمدار راه، با استفاده از منحنی "درخشندگی ثابت" نوع "Λ" تعیین می‌شود.

۳-۱۵-۲-۳ آرایش نصب در یک طرف

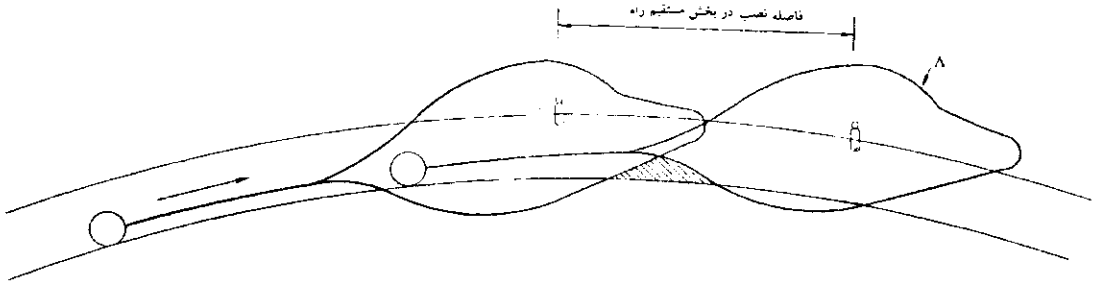
در صورت استفاده از این روش نصب در بخش مستقیم راه، به شرطی که شعاع خم، کمتر از ۸۰ برابر ارتفاع نصب چراغها باشد، باید در ناحیه خمدار راه، کلیه چراغها در محیط بیرونی پیچ مستقر شود و فاصله نصب پایه‌ها نیز باید با استفاده از منحنی "درخشندگی ثابت" نوع "Λ" تعیین گردد.

۳-۱۵-۲-۴ آرایش نصب در وسط

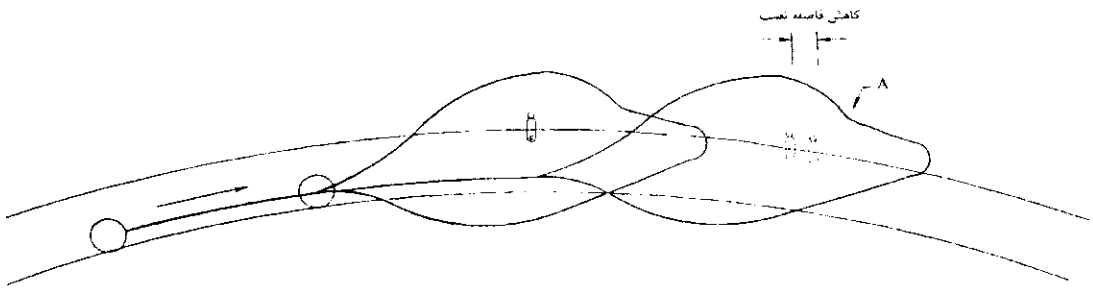
در صورت استفاده از این روش نصب در بخش مستقیم راه دوطرفه، به شرطی که شعاع خم، کمتر از ۸۰ برابر ارتفاع نصب چراغها باشد، باید در ناحیه خمدار راه، یک ردیف از چراغها به محیط خارجی راه منتقل شده و در آنجا مستقر شود (استفاده از آرایش "نصب در یک طرف" به طور مستقل، برای هر یک از طرفین راه). ولی در صورتی که از آرایش نصب در وسط، در ناحیه خمدار راه استفاده شود، برای تعیین محل نصب پایه‌ها باید منحنی "درخشندگی ثابت" نوع " B " به کار برده شود (شکل۳-۱۷). در صورت وجود نقاط کم نور در سطح راه، فاصله پایه‌ها باید کاهش یابد.

وجود پوشش کافی روشنایی در دو طرف راه باید تحقیق شود زیرا ممکن است پوشش کافی در محیط خارجی خم معبر موجود نباشد. این اشکال می‌تواند با نصب یک پایه منفرد مرتفع گردد. برای تعیین محل نصب این پایه منفرد باید از منحنی "درخشندگی ثابت" نوع "C" استفاده شود (شکل ۳-۱۸).

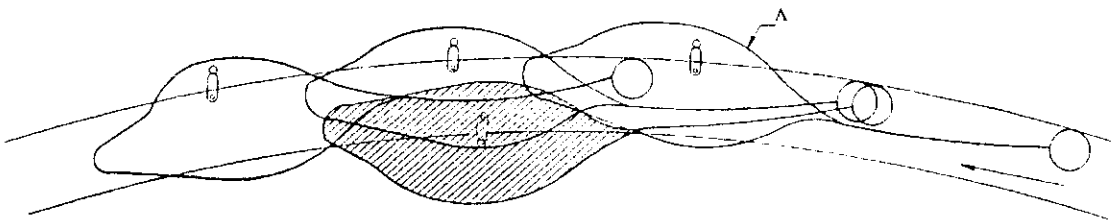
در صورت نیاز، می‌توان اصلاحات لازم، بر روی فاصله نصب پایه‌ها در قسمتهای مستقیم راه را که در مجاورت قسمت خمدار واقع شده است با استفاده از منحنیهای "درخشندگی ثابت" انجام داد.



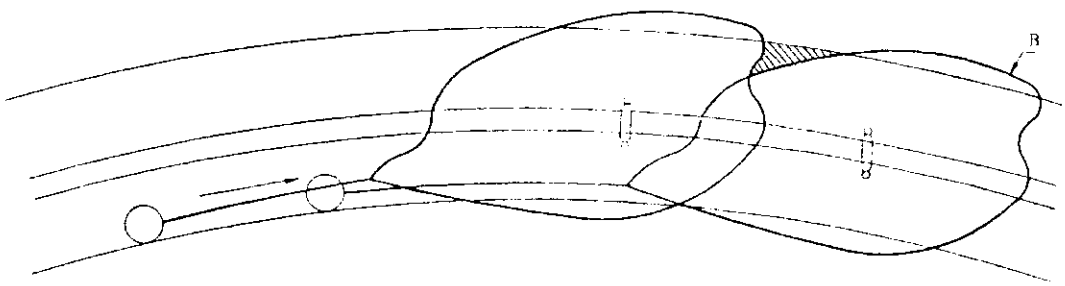
شکل ۳-۱۴- پوشش روشنایی ناکافی در سطح راه



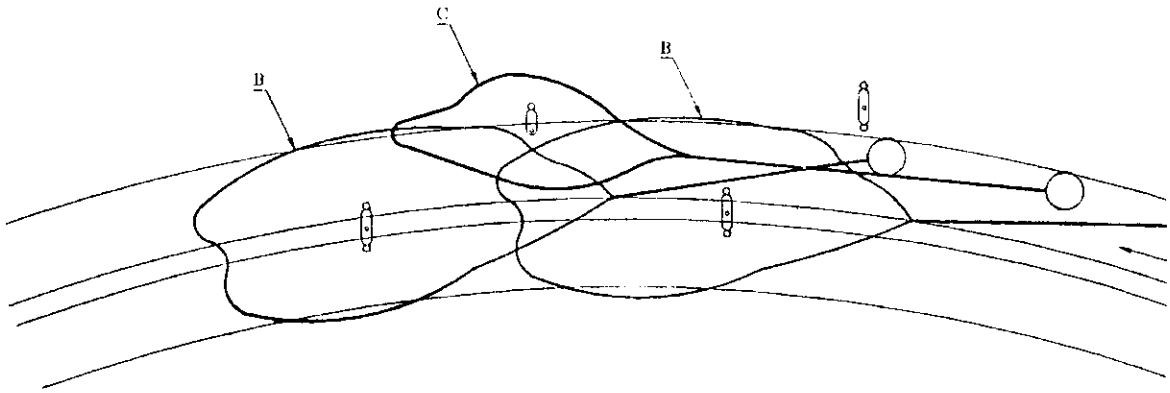
شکل ۳-۱۵- سطح تاریک راه، با کاهش فاصله نصب حذف گردیده است.



شکل ۳-۱۶- نصب چراغ اضافی به منظور پوشش روشنایی دو سطح تاریک راه



شکل ۳-۱۷- تنظیم فاصله نصب چراغها در آرایش نصب در وسط



شکل ۳-۱۸- نصب چراغ اضافی در محیط خارجی راه به منظور پوشش روشنایی سطح تاریک

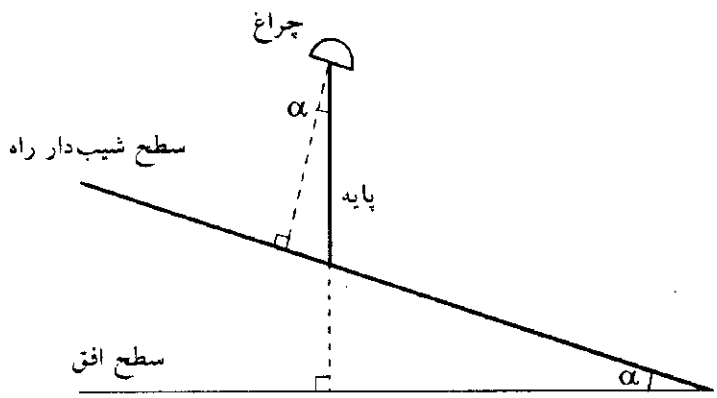
۳-۱۶ سایر ملاحظات طراحی روشنایی در راههای شریانی درجه ۲

۳-۱۶-۱ روشنایی تقاطعها، میادین و پلها

روشنایی تقاطعها، میادین و پلهای موجود در راههای شریانی درجه ۲ مطابق با توصیه‌های فصول ششم، هفتم، هشتم و نهم صورت می‌پذیرد.

۳-۱۶-۲ روشنایی سراشیبیها و شیب پلها

در سراشیبیها، هر پایه باید عمود بر سطح افق نصب گردیده ولی چراغ مربوطه باید یا زاویه‌ای برابر با زاویه شیب راه نسبت به سطح افق بر روی پایه مستقر شود به طوری که سطح چراغ موازی با سطح راه باشد (شکل ۳-۱۹). در شیب پلها نیز باید به همین طریق عمل شود.



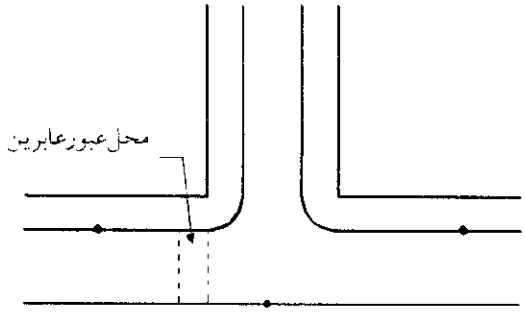
شکل ۳-۱۹- روش نصب چراغ در شیبها

در این حالت در سرازیری، مشکل خاصی از نظر روشنایی وجود نخواهد داشت. در سربالایی نیز فقط باید خیرگی ناشی از چراغهای نصب شده در قله شیب کنترل گردیده و در صورت غیر مجاز بودن آن، نسبت به محدود ساختن خیرگی ناشی از آن اقدام شود. زیرا این چراغها توسط ناظر تحت زوایایی دیده می‌شود که در آن زوایا، شدت نور چراغها بیشتر می‌باشد. البته هر چه چراغ دورتر از قله شیب باشد، خیرگی ناشی از آن نیز کمتر خواهد بود.
در چنین مواقعی، استفاده از چراغهای با آستانه افزایش کم (LTI) توصیه می‌شود.

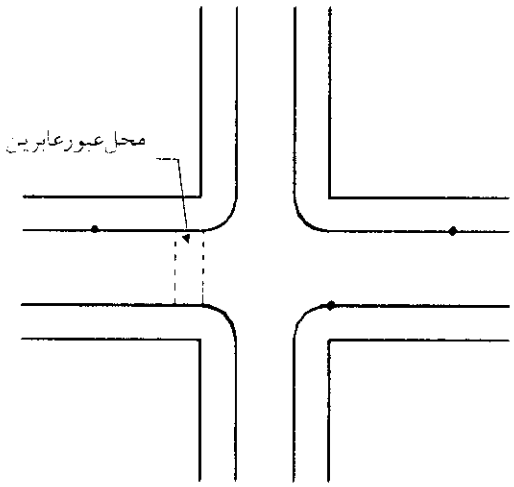
۳-۱۶-۳ روشنایی منطقه عبور پیاده‌ها از عرض راه

اگر چه در راههای شریانی درجه ۲، طراحی خاصی برای تامین روشنایی منطقه عبور پیاده ازعرض راه مورد نیاز نمی‌باشد، ولی برای تعیین محل نصب پایه‌های روشنایی در مجاورت این مناطق، باید تمهیدات خاصی به شرح زیر در نظر گرفته شود.
در پیاده‌گذرهایی که دقیقاً در کنار تقاطعها واقع شده باشد، محل پایه‌ها در نزدیکی تقاطع باید به صورت نشان داده شده در شکلهای (۳-۲۰) و (۳-۲۱) باشد.
در شرایطی که سیستم روشنایی در دو جهت راه و در امتداد آن حالت متقارن داشته باشد، محل عبور عابرین پیاده از عرض خیابان می‌تواند به مناسبترین شکل روشن شود. در این حالت، ترتیب نصب پایه‌ها باید به شکلی باشد که محل عبور عابرین، در وسط فاصله نصب پایه‌ها قرار گیرد و بخصوص باید توجه داشت که پایه نباید در مجاورت محل عبور عابرین از عرض خیابان نصب شود.
به همین منظور، در روش نصب زیگزاگ بهترین حالت این است که دو پایه، با فواصل مساوی (حداکثر ۱۰ متر) از محل عبور عابرین قرار گرفته باشد. (شکل ۳-۲۲). در این روش استقرار، پایه‌ای که در سمت راست راننده نزدیک شونده به پیاده گذر مستقر می‌شود باید پس از پیاده گذر نصب شود.
در روش نصب روبرو نیز باید از دو جفت پایه با فواصل مساوی (حداکثر ۱۵

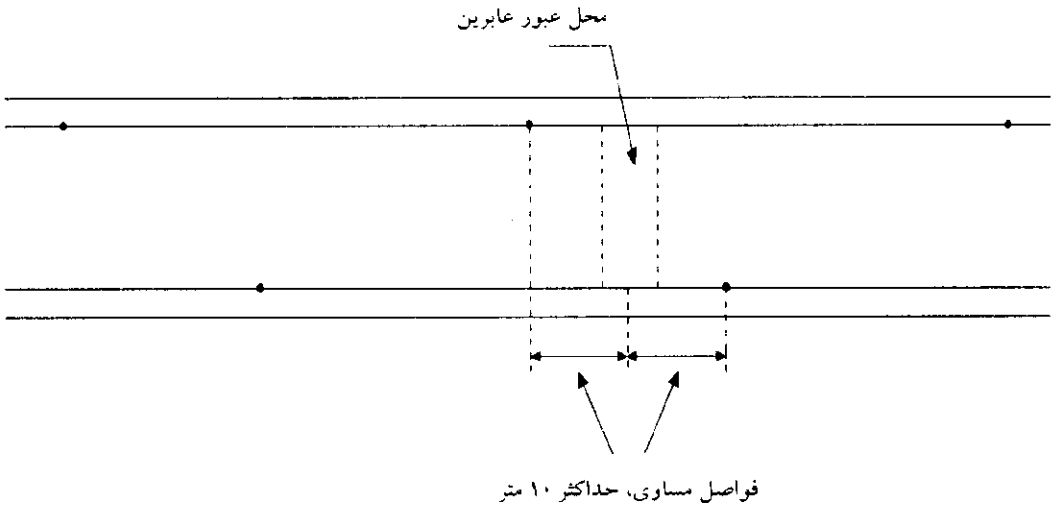
متر) از محل عبور عابرین استفاده شود (شکل ۳-۲۳). برای راههای با عـرض خیلی زیاد، این فاصله باید کاهش یابد.



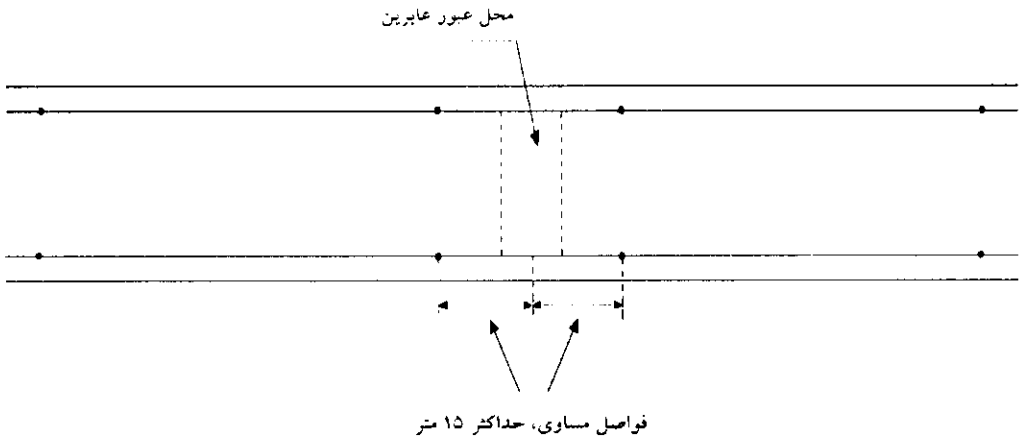
شکل ۳-۲۰- طرح نمونه تقاطع "T" شکل با محل عبور عابرین پیاده



شکل ۳-۲۱- طرح نمونه چهارراه با محل عبور عابرین پیاده



شکل ۳-۲۲- وضعیت استقرار پایه‌ها در اطراف محل عبور عابرین در روش نصب زیگزاگ



شکل ۳-۲۳- وضعیت استقرار پایه‌ها در اطراف محل عبور عابرین در روش نصب روبرو

۳-۱۶-۴ ملاحظاتی در انتخاب محل نصب پایه‌ها

پس از تعیین فاصله نصب مناسب برای چراغهای روشنایی، باید محل دقیق نصب پایه، بر روی نقشه مسیر راه تعیین شود. به همین منظور باید ملاحظات زیر معمول گردد.

۳-۱۶-۴-۱ عقب روی پایه‌ها

باید توجه داشت که عقب روی پایه‌ها نباید موجب نصب پایه در وسط پیاده‌رو و یا دو چرخه‌رو شود و به طور کلی پایه‌ها نباید در محلی که باعث

ایجاد مزاحمت برای اشخاص پیاده شود نصب گردد.

برای پیاده‌روهای تا عرض ۳ متر، بهترین محل نصب پایه‌ها، در پشت پیاده‌رو و یا در لبه دیوار ساختمانهای واقع در کنار پیاده‌رو می‌باشد. در این حالت، احتمال تصادف با پایه حداقل شده و عرض قابل تردد در پیاده‌رو نیز حداکثر می‌شود. ولی در هر حال رعایت فاصله نصب پایه از لبه راه که در فصل اول توصیه گردیده، الزامی است.

۳-۱۶-۴-۲ وجود مانع

در صورت وجود موانعی در زیر زمین و یا روی زمین، از قبیل وجود درخت و مانند آن، جابجایی کم محل پایه به طوری که باعث اصلاح میزان دید و روشنایی راه شود مجاز خواهد بود. این جابجایی، در جهت کاهش فاصله نصب، مجاز بوده و نباید بهیچوجه باعث افزایش فاصله نصب گردد.

۳-۱۶-۵ نگهداری و بهره‌برداری از شبکه روشنایی

راهنمای نگهداری و ساعات بهره‌برداری از شبکه روشنایی، مطابق با مندرجات فصول اول و پانزدهم می‌باشد، لیکن از آنجا که ضریب نگهداری (MF)، یکی از متغیرهای دخیل در محاسبه فاصله نصب چراغها می‌باشد لذا رعایت شرایط مندرج در جدول مربوط به آن، در خصوص انتخاب نوع چراغ و دوره‌های زمانی نظافت آن نیز، ضروری خواهد بود.

۳-۱۷ مراحل طراحی راههای شریانی درجه ۲

با توجه به مطالب گفته شده در این فصل، مراحل گام به گام طراحی راههای شریانی درجه ۲ به شرح زیر می‌باشد:

الف- تعیین نوع راه و کلیه مشخصه‌های مورد نیاز برای انجام طراحی و محاسبات روشنایی آن.

ب- انجام محاسبات لازم و تعیین فاصله نصب مناسب در مسیر مستقیم راه

ج- تعیین محل نصب چراغها، در پیچها و مسیرهای خمدار راه، بر روی نقشه مسیر و با توجه به نتایج حاصل از محاسبات بند "ب"

د- تعیین محل نصب چراغها، در تقاطعها، میادین و پلهای موجود در مسیر راه، بر روی نقشه مسیر و با توجه به نتایج حاصل از محاسبات بند "ب"

هـ- تعیین محل نصب چراغها، در سراشیبیها و یا شیب پلهای موجود در مسیر راه، بر روی نقشه مسیر و با توجه به نتایج حاصل از محاسبات بند "ب"

و- تعیین محل نصب چراغها، در مجاورت محل عبور عابرین پیاده موجود در مسیر راه، برروی نقشه مسیر

ز- تعیین محل نصب چراغها، در مسیرهای مستقیم راه، بر روی نقشه مسیر، با توجه به نتایج حاصل از محاسبات بند "ب" و با در نظر گرفتن چراغهای نصب شده در بندهای "ج" ، "د" ، "هـ" و "و".

توجه: در کلیه مراحل طراحی، برای تعیین محل نصب چراغها، ملاحظات عنوان شده در بند (۳-۱۶-۴) باید مد نظر قرار گیرد.

فصل چهارم

طراحی روشنایی راههای شریانی درجه ۱

مقدمه

در این فصل، دستورالعملها، معیارها و ضوابط مورد استفاده در طراحی روشنایی راههای شریانی درجه ۱ تعیین شده است. اصول، روشها و ضوابط کلی گفته شده در فصل سوم، در خصوص طراحی روشنایی راههای شریانی درجه ۲ عیناً در این فصل نیز مورد استفاده بوده، به جز در مواردی که خاص راههای شریانی درجه ۱ می‌باشد. در این موارد، روشها و ضوابط تصریح شده در فصل حاضر، جایگزین روشها و ضوابط گفته شده در فصل سوم می‌شود.

۴-۱ دامنه کاربرد

این فصل، حاوی توصیه‌هایی در مورد روشنایی راههای شریانی درجه ۱، با هر عرضی می‌باشد. همچنین توصیه‌های این فصل می‌تواند برای روشنایی راههای شریانی درجه ۲ دو طرفه، با عرض بالاتر از ۱۱ متر، که خارج از دامنه کاربرد فصل سوم می‌باشد، مورد استفاده قرار گیرد.

۴-۲ تعریف‌ها

۴-۲-۱ سیستم روشنایی با پایه‌های بلند

سیستمی که برای تامین روشنایی مناطقی با سطوح وسیع، ایجاد می‌شود. در این سیستم از پایه‌هایی به ارتفاع ۱۸ متر و یا بیشتر که بر روی هر یک از آن گروهی چراغ با نور زیاد نصب گردیده، استفاده می‌شود.

۴-۲-۲ راه اتصالی[1]

بخشی از بزرگراه یا آزادراه که در تقاطع، یک بزرگراه یا آزادراه را بـه بزرگـراه یا آزادراه دیگری متصل کند.

۴-۲-۳ راه ارتباطی[2]

طولی از یک راه ارتباطی یک‌طرفه، یک و یا دوبانده که در یـک تقـاطع، بـرای ارتباط دو راه که عموماً غیر همسطح می‌باشد، مورد اسـتفاده قـرار می‌گیرد. از این نوع راه بـرای دسترسـی بـه یـک راه شـریانی درجـه ۱ و یـا خـروج از آن استفاده می‌شود.

۴-۲-۴ عرض معبر (W_k)

مجموع عرض کلیه باندهای ترافیکی واقع در یک طرف راه

۴-۲-۵ عرض شانه‌راه (W_{his})

عرض سطح باریکه‌ای در کناره راه که به منظور استفاده وسایل نقلیه، در مواقع بروز مشکل و یا مسدود بودن سطح راه، به مـوازات و در مجـاورت راه ایجـاد می‌گردد.

۴-۲-۶ عرض یک باند ترافیکی (W_l)

فاصله بین خطهای کشیده شده در سطح راه که برای مشخص کـردن باندهـای ترافیکی ایجاد شده است.

۴-۳ مشخصات طراحی

۴-۳-۱ کلیات

در این راهها، به دلیل بالا بـودن سـرعت متوسـط وسـایل نقلیـه بـاید سیسـتم روشنایی با کیفیت بالاتر طراحی شود. موارد اختلاف روش طراحی مورد نیاز،

1- Link Road
2- Slip Road

با روش ارائه شده در فصل سوم، در بند (۴-۹) آمده است.

۴-۳-۲ معیار سنجش روشنایی در راههای شریانی درجه ۱

از آنجا که این راهها، کاربری اصلی "جابجایی" دارد لذا معیار سنجش روشنایی در آن، "درخشندگی" سطح راه می‌باشد. برای طراحی روشنایی سطح راه شریانی درجه ۱ و همچنین "راه اتصالی" متصل‌کننده دو راه شریانی درجه ۱، باید از مقادیر موجود در جدول (۳-۲) استفاده گردد. ولی برای طراحی روشنایی "راه ارتباطی" و همچنین "شانه راه" باید از مقادیر جدول (۴-۱) استفاده شود.

جدول ۴-۱- حداقل درخشندگی متوسط و ضرایب یکنواختی "راه ارتباطی" و "شانه راه"

نوع راه	نوع منطقه	درخشندگی متوسط (cd/m^2)	ضریب یکنواختی کلی (U_0)	ضریب یکنواختی طولی (U_L)
راه ارتباطی به آزادراه	همه مناطق	۰/۵	۰/۳۰	۰/۱۷
راه ارتباطی به بزرگراه	تجاری	۰/۷	۰/۳۳	۰/۲۰
	سایر مناطق	۰/۵۵	۰/۳۳	۰/۲۰
شانه‌راه‌کلیه‌راههای‌شریانی‌درجه۱	همه مناطق	۰/۳۰	۰/۳۳	۰/۲۰

۴-۳-۳ محدودیت خیرگی

برای کنترل خیرگی، آستانه افزایش (TI) نباید از ۱۰٪ تجاوز نماید. این آستانه افزایش، برای حالت تمیز بودن چراغ و با حداکثر فلوی لامپ باید محاسبه شود.

۴-۳-۴ روشنایی محیط اطراف راه

"شانه راه" باید به حد کافی روشن باشد تا رانندگان بتوانند وجود اجسام مختلف را در آن تشخیص دهند. لذا در طراحی روشنایی راههای شریانی درجه ۱ باید علاوه بر روشنایی سطح راه، نسبت به تامین روشنایی "شانه راه" نیز اقدام شود.

۴-۴ انتخاب لامپ

انتخاب لامپ مناسب عیناً مطابق با فصل سوم صورت می‌گیرد.

۴-۵ ارتفاع نصب

در راههای شریانی درجه ۱ دو طرفه با ۳ باند حرکت و یا کمتر در هر طرف راه، استفاده از پایه‌های ۱۲ متری توصیه می‌شود. در راههای دو طرفه با ۳ و یا ۴ باند حرکت در هر طرف، استفاده از پایه‌های ۱۵ متری مناسبتر است. برای "راه اتصالی" و "راه ارتباطی"، به دلیل کم شدن عرض راه و داشتن خمیدگی، استفاده از پایه‌های ۱۰ متری مناسب است.

۴-۶ آرایش نصب

۴-۶-۱ نصب در وسط

در این روش نصب، از پایه‌هایی با دو چراغ که پشت به پشت هم، بر روی دو بازوی مختلف نصب شده باشد، استفاده می‌شود. این روش، خاص راههای دوطرفه بوده و در اکثر مواقع مورد استفاده قرار می‌گیرد. استفاده از این روش، باعث ایجاد نور زیادی در سطح جاده و یا تقاطع می گردد.

۴-۶-۲ نصب روبرو

استفاده از این روش نصب، فقط مواقعی توصیه می‌شود که عرض رفوژ وسط راه کم بوده و یا به دلیل مشکلات زمین کردن شبکه و یا مشکلات تعمیر و نگهداری به جهت مشکل دسترسی، روش نصب دیگری، بغیر از روش نصب در وسط، لازم گردد. در این حالت، درصد بزرگی از شار نوری، به شانه راه و محیط اطراف آن می‌تابد.

۴-۶-۳ نصب در یک طرف

این نوع روش نصب، برای راههای شریانی درجه ۱ با عرض زیاد رفوژ وسط راه، و همچنین برای روشنایی "راه اتصالی" و "راه ارتباطی" توصیه می‌شود.

۴-۶-۴ ترکیب نصب در وسط و نصب روبرو

این نوع طریقه نصب فقط برای راههای عریض، در صورتی که هر یک از سایر طریقه‌های نصب نتواند نیاز روشنایی راه را تامین کند، می‌تواند به کار رود.

۴-۶-۵ روشنایی با استفاده از پایه‌های بلند

این نوع طریقه نصب، فقط مواقعی می‌تواند استفاده شود که عواملی مانند شکل راه، محدودیتهای موجود در نصب پایه‌ها و عوامل محدودکننده محیط اطراف راه، استفاده از سایر روشهای نصب معمول را امکان‌پذیر نسازد.
مثالهایی از محلهای نصب با این روش، عبارتند از: تقاطعهای غیر همسطح پیچیده و محلهای دریافت عوارض در راهها.

۴-۷ ملاحظات طراحی

۴-۷-۱ عوامل موثر در انتخاب آرایش نصب

محدودیتهای زیر، در انتخاب آرایش نصب مناسب در راههای شریانی درجه۱، تاثیر می‌گذارد:

الف- باریک بودن عرض رفوژ وسط و شانه راه (شانه راه، همیشه در طول راه پیوسته نمی‌باشد).

ب- محدودیتهای سازه‌ای موجود برای نصب پایه‌های روشنایی.

ج- وجود پیچهای تند (با توجه به تاثیری که بر خط دید راننده می‌گذارد، بر انتخاب محل نصب گاردریل و پایه‌های روشنایی نیز موثر است).

د- محدودیتهای دسترسی به پایه‌ها بررسی انجام تعمیر و نگهداری.

۴-۷-۲ روشنایی تقاطعها

برای طراحی روشنایی تقاطعهای غیر همسطح موجود در مسیر راه به فصل هشتم مراجعه گردد.

۴-۷-۳ تعمیر و نگهداری

یکی از پارامترهایی که در هنگام طراحی سیستم روشنایی باید به آن توجه شود، مسئله وجود ایمنی کافی در موقع انجام تعمیر و نگهداری سیستم و هزینه انجام آن است. محدودیتهایی که در این خصوص وجود دارد و ممکن است در طرح سیستم روشنایی اثر بگذارد عبارتند از:

الف- باریک بودن رفوژ وسط راه و عدم مداومت شانه راه در طول راه.

ب- ایمنی پرسنل تعمیر و نگهداری و همچنین تجهزات مورد استفاده آنها در هنگام کار.

ج- حداقل بودن کندی ایجاد شده در ترافیک راه، در مواقع انجام تعمیر و نگهداری سیستم روشنایی.

د- تعمیر و نگهداری سیستم روشنایی نصب در وسط و میزان نیاز به انحراف مسیر حرکت خودروها برای حفظ ایمنی پرسنل و تجهیزات

هـ- تعمیر و نگهداری سیستم روشنایی نصب زیگزاگ یا روبرو که نیاز به استفاده از شانه راه برای انجام کار دارد.

۴-۷-۴ رعایت موارد عملی نصب سیستم روشنایی

۴-۷-۴-۱ نصب در وسط

در این سیستم از یک ردیف پایه با دو بازو استفاده می‌شود که توسط یک رشته کابل، تغذیه می‌گردد. این پایه‌ها توسط گاردریل جاده حفاظت شده و باید فاصله ایمن را از گاردریل داشته باشد. این نوع سیستم نصب، نیاز به وجود کانال یا لوله مخصوص عبور کابل تغذیه‌کننده، در روی پلهای مسیر راه دارد.

۴-۷-۴-۲ نصب روبرو

در این نوع سیستم، پایه‌ها در دو ردیف در طرفین جاده نصب گردیده و هر پایه دارای یک بازو می‌باشد. برای تغذیه این سیستم، نیاز به عبور دو رشته کابل از دو طرف جاده می‌باشد. در این روش نصب، با توجه به شکل جاده، ممکن است نیاز به گاردریل حفاظتی نیز باشد. عموماً به دلیل وجود فضای کافی، امکان استفاده از کانال برای عبور کابل وجود دارد.

۴-۷-۴-۳ ترکیب نصب در وسط و نصب روبرو

این روش نصب، به سه ردیف پایه و سه رشته کابل تغذیه جداگانه نیاز دارد.

۴-۷-۴-۴ روشنایی با پایه‌های بلند

این روش نصب، نیاز به در نظر گرفتن تمهیدات خاصی برای انجام تعمیر و نگهداری (به عنوان نمونه، استفاده از وسایل پایین‌آوردنده چراغ)، طراحی فونداسیون، نحوه تغذیه و کنترل این سیستم دارد.

۴-۷-۵ ایمنی در نزدیکی خطوط هوایی انتقال نیرو

به منظور رعایت نکات ایمنی، در موقع نصب و راه اندازی، و تعمیر و نگهداری سیستم روشنایی باید فاصله ایمن مجاز با هادیهای خطوط هوایی انتقال نیرو مراعات شده و محل پایه‌ها با در نظر گرفتن این نکته تعیین گردد.

۴-۷-۶ رعایت فاصله مجاز با شبکه کابل زمینی موجود در کناره راه

در انتخاب محل نصب پایه، در صورت وجود شبکه کابلی زیرزمینی در امتداد کناره‌های راه، باید فاصله مجاز از سیستم مزبور مراعات شود.

۴-۸ ساعات بهره برداری

در کلیه ساعات تاریکی باید در راههای شریانی درجه ۱، سیستم روشنایی مورد بهره‌برداری قرار گیرد.

۴-۹ طراحی و محاسبات روشنایی راههای شریانی درجه ۱

طراحی و محاسبات سیستم روشنایی، و تعیین فواصل نصب و آرایش مناسب پایه‌ها برای راههای شریانی درجه ۱، عیناً همانند روشهای عنوان شده در فصل سوم خواهد بود لیکن محدودیتها و تغییرات زیر نیز باید در آن اعمال گردد.

۴-۹-۱ محدوده محاسبه روشنایی و تعداد نقاط محاسبه

نحوه تشکیل مستطیل محاسباتی مطابق با اشکال (۴-۱) و (۴-۲) می‌باشد. این مستطیل، سطحی از راه را پوشش می‌دهد که مابین دو چراغ واقع در یک سمت راه، قرار گرفته و مشتمل بر نقاط محاسبه واقع بر سطح راه و شانه راه می‌باشد.

در این مستطیل، در طول راه، تعداد نقاط محاسبه (N) باید برای فاصله نصب (S) کوچکتر یا مساوی ۵۰ متر، ۱۰ عدد انتخاب گردد ولی برای فاصله نصبهای بزرگتر، کوچکترین مقدار N باید طوری انتخاب شود که فاصله بین دو نقطه محاسباتی (d) کوچکتر یا مساوی ۵ متر گردد.

در عرض راه نیز، برای سطح آن، باید در هر باند ترافیکی ۵ نقطه محاسبه منظور شود به طوری که فاصله نقاط از هم $W_l/5$، و فاصله نقاط کناری باند از مرز باند $W_l/10$ باشد. برای شانه راه نیز ۵ نقطه محاسبه منظور گردد به نحوی که فاصله نقاط از هم $W_{hs}/5$ و فاصله نقاط کناری از مرز شانه راه $W_{hs}/10$ باشد.

۴-۹-۲ موقعیت ناظر

در کلیه آرایش نصبها، محل قرارگیری ناظر در فاصله $W_k/4$ از لبه کناری سمت راست راه و در ۶۰ متری مستطیل محاسباتی می‌باشد.

۴-۹-۳ ضریب یکنواختی طولی (U_L)

این ضریب، برای شانه راه و هر یک از باندهای جاده باید به طور جداگانه تعیین شود. برای محاسبه آن باید در هر یک از باندهای ترافیکی و شانه راه، و

در طول خط مستقیمی که آن خط از وسط آن باند و یا شانه راه عبور می‌کند، محاسبه صورت بگیرد. تعداد نقاط محاسبه واقع بر روی هر خط محاسبه، N عدد می‌باشد.

۴-۹-۴ تعداد چراغهای موثر در محاسبه درخشندگی یک نقطه

تعداد این چراغها توسط جداول ضریب درخشندگی کاهش یافته (r) محدود می‌شود. بدین‌ترتیب که برای هر نقطه بر روی سطح راه که خارج از حوزه جدول r باشد، اندازه r صفر منظور شده و لذا چراغ مربوطه در درخشندگی آن نقطه سهمی نخواهد داشت . ولی سایر چراغهایی که بردرخشندگی آن نقطه اثر می‌گذارد باید در محاسبات منظور گردد. به عنوان مثال، برای سیستم روشنایی که در آن، از روش نصب در وسط با پایه‌های دو چراغی استفاده شده، باید درخشندگی ناشی از هر دو چراغ پایه، در محاسبه میزان درخشندگی هر نقطه منظور شود.

۴-۹-۵ محاسبه درخشندگی متوسط ($\bar{L}$) سطح راه

درخشندگی متوسط سطح راه ($\bar{L}$) عبارتست از متوسط درخشندگیهای محاسبه شده در کلیه "نقاط محاسبه" واقع در "مستطیل محاسبه"، به عرض W_k (متشکل از کلیه باندهای ترافیکی به عرض W_i). در این حالت، مقدار محاسبه شده، نباید از مقادیر محدود شده در بند (۴-۳-۲) کمتر باشد.

۴-۹-۶ محاسبه ضریب یکنواختی کلی (U_0) سطح راه

ضریب یکنواختی کلی (U_0) در سطح راه، عبارتست از نسبت حداقل درخشندگی (L_{min}) به درخشندگی متوسط ($\bar{L}$) که در مستطیل محاسباتی (به عرض W_k) و با توجه به درخشندگی کلیه نقاط واقع بر آن بدست می‌آید. مقدار محاسبه شده برای آن، نباید از مقادیر محدود شده در بند (۴-۳-۲) کمتر باشد.

۴-۹-۷ محاسبه ضریب یکنواختی طولی (U_L) سطح راه

ضریب یکنواختی طولی (U_L) در سطح راه، عبارتست از نسبت حداقل درخشندگی (L_{min}) به حداکثر درخشندگی (L_{max}) که در هر یک از باندهای ترافیکی و با توجه به درخشندگی کلیه نقاط واقع بر روی خط وسط آن باند، محاسبه می‌شود. این محاسبه از دید ناظری که بر روی همان خط وسط باند و در فاصله ۶۰ متری واقع شده، صورت می‌گیرد.

ضریب یکنواختی طولی (U_L) در سطح راه باید برای تک‌تک باندهای ترافیکی به طور جداگانه محاسبه شده و کمترین مقدار آن نباید از مقادیر محدود شده در بخش (۴-۳-۲) کمتر باشد.

۴-۹-۸ محاسبه آستانه افزایش (TI)

آستانه افزایش (TI) به صورت زیر محاسبه می‌شود (مشابه با رابطه ۳-۱۴):

$$TI = \frac{650\, E\, .\, \varphi}{(\overline{L}\ /\ MF)^{0.8}\, .\, \theta^2} \qquad (۴-۱)$$

در این رابطه:

E : عبارتست از مجموع شدت روشنایی (بر حسب لوکس بر ۱۰۰۰ لومن لامپ) که توسط یک چراغ تمیز بر روی صفحه‌ای عمود بر خط دید و در ارتفاع چشم ناظر ایجاد می‌گردد.

θ : عبارتست از زاویه بین خط دید ناظر و خط دید گذرنده از چشم ناظر و مرکز چراغ (شکل ۳-۱۱).

$\overline{L}$: مقدار درخشندگی متوسط محاسبه شده برای سطح راه می‌باشد.

FM : ضریب نگهداری مطابق با تعریف فصل سوم (بند ۳-۱۲-۱۵).

φ : شار نوری اولیه لامپ بر حسب کیلولومن.

توجه ۱: برای محاسبه TI، چشم ناظر در ارتفاع ۱/۵ متری بالای سطح راه و در نقطه $W_k/4$ از کناره راه و در فاصله طولی (H-1.5) 2.75 نسبت به اولین چراغ باید در نظر گرفته شود (H ارتفاع نصب چراغ می‌باشد). در این حالت، خط دید ناظر باید با زاویه ۱ درجه فرض شود.

توجه ۲: این معادله فقط برای مقادیر θ بین ۱/۵ تا ۶۰ درجه به کار برده می‌شود. در این رابطه، برای محاسبه E ، با استفاده از رابطه (۳-۱۳)، مجموع شدت روشنایی ناشی از اولین چراغ و چراغهای بعدی تا فاصله ۵۰۰ متری حساب می‌گردد. البته در صورتی که شدت روشنایی ناشی از چراغی، کمتر از ۲٪ مجموع شدت روشنایی چراغهای ماقبل باشد، نیازی به ادامه محاسبه شدت روشنایی چراغهای بعدی نبوده و محاسبات قبل از رسیدن به فاصله ۵۰۰ متری متوقف می‌شود.

۴-۹-۹ محاسبه درخشندگی متوسط ($\bar{L}$) شانه راه

درخشندگی متوسط شانه راه ($\bar{L}$) عبارتست از متوسط درخشندگیهای محاسبه شده در کلیه "نقاط محاسبه" واقع در "مستطیل محاسبه" که این مستطیل، در شانه راه به عرض W_{hs} تشکیل می‌شود. در این حالت، مقدار محاسبه شده نباید از مقادیر محدود شده در بند (۴-۳-۲) کمتر باشد.

۴-۹-۱۰ محاسبه ضریب یکنواختی کلی (U_0) شانه راه

ضریب یکنواختی کلی (U_0) در شانه راه عبارتست از نسبت حداقل درخشندگی (L_{min}) به درخشندگی متوسط ($\bar{L}$) که در مستطیل محاسباتی واقع در شانه راه به عرض W_{hs} بدست می‌آید. در این حالت، مقدار محاسبه شده، نباید از مقادیر محدود شده در بند (۴-۳-۲) کمتر باشد.

۴-۹-۱۱ محاسبه ضریب یکنواختی طولی (U_L) شانه راه

ضریب یکنواختی طولی (U_L) در شانه راه عبارتست از نسبت حداقل درخشندگی (L_{min}) به حداکثر درخشندگی (L_{max}) که در شانه راه و با توجه به درخشندگی کلیه نقاط واقع بر روی خط وسط شانه راه، محاسبه می‌شود. این محاسبه، از دیدناظری که بر روی همان خط وسط شانه راه و در فاصله ۶۰ متری واقع شده صورت می‌گیرد. در این حالت، مقدار محاسبه شده نباید از مقادیر محدود شده در بند (۴-۳-۲) کمتر باشد.

۴-۹-۱۲ مراحل طراحی روشنایی راههای شریانی درجه ۱

با توجه به مطالب این فصل، مراحل گام به گام طراحی روشنایی راههای شریانی درجه ۱ عبارتست از:

الف- تعیین نوع راه و کلیه مشخصه‌های مورد نیاز برای انجام طراحی و محاسبات روشنایی آن.

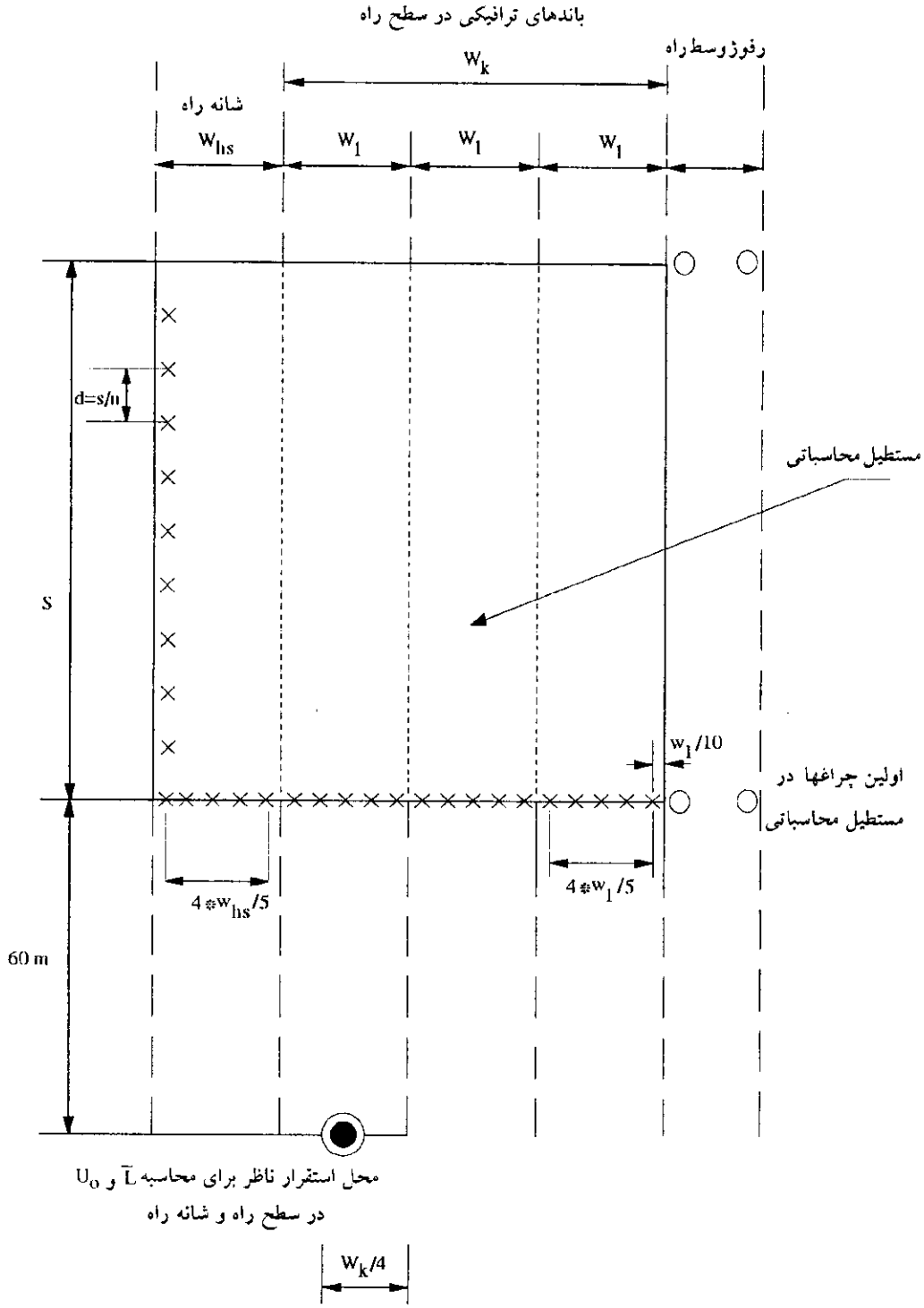
ب- انجام محاسبات لازم و تعیین فاصله نصب مناسب در مسیر مستقیم راه.

ج- تعیین محل نصب چراغها، در پیچها و مسیرهای خمدار راه، بر روی نقشه مسیر و با توجه به نتایج حاصل از محاسبات بند "ب".

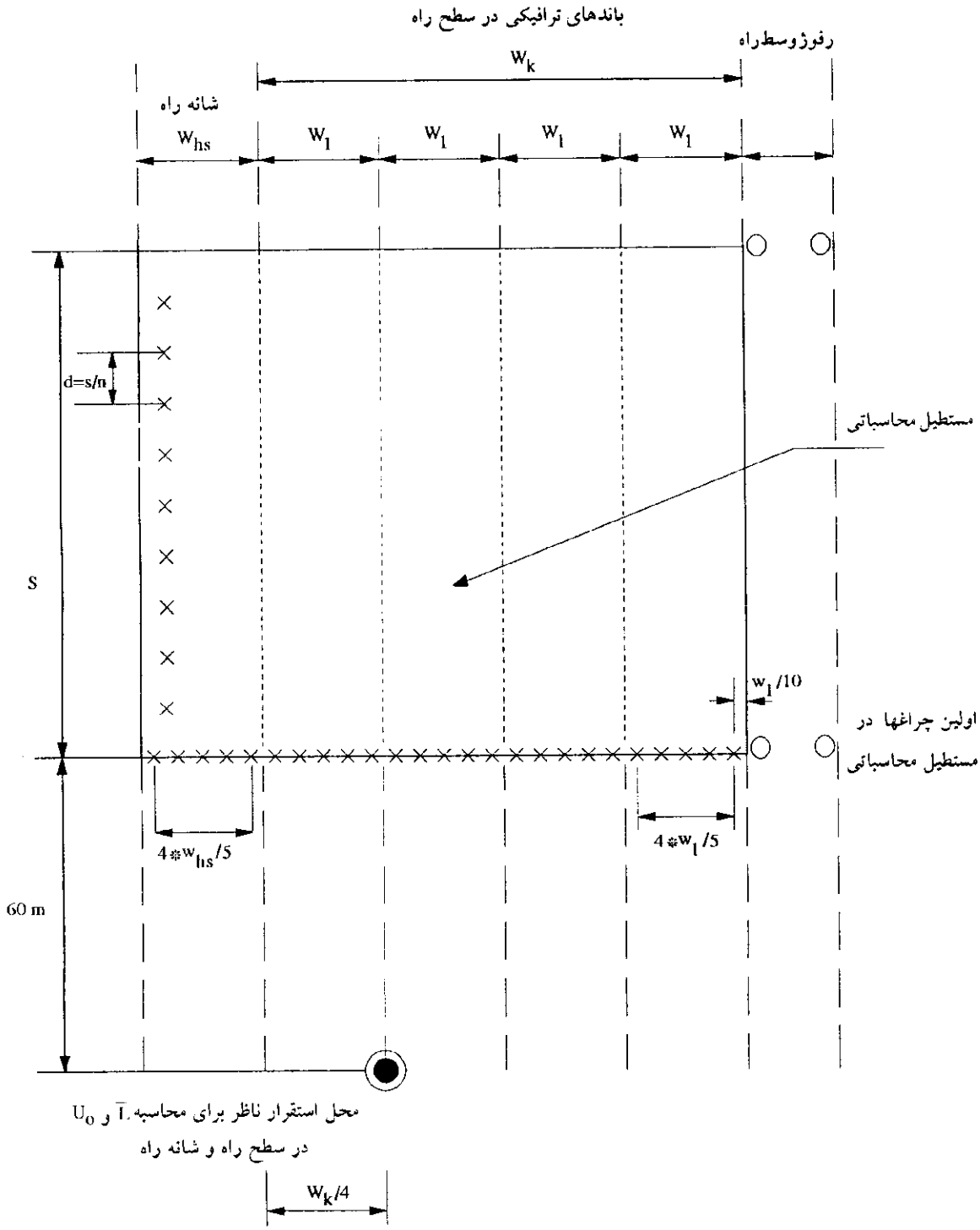
د- تعیین محل نصب چراغها، در تقاطعهای غیر همسطح و پلهای موجود در مسیر راه، بر روی نقشه مسیر و با توجه به نتایج حاصل از محاسبات بند "ب".

هـ- تعیین محل نصب چراغها، در سراشیبیها و یا شیب پلهای موجود در مسیر راه، بر روی نقشه مسیر و با توجه به نتایج حاصل از محاسبات بند "ب".

و- تعیین محل نصب چراغها، در مسیرهای مستقیم راه، بر روی نقشه مسیر، با توجه به نتایج حاصل از محاسبات بند "ب" و با در نظر گرفتن چراغهای نصب شده در بندهای "ج"، "د" و "هـ".



شکل ۴-۱- موقعیت "نقاط محاسبه" و محل استقرار ناظر، با توجه به محل نصب چراغها در یک راه شریانی درجه ۱ سه باندی (در هر طرف راه) با آرایش نصب در وسط (X ، مشخص‌کننده هر نقطه محاسبه می‌باشد)



شکل ۴-۲- موقعیت "نقاط محاسبه" و محل استقرار ناظر، با توجه به محل نصب چراغها در یک راه شریانی درجه ۱ چهاربانده (در هر طرف راه) با آرایش نصب در وسط (x ، مشخص‌کننده هر نقطه محاسبه می‌باشد)

فصل پنجم

طراحی روشنایی راههای محلی

مقدمه

در این فصل، دستورالعملها، معیارها و ضوابط مورد استفاده در طراحی روشنایی راههای محلی تعیین می‌شود. اصول، روشها و ضوابط کلی گفته شده در فصل سوم، در خصوص طراحی روشنایی راههای شریانی درجه ۲، در این فصل نیز با اعمال موارد خاص راههای محلی عیناً مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این‌گونه موارد، روشها و ضوابط تصریح شده در فصل حاضر، جایگزین روشها و ضوابط گفته شده در فصل سوم می‌گردد.

۵-۱ دامنه کاربرد

این فصل، حاوی توصیه‌هایی در مورد روشنایی راههای دسترسی، راههای مناطق مسکونی، محلهای عبور پیاده‌ها در آن و سایر راههای محلی می‌باشد. توصیه‌های این فصل، روشنایی مراکز و محلهای تفریح عمومی همچون گردشگاهها، پارکها، پارکینگها و غیره و همچنین نوردهی مجسمه‌ها، فواره‌ها، ساختمانهای تاریخی و امثال آنها را شامل می‌شود.

۵-۲ تعریفها

۵-۲-۱ راه دسترسی

عبارت از راهی است که راههای شریانی درجه ۲ را به مناطق مسکونی، تجاری و صنعتی با ترافیک کم، متصل می‌کند.

۵-۲-۲ راه منطقه مسکونی

عبارت از راهی است که ترافیک عبوری در آن، ناشی از منازل مسکونی موجود در آن منطقه بوده و به ندرت وسایل نقلیه غیر مرتبط با این منطقه از آن عبور می‌کند.

۵-۲-۳ کوچه

عبارت از راه محلی است که در آن، اشخاص پیاده و وسایل نقلیه از سطوح مشترکی برای عبور و مرور استفاده می‌کنند.

۵-۲-۴ درصد خروج نور از چراغ به سمت پایین

درصدی از نور تولیدی لامپ که از چراغ خارج شده و به سمت پایین آن (مجموعه‌خیابان‌وپیاده‌رو) می‌تابد. این‌مقدار، توسط سازنده‌چراغ ارائه می‌شود.

۵-۳ توصیه‌های عمومی طراحی

۵-۳-۱ کلیات

هدف اصلی از تامین روشنایی در این نوع راهها، کمک به مسیریابی اشخاص پیاده و رویت وسایل نقلیه و سایر موانع توسط آنها می‌باشد. همچنین تامین مناسب روشنایی این راهها، در جهت کاهش میزان وقوع جرایم صورت می‌پذیرد. روشنایی راههای محلی باید به اندازه‌ای باشد که بتواند به راهنمایی رانندگان وسایل‌نقلیه کمک کند ولی در این حالت، ممکن است آنها بدون استفاده از نور چراغ خودرو قادر به تشخیص اشیاء بر روی سطح راه نباشند.

۵-۳-۲ احتمال وقوع جرم و تامین امنیت اشخاص پیاده

در مناطقی که احتمال وقوع جرم زیاد است باید نسبت به تامین روشنایی نقاط تاریک موجود در اطراف آن اقدام نمود. حتی در چنین مناطقی می‌توان همراه با چراغ اصلی، چراغ کمکی اضافی نیز نصب کرد تا بتوان در مواقع سوختن یکی از چراغها، آن منطقه را همچنان روشن نگهداشت. بهره‌برداری از سیستم روشنایی در کل ساعات تاریکی شب نیز به جهت تامین امنیت اکیدا" توصیه

می‌شود.

۵-۴ مشخصات طراحی

۵-۴-۱ معیار سنجش روشنایی در راههای محلی

از آنجا که این راهها، کاربری اصلی "اجتماعی" دارد لذا معیار سنجش روشنایی در آن "شدت روشنایی" سطح راه می‌باشد. برای طراحی روشنایی در این راهها باید از مقادیر موجود در جدول (۳-۳) استفاده شود.

۵-۴-۲ انتخاب لامپ

انتخاب لامپ مناسب عیناً مطابق با توصیه‌های فصل سوم صورت می‌گیرد.

۵-۴-۳ محدودیت خیرگی

برای کنترل خیرگی باید شار نوری خروجی از چراغ، رو به سمت پایین و در ابتدای زمان نصب لامپ محاسبه شود. در این محاسبه، حداکثر شار اولیه لامپ در، درصد خروج به سمت پایین نور از چراغ، ضرب می‌گردد. اگر مقدار حاصل، از ۳/۵ کیلولومن کمتر باشد، نیازی به کنترل خیرگی نیست. ولی اگر مقدار آن از ۳/۵ کیلو لومن بیشتر باشد، در آن صورت شدت نور خروجی چراغ نباید از مقادیر زیر بیشتر باشد:

الف- در زاویه ۸۰ درجه نسبت به خط عمود بر سطح راه و چراغ، ۱۶۰cd/K1m

ب- در زوایه ۹۰ درجه نسبت به خط عمود بر سطح راه و چراغ، cd/K1m ۸۰

۵-۴-۴ آرایش نصب

برای راههای محلی که در دو طرف آن پیاده‌رو وجود داشته باشد، استفاده از آرایش نصب زیگزاگ توصیه می‌شود. در این راهها، آرایش نصب یک طرفه نیز می‌تواند اجرا گردد به شرطی که محدودیتهای روشنایی راه برآورده شود.

۵-۴-۵ ارتفاع نصب

برای انتخاب ارتفاع نصب چراغ در این نوع راهها، ارتفاع نصب‌های ۴و ۵ و یا ۶ متری توصیه می‌شود. ملاحظات رویت سیستم روشنایی هر راه محلی در روز، از نظر زیبایی، تعیین‌کننده ارتفاع نصب مناسب در آن راه می‌باشد. در این انتخاب، باید توصیه‌های فصل اول مد نظر قرار گیرد.

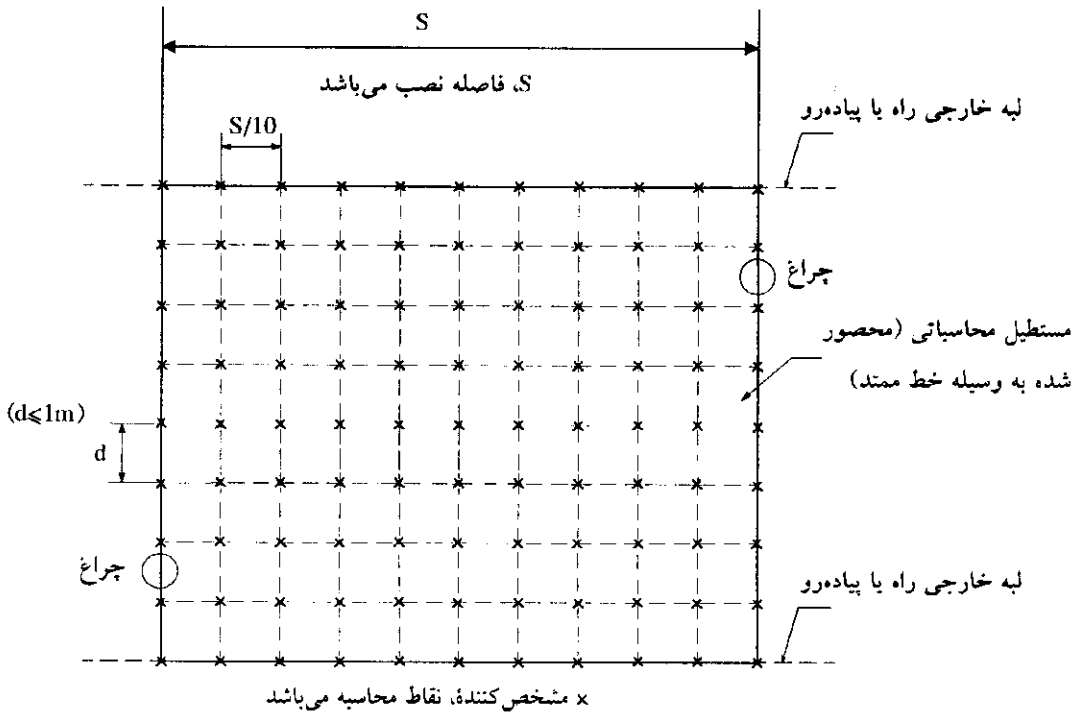
۵-۴-۶ مراحل طراحی و محاسبات روشنایی راههای محلی

روش کلی طراحی و محاسبات روشنایی راههای محلی و تعیین فواصل نصب و آرایش مناسب سیستم روشنایی، مشابه با روشهای عنوان شده در فصل سوم بوده، فقط در آن، معیارسنجش‌روشنایی،"شدت‌روشنایی" سطح‌راه‌می‌باشد.

۵-۴-۶-۱ محدوده محاسبه روشنایی و تعداد نقاط محاسبه

نحوه تشکیل مستطیل محاسباتی مطابق با شکل (۵-۱) می‌باشد. این مستطیل، سطحی از راه را پوشش می‌دهد که مابین دو چراغ قرار گرفته و مشتمل بر نقاط محاسبه واقع بر سطح راه و پیاده‌رو می‌باشد. در این مستطیل، در طول راه، تعداد نقاط محاسبه باید برای هر فاصله نصب (S)،۱۱ عدد انتخاب شود به طوری که فاصله هر دو نقطه مجاور از هم S/10 باشد.

در عرض مستطیل نیز، باید تعداد نقاط محاسبه طوری انتخاب شود که فاصله دو نقطه مجاور، از یک متر بیشتر نباشد.



شکل ۵-۱- تشکیل "مستطیل محاسباتی" و "نقاط محاسبه" داخل آن، به منظور محاسبه شدت روشنایی راههای محلی

۵-۴-۶-۲ تعداد چراغهای موثر در محاسبه شدت روشنایی یک نقطه

برای محاسبه شدت روشنایی هر یک از نقاط واقع در مستطیل محاسباتی، علاوه بر دو چراغ واقع در ابتدا و انتهای مستطیل، یک چراغ قبل و یک چراغ بعد از مستطیل نیز در محاسبات وارد می‌گردد.

۵-۴-۶-۳ محاسبه شدت روشنایی متوسط ($\bar{E}$)

شدت روشنایی متوسط ($\bar{E}$) عبارتست از متوسط شدت روشناییهای محاسبه شده در کلیه "نقاط محاسبه" واقع در "مستطیل محاسبه". در این حالت، مقدار محاسبه شده، نباید از مقادیر محدود شده در جدول (۳-۳) کمتر باشد.

۵-۴-۶-۴ محاسبه ضریب یکنواختی کلی (U_0)

ضریب یکنواختی کلی (U_0) عبارتست از نسبت حداقل شدت روشنایی (E_{min}) به شدت روشنایی متوسط ($\bar{E}$) که در مستطیل محاسباتی و با توجه به

شدت روشنایی کلیه نقاط واقع بر آن بدست می‌آید. مقدار محاسبه شده برای آن، نباید از مقادیر محدود شده در جدول (۳-۳) کمتر باشد

۵-۴-۶-۵ تعیین فاصله نصب در مسیرهای مستقیم راههای محلی

برای تعیین فاصله نصب در مسیرهای مستقیم راههای محلی، مراحل زیر باید گام به گام انجام شود:

الف- مشخص کردن نوع و کاربری راه و عرض آن.

ب- مشخص کردن محدودیتهای طراحی مشتمل بر شدت روشنایی متوسط ($\overline{E}$) ، ضریب یکنواختی کلی (U_0) و خیرگی مجاز.

ج- تعیین ارتفاع نصب و نوع پایه.

د- تعیین نوع لامپ و چراغ مناسب و مشخص کردن کلیه مشخصه‌های آن.

هـ- تعیین آرایش نصب.

و- تعیین فاصله نصب چراغ (S).

در ابتدای طراحی باید فاصله اولیه‌ای برای نصب چراغ تعیین شده و محاسبات بر مبنای آن انجام شود. در صورتی که نتایج محاسبات، دال بر عدم برآورد محدودیتهای طراحی باشد، باید نسبت به تغییر فاصله نصب و انجام مجدد محاسبات، تا حصول به طراحی مناسب، اقدام شود.

این تغییر فاصله (کاهش یا افزایش آن) در گامهای یک متری توصیه می‌گردد.

برای تعیین فاصله اولیه نصب چراغ (S_I) می‌توان از ضریب بهره (CU) استفاده نمود (مطابق با توصیه‌های بند ۳-۱۴-۶).

ز- تعیین "مستطیل محاسباتی" و "نقاط محاسبه".

ح- محاسبه $\overline{E}$ و U_0 و مقایسه نتایج حاصل، با محدودیتهای طراحی تعیین شده، و همچنین کنترل محدودیت خیرگی (مطابق با بند ۵-۴-۳).

در صورت عدم برآورد محدودیت خیرگی، به مرحله "ج" رفته و با تغییر ارتفاع نصب و یا نوع چراغ، مراحل دوباره تکرار می‌گردد.

در صورت عدم برآورد هر دو و یا یکی از محدودیتهای $\overline{E}$ و U_0 و برآورد محدودیت خیرگی، به مرحله "و" رفته و با تغییر فاصله نصب، مراحل دوباره تکرار می‌شود.

ط- برآورد هزینه طرح.

ی- انتخاب طرح بهینه.

۵-۴-۶-۶ تعیین فاصله نصب در پیچها و مسیرهای خمدار

در پیچها و مسیرهای خم‌دار راه، برای مشخص کردن لبه کناری پیچ و دادن هشدار به رانندگان وسایل‌نقلیه، توصیه می‌شود که پایه‌های روشنایی در محیط خارجی پیچ و بر طبق فاصله نصب مسیر مستقیم راه نصب شود. در این حالت، با انجام محاسبات، شدت روشنایی متوسط ($\overline{E}$) و حداقل آن (E_{min}) نباید از مقادیر محدود شده در جدول (۳-۳) کمتر باشد. در غیر این صورت برای اصلاح میزان روشنایی پیاده‌روها، در محیط داخلی پیچ می‌توان از چراغهای کمکی استفاده نمود.

۵-۴-۶-۷ طراحی روشنایی کوچه‌ها

برای طراحی روشنایی کوچه‌ها نیز عیناً مطابق با روش بالا و با تشکیل مستطیل محاسباتی عمل می‌شود. فقط در این حالت باید دقت گردد که تعداد نقاط محاسبه از ۲۵ نقطه کمتر نباشد.

۵-۵ ملاحظات کلی در نصب پایه‌ها

۵-۵-۱ در راههای محلی، به عنوان امکان دیگری از نصب چراغ، می‌توان براکت چراغ را بر روی دیوار و در فصل مشترک دو ساختمان (بدون استفاده از پایه) نصب نمود.

۵-۵-۲ محل نصب پایه‌ها باید بر حسب توصیه‌های فصل اول تعیین شود، بجز در معابری که عرض پیاده‌رو در آن ۳ متر و یا کمتر باشد. در این نوع معابر، به خاطر ایمنی پایه‌ها و حفظ آن از برخورد وسایل نقلیه، بهتر است در کناره انتهایی پیاده‌رو (دورتر از لبه سواره‌رو) نصب شود. ولی در سایر موارد، پایه باید طوری نصب شود که حداقل ۰/۸ متر از لبه سواره‌رو فاصله داشته و در عین حال مزاحمتی نیز برای اشخاص پیاده و استفاده‌کنندگان از معبر فراهم نکند.

۵-۵-۳ در تقاطعها و میادین، باید مطابق با توصیه‌های فصول ششم و هفتم عمل شود.

۵-۵-۴ براکت پایه‌ها باید تا حد امکان کوتاه بوده و عموماً نیز سعی شود که این پایه‌ها در فصل مشترک دو ساختمان قرار گرفته و مزاحمتی برای درب و پنجره ساختمانها ایجاد نکند. همچنین انتخاب محل نصب پایه‌ها، با در نظر گرفتن محل درختان موجود در معبر صورت بگیرد.

۵-۶ نگهداری و بهره‌برداری از شبکه روشنایی

در راههای محلی برای تامین امنیت و جلوگیری از وقوع جرم و همچنین فراهم بودن شرایط لازم برای دید کافی و راحت اشخاص پیاده باید در طول مدت زمان تاریکی، از سیستم روشنایی معبر بهره‌برداری شود. از آنجائی‌که در این نوع راهها، خاموش بودن یک منطقه می‌تواند باعث وقوع جرم و عدم امنیت گردد لذا توصیه می‌شود که جدول زمانی نگهداری و بازرسی از سیستم روشنایی این نوع معابر، تهیه و به دقت به مورد اجرا گذاشته شود.

۵-۷ مراحل طراحی راههای محلی

با توجه به مطالب گفته شده در این فصل، مراحل گام به گام طراحی راههای محلی به شرح زیر خواهد بود:

الف- تعیین نوع راه و کلیه مشخصه‌های مورد نیاز برای انجام طراحی و محاسبات روشنایی آن.

ب- انجام محاسبات لازم و تعیین فاصله نصب مناسب در مسیر مستقیم راه.

ج- تعیین محل نصب چراغها، در تقاطعها و میادین موجود در مسیر راه، بر روی نقشه مسیر و با توجه به نتایج حاصل از بند "ب".

د- تعیین محل نصب چراغها، در مسیرهای مستقیم راه، بر روی نقشه مسیر، با توجه به نتایج حاصل از محاسبات بند "ب" و با در نظر گرفتن چراغهای نصب شده در بند "ج".

هـ- تعیین محل نصب چراغهای اضافی مورد نیاز در پیچها و مسیرهای خمدار راه و همچنین در نقاط تاریک موجود در سطح راه و اطراف آن، بر روی نقشه مسیر و با توجه به نتایج حاصل از بندهای "ج" و "د".

فصل ششم

روشنایی تقاطعهای همسطح

۶-۱ دامنه کاربرد

این فصل مشتمل بر توصیه‌هایی برای طراحی روشنایی تقاطعهای همسطح شامل تقاطع راههای اصلی و فرعی بوده که در آن حداقل یک راه به عنوان راه ترافیکی (شریانی درجه ۲ و محلی) محسوب می‌شود.
همچنین توصیه‌هایی در زمینه آرایش عمومی پایه‌های روشنایی، ارتفاع نصب، فاصله بین پایه‌ها و نوع چراغهای مورد استفاده در تقاطعها ارائه شده است.

۶-۲ تعریفها

برای طراحی روشنایی تقاطعهای همسطح، ابتدا تعریفهای زیر را در نظر می‌گیریم:

۶-۲-۱ تقاطع همسطح

تقاطعی که در آن هیچیک از راهها از روی دیگری عبور نمی‌کند.

۶-۲-۲ خط انحراف

یک خط ترافیکی کمکی که با کاسته شدن از عرض آن، ترافیک به سمت یک تقاطع، بدون کند کردن ترافیک سایر خطوط، هدایت شود.

۶-۲-۳ تقاطع چنگالی

یک تقاطع همسطح که در آن راه اصلی در محل تقاطع با راه فرعی از مسیر مستقیم منحرف شود.

۶-۲-۴ شبح جزیره[1]

سطح نشانه‌گذاری شده بر روی راه که در یک تقاطع، به منظور هدایت ترافیک در مسیر درست آن ایجاد می‌شود.

۶-۲-۵ رفوژ

یک سکو یا یک قسمت حفاظت شده (توسط گاردریل) که در وسط راه و به منظور تقسیم کردن جریان ترافیک و یا فراهم کردن یک منطقه ایمن برای عابرین پیاده نصب می‌شود.

۶-۲-۶ خط گردش به راست

خطی انحرافی که برای گردش ترافیک به سمت راست پیش‌بینی می‌شود.

۶-۲-۷ تقاطع زیگزاگ

تقاطع همسطح متشکل از سه راه که در آن راه اصلی مسیر پیوسته خود را در تقاطع ادامه می‌دهد و راههای فرعی یا اتصال به راه اصلی تشکیل دوتقاطع T متقابل می‌دهد.

۶-۲-۸ تقاطع T

تقاطع همسطح دو راه که در آن راه فرعی به راه اصلی عمود می‌شود.

۶-۲-۹ جزیره ترافیکی

سطح مرتفعی بر روی یک راه که در یک تقاطع و به منظور هدایت ترافیک در مسیر درست آن شکل داده شده و مستقر می‌شود.

۶-۲-۱۰ تقاطع Y

تقاطع همسطح دو راه که در آن، راه فرعی به صورت اریب به راه اصلی پیوسته و در آن نقطه ختم می‌شود

1- Ghost Island

۶-۳ کلیات

انتخاب بهترین محل برای نصب پایه‌های روشنایی در تقاطعهای همسطح به عنوان وسیله‌ای به منظور مشخص کردن نحوه آرایش[1] تقاطع و چگونگی حرکت ترافیک، معمولا مشکل است خصوصا" برای راههای وصل شونده به راههای اصلی که عرض آن فاصله نصب بیشتری را طلب می‌کند. ولی در هر حال، در تقاطعهایی که ترافیک کانالیزه می‌شود وجود روشنایی با کیفیت و استاندارد بالا ضروری و لازم است.

۶-۴ وظایف سیستم روشنایی

سیستم روشنایی مطلوب در تقاطعهای همسطح باید ضمن رعایت حدود خیرگی مجاز، وسیله‌ای برای مشخص کردن محل تقاطع، محل پیاده‌روها و علائم راهنمایی نصب شده و جهت و امتداد راهها بوده، همچنین رویت افراد پیاده و یا موانع موجود در راه و یا هر وسیله نقلیه متحرک در مجاورت تقاطع را امکان‌پذیر سازد. باید توجه داشت که وظیفه اصلی سیستم روشنایی در تقاطعها، نشان دادن خط سیر و مسیر ترافیک نیست. البته در صورت امکان، سیستم روشنایی باید به شکلی طراحی و پیاده شود که به مشخص کردن مسیر ترافیک کمک نموده و در عین حال طوری نیز نباشد که موجب منحرف نمودن رانندگان از مسیر حرکت شود. انتخاب محل پایه‌های روشنایی در تقاطعها باید پس از بررسی ترافیک خطوط راه، مخصوصا" خطوطی که ترافیک در آن به یکدیگر می‌پیوندد و همچنین نقاطی که احتمال برخورد و تصادف وسایل نقلیه در آن وجود دارد، انجام شود. روشنایی یک تقاطع باید متناسب با نیاز رانندگانی که به تقاطع نزدیک می‌شوند، باشد به طوری که آنها بتوانند به راحتی وسایل نقلیه‌ای که از جهات دیگر وارد تقاطع می‌شود را ببینند.

درخشندگی روی راه در محل تقاطع نیز نباید از درخشندگی روی راه اصلی که به تقاطع می‌پیوندد، کمتر باشد.

1- Layout

۶-۵ انواع تقاطعها

۶-۵-۱ کلیات

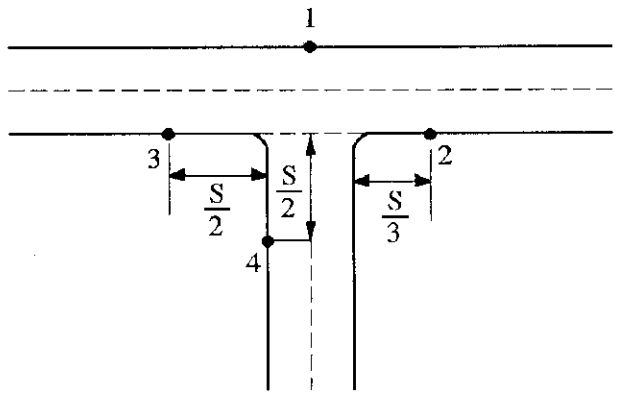
همان گونه که قبلاً ذکر شد کیفیت روشنایی باید علاوه بر ارضاء وظایف اصلی آن متاثر از اهمیت ترافیک تقاطع نیز باشد. اصولا در جوار تقاطع، نیاز به استفاده از یک پایه روشنایی بوده و در مورد تقاطعهایی که اهمیت ترافیکی ندارد تنها نیاز همین است. همچنین در مواقعی که ترافیک در یک تقاطع منحرف می‌شود مناسب است در روبروی نقطه اتصال راهی که به تقاطع نزدیک می‌شود نیز یک پایه نصب شود.

محل نصب پایه‌ها باید به گونه‌ای باشد که پیاده‌روها به وضوح دیده شود. پایه‌هایی که در وسط راه نصب می‌شود معمولا رویت پیاده‌رو را کاهش می‌دهد. اگر راهی که به تقاطع نزدیک می‌شود با چراغهایی که آستانه افزایش آن متوسط است (MTI) روشن شود، روشنایی تقاطع نیز باید توسط همین نوع چراغ و یا چراغ با آستانه افزایش کم (LTI) تامین شود و در صورتی که راه منتهی به تقاطع روشن نباشد و یا چراغهای بکار رفته در آن از نوع با آستانه افزایش کم باشد، تقاطع نیز باید با چراغهای با آستانه افزایش کم روشن شود. اگر هر یک از راههایی که به تقاطع منتهی می‌گردد روشن نباشد، بر طبق دستورالعمل بالا، سیستم روشنایی باید حداقل ۶۰ متر در راهی که روشن نیست ادامه پیدا کند.

تجهیزات روشنایی در تقاطعهای کانالیزه شده و یا غیرکانالیزه، معمولاً تحت تاثیر محل نصب علائم راهنمایی قرار ندارد.

۶-۵-۲ تقاطعهای T

به منظور دستیابی به درخشندگی مورد نیاز در یک تقاطع T، محلهای تیپ نصب پایه‌های روشنایی در شکل (۶-۱) نشان داده شده است (S نشان‌دهنده فاصله دو پایه متوالی در راه اصلی است).

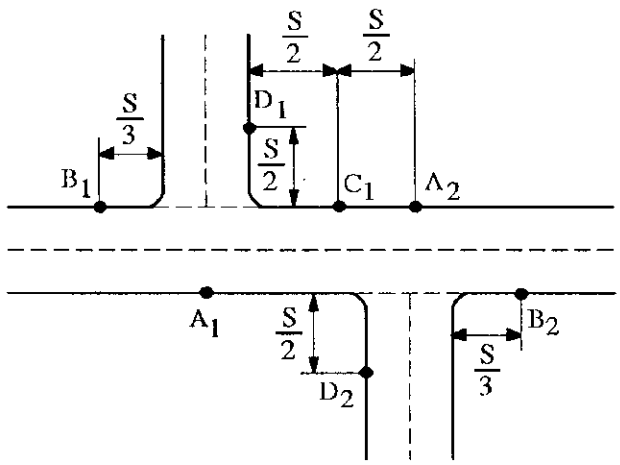


شکل ۶-۱- سیستم روشنایی تقاطع T

چهار پایه روشنایی مستقیماً وظیفه روشن کردن تقاطع را بر عهده دارد. پایه شماره ۱ باید در امتداد خط وسط راه فرعی نصب شود و به این ترتیب بتواند انتهای راه فرعی را به وسایل نقلیه‌ای که در آن تردد می‌کند نشان دهد و همچنین مسیر راه فرعی را برای عابرین مشخص نماید. پایه شماره ۲ باید در راه اصلی و در فاصله‌ای از پیاده‌رو راه فرعی، که حدوداً برابر یک سوم فاصله نصب دو پایه متوالی در راه اصلی است، نصب شود. این فاصله حداکثر می‌تواند ۱۲ متر باشد. این پایه، تقاطع راه اصلی و فرعی را برای وسایل نقلیه‌ای که در راه اصلی و از سمت چپ تقاطع به سمت تقاطع حرکت می‌کند و همچنین تقاطع را برای وسایل نقلیه‌ای که در ابتدای راه فرعی می‌باشد روشن می‌کند. پایه شماره ۳ در راه اصلی نباید فاصله‌ای بیش از فاصله بین دو پایه متوالی برای راه اصلی از پایه شماره ۱ داشته باشد و ترجیحاً فاصله آن از پیاده‌رو راه فرعی باید حدود نصف فاصله بین دو پایه متوالی در راه اصلی باشد. این پایه در واقع حرکات چرخشی ترافیک را به وسایل نقلیه‌ای که از سمت راست به تقاطع نزدیک می‌شود نشان می‌دهد. فاصله پایه شماره ۴ در راه فرعی از پیاده‌رو راه اصلی باید در حدود نصف فاصله بین دو پایه متوالی در راه اصلی باشد. این پایه، شرایط ترافیک تقاطع را به وسایل نقلیه‌ای که از راه اصلی وارد راه فرعی می‌شود نشان می‌دهد.

۶-۵-۳ تقاطعهای زیگزاگ

دو تقاطع T در دو طرف یک راه اصلی، همان گونه که در شکل (۶-۲) نشان داده شده است، می‌باید مستقل از یکدیگر در نظر گرفته شده و طراحی روشنایی نیز بر این مبنا صورت بگیرد. ولی در صورتی که فاصله دو تقاطع T کمتر از حدود ۶۰ متر باشد محل پایه‌های B و C متناسباً می‌تواند تغییر کند ولی باید توجه داشت که استانداردهای روشنایی باید در هر صورت برقرار بماند. در این تقاطع، برای طریقه نصب یکطرفه پایه‌ها، فقط از پایه C1 استفاده شده و نیازی به نصب پایه C2 نمی‌باشد.



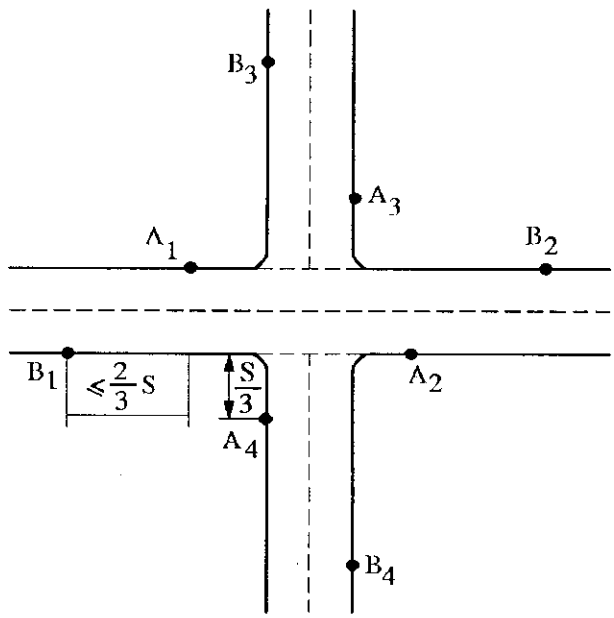
شکل ۶-۲- سیستم روشنایی تقاطعهای زیگزاگ

(در این شکل، S فاصله بین دو پایه متوالی در راه اصلی می‌باشد)

۶-۵-۴ چهارراهها

محل تیپ برای نصب پایه‌های روشنایی در چهار راهها در شکل (۶-۳) نشان داده شده است . در این تقاطعها، در هر یک از راهها، یک پایه A در فاصله حدوداً S/3 از پیاده‌رو راه دیگر و در کناره باند عبور خودرویی که چهار راه را ترک می‌کند، نصب می‌شود. چراغهای این چهار پایه باید مشابه و ارتفاع نصب پایه‌ها نیز یکسان باشد. همچنین در صورتی که عرض چهارراه زیاد بوده و یا محل عبور عابرین پیاده از عرض راهها پیش‌بینی شده باشد، فاصله نصب می‌توان کاهش یابد. در هر یک از راهها، پایه بعدی B بوده که فاصله

آن از پایه A نباید بیش از 2S/3 باشد. پایه B در هر یک از راهها، در کناره باند ممنوع خودرویی خواهد بود که چهار راه را ترک می‌کند.



شکل ۶-۳- سیستم روشنایی چهارراهها

(در این شکل، S فاصله بین دو پایه متوالی در راه اصلی می‌باشد)

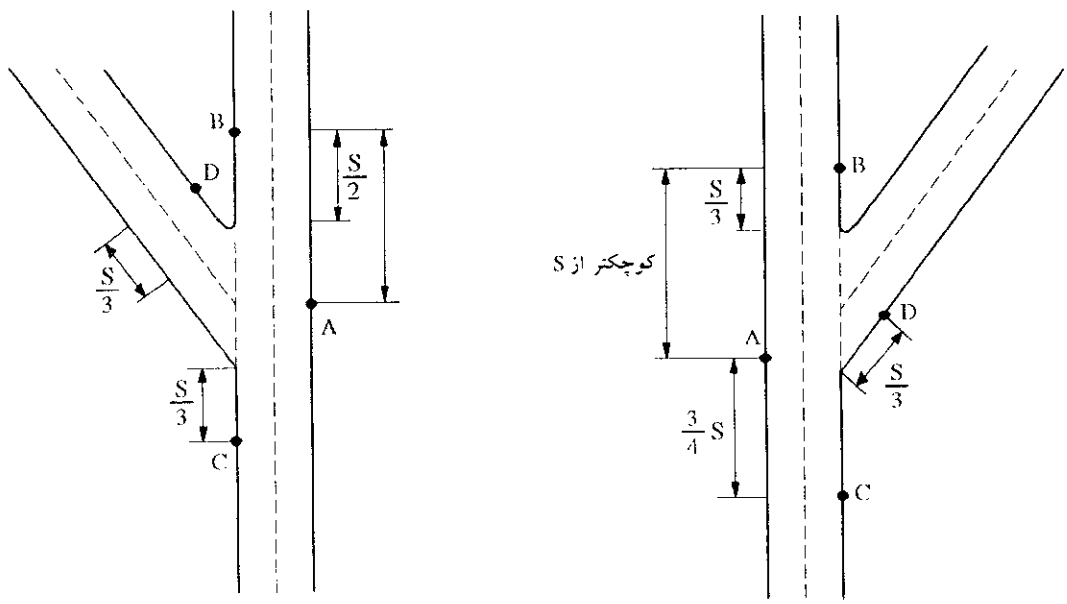
۶-۵-۵ تقاطعهای Y و چنگالی

این گونه تقاطعها، ترکیبهای مختلفی دارد که برای نشان دادن محل تیپ پایه‌ها در آن از شکلهای (۶-۴)، (۶-۵) و (۶-۶) استفاده شده است در این تقاطعها، پایه‌هایی که فاصله آن کمتر از S (فاصله بین دو پایه متوالی در راه اصلی) می‌باشد، در فاصله‌ای از یکدیگر نصب می‌شود که منجر به افزایش شدت روشنایی و درخشندگی راه برای وسایل نقلیه موجود در تقاطع شود.

۶-۵-۵-۱ تقاطعهای Y

در تقاطعهای Y، آرایش عمومی پایه‌ها در راه اصلی باید در تقاطع نیز حفظ شود. البته باید توجه داشت که در قسمتهای لازم، فواصل بین پایه‌ها به منظور افزایش نور در تقاطع کاهش داده می‌شود. محلهای تیپ برای نصب پایه در تقاطعهای Y در شکل (۶-۴) نشان داده شده است . میزان روشنایی تقاطعها

نباید کمتر از روشنایی راههایی که به تقاطع نزدیک می‌شود باشد. با کاهش فاصله بین پایه‌های نشان داده شده در شکل (۶-۴) می‌توان این امر را محقق نمود. پایه A باید نور کافی برای مشخص نمودن وضعیت تقاطع و ترافیک راه فرعی تولید کند. همچنین پایه‌های B، C و D نیز نباید نوری کمتر از آنچه که در هر یک از راههای متصل به تقاطع وجود دارد، تولید کند و به این جهت محل آن اهمیت بیشتری نسبت به محل پایه A دارد. در این تقاطعها، روش انتخاب محل پایه‌های A، B ، C و D همچون تقاطع T می‌باشد.



الف- راه فرعی در سمت راست راه اصلی　　ب- راه فرعی در سمت چپ راه اصلی

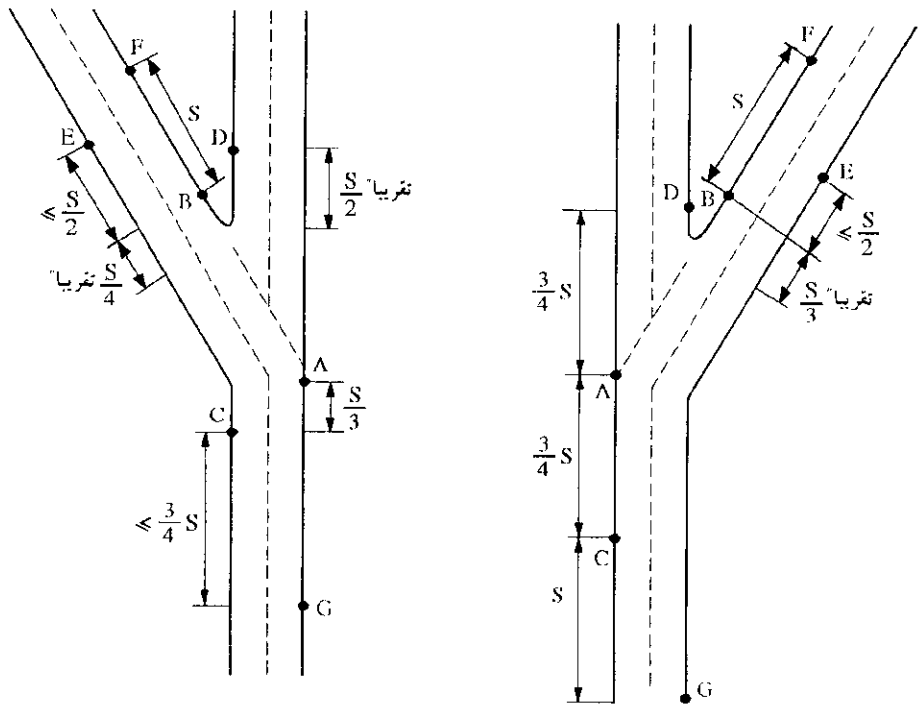
شکل ۶-۴- سیستم روشنایی تقاطعهای Y

۶-۵-۵-۲ تقاطعهای چنگالی

در تقاطعهای چنگالی، روشنایی راه اصلی باید همچون روشنایی در پیچها، در محیط خارجی پیچ در نظر گرفته شود. در این حالت، فاصله بین پایه‌ها، کمتر از فاصله بین دو پایه متوالی در قسمتهای دیگر راه اصلی خواهد بود. محل تیپ پایه‌های روشنایی در تقاطعهای چنگالی در شکل (۶-۵) نشان داده شده است. طرحهایی که در این شکل ارائه شده، برای طریقه نصب زیگزاگ پایه‌ها

تهیه شده است.

در این تقاطعها، برای تعیین محل نصب پایه‌ها در راه فرعی، بدون این که تاثیری بر فاصله نصب پایه‌های راه اصلی داشته باشد، پایه A نصب می‌شود. این پایه یا باید دارای بازوی بلند بوده و با این که رفوژ وسط جاده اصلی و یا جزیره ترافیکی موجود در آنجا نصب گردد.



الف- انحراف راه اصلی به راست　　ب- انحراف راه اصلی به چپ

شکل ۶-۵- سیستم روشنایی تقاطعهای چنگالی

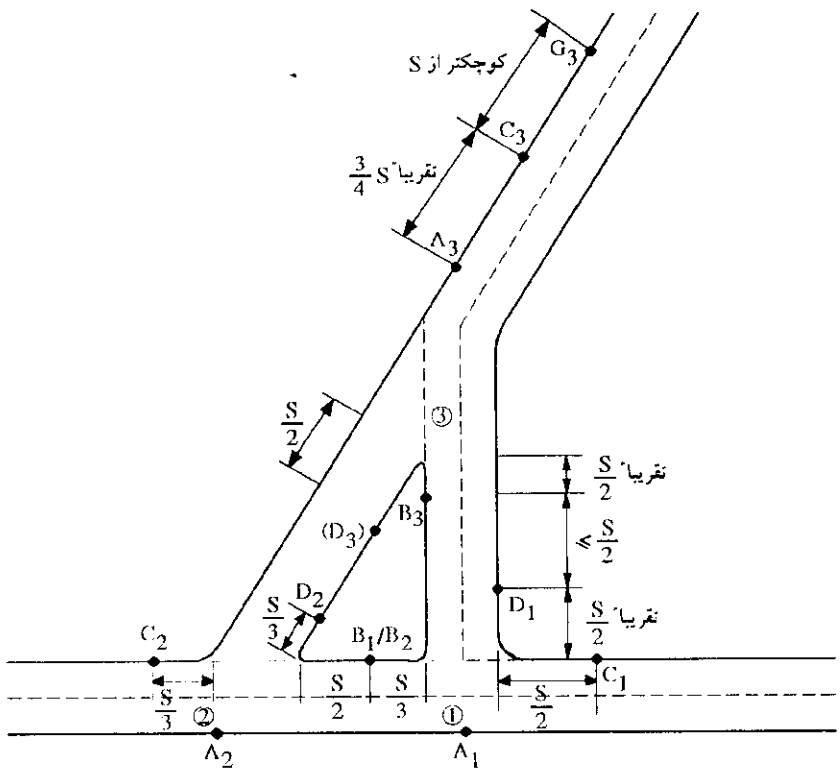
(S، فاصله بین دو پایه متوالی در راه اصلی می‌باشد)

۶-۵-۶ تقاطعهای با جزایر مثلثی

در بعضی از تقاطعها، ترافیک راههای اصلی و فرعی توسط جزایر مثلثی از یکدیگر جدا می‌شود. شکلهای (۶-۶- الف) و (۶-۶- ب)، نحوه نصب پایه‌ها را در شرایطی که راه فرعی تحت زوایای ۱۳۵ و ۴۵ درجه به راه اصلی نزدیک می‌شود، نشان می‌دهد. در شکل (۶-۶- الف) تقاطعهای ۱ و ۲ و ۳ به ترتیب همچون تقاطعهای T و Y چنگالی می‌باشد (به اشکال ۶-۱ و

۶-۴ و ۶-۵ مراجعه شود). محل تیپ پایه‌های روشنایی در در شکل (۶-۶- الف) نشان داده شده است ولی باید توجه داشت که طراحی دقیق تعداد و محل پایه‌ها به اندازه و شکل جزیره بستگی دارد.

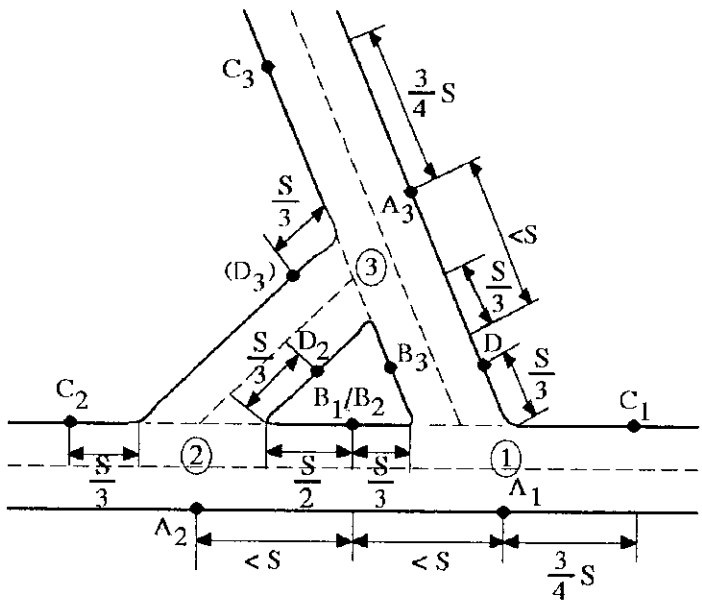
تقاطعهای شکل (۶-۶- ب) همگی مانند تقاطع Y می‌باشد (شکل ۶-۴). همچون شکل (۶-۶-الف) در این شکل نیز اندازه و شکل جزیره تعیین‌کننده تعداد و محل دقیق پایه‌های روشنایی است.



شکل ۶-۶- الف- تقاطع با جزیره ترافیکی مثلثی

در شکل فوق چنانچه جزیره بزرگتر باشد به پایه‌های بیشتری نیاز خواهد بود. در این مثال، پایه B1/B2 دو منظوره بوده و در آن از یک چراغ برای روشن کردن تقاطعهای ۱ و ۲ استفاده می‌شود. ولی در صورت بزرگ بودن جریزه، برای هر یک از تقاطعها، پایه و چراغ جداگانه‌ای مورد نیاز خواهد بود برای تامین روشنایی راه ارتباطی مابین تقاطعهای ۲ و ۳، استفاده از پایه D2 نسبت به D3 ارجح می‌باشد. همچنین در صورت کوچک بودن فاصله بین دو تقاطع

۱ و ۳، به عوض دو چراغ B3 و D1 می‌توان از یک چراغ B3/D1 استفاده کرد. این چراغ باید در محل چراغ D1 و به فاصله S/4 از تقاطع شماره ۳، و کمتر از S/2 از تقاطع شماره ۱ نصب شود.



شکل ۶-۶-ب- تقاطع با جزیره ترافیکی مثلثی

در شکل فوق، نصب پایه D2 ، واقع در راه ارتباطی تقاطعهای ۲و ۳ نسبت به پایه D3 ارجح است. اندازه جزیره، به پایهB1/B2 یک وظیفه دو گانه برای تامین روشنایی تقاطعهای ۱و ۲ می‌دهد. ولی در صورت بزرگ شدن جزیره به پایه و چراغ جداگانه‌ای برای هر تقاطع نیاز خواهد بود . همچنین در صورت کوچک بودن فاصله بین دو تقاطع ۱و ۳، به عوض دو چراغ B3 و D1 می‌توان از یک چراغ B3/D1 استفاده نمود. این چراغ باید در محل چراغ B3 و به فاصله S/3 از تقاطع شماره ۱ و کمتر از S از چراغ A3 نصب شود.

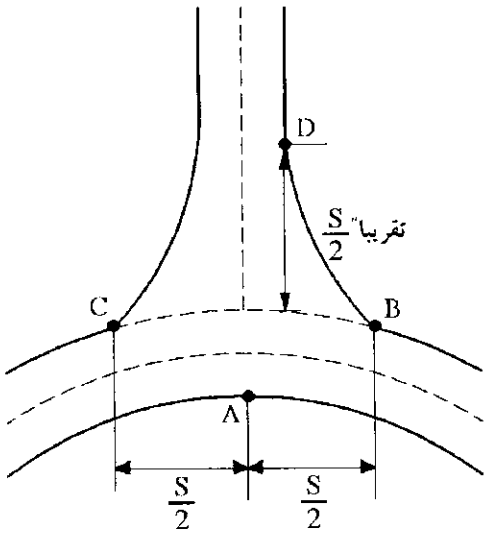
۶-۵-۷ تقاطعهای پیچیده یا ترکیبی

برای روشنایی تقاطعهای ترکیبی، باید تقاطع را به صورت ترکیبی از تقاطعهای مجزای Y، T، چنگالی ویا چهار راه در نظر گرفت و برای هر تقاطع، روشنایی مربوطه را طراحی نمود و سپس محل بهینه پایه‌ها را به منظور کاهش تعداد آن

تعیین کرد. باید توجه داشت که به دلیل تعدد تقاطعها و پیچیده بودن مسیر حرکت ترافیک در آن باید نور کافی برای هر یک پیش‌بینی شود. در این صورت فاصله نصب پایه‌ها کمتر می‌شود. لازم به ذکر است که وابستگی فاصله نصب پایه‌ها به عرض راه را نیز باید رعایت نمود. ضمناً ارتفاع نصب و نوع چراغها باید در کلیه قسمتهای تقاطع یکسان باشد.

۶-۵-۸ تقاطعهای واقع در قسمتهای انحنای راه

روشنایی یک تقاطع T در قسمت انحنای راه با روشنایی آن تقاطع در یک راه مستقیم متفاوت است. اگر راه فرعی در قسمت بیرونی انحنای راه اصلی قرار گرفته باشد، محل تیپ پایه‌های روشنایی مطابق با شکل (۶-۷-الف) خواهد بود.



شکل ۶-۷-الف- روشنایی تقاطعها در انحنای راه

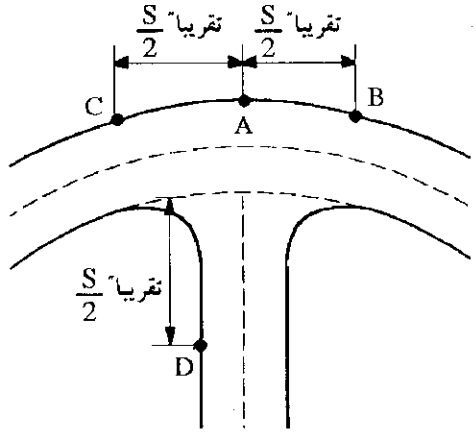
در شکل فوق فاصله بین پایه‌های B و C نباید بیش از حد لازم برای قسمت انحنای راه باشد.

در صورتی که راه فرعی در قسمت درونی انحنای راه اصلی قرار گرفته باشد، روشنایی تقاطع همچون شکل (۶-۷-ب) انجام می‌شود. در این حالت، طراحی روشنایی تقاطع در دو مرحله انجام می‌شود:

الف- به عنوان یک انحنا، که باید یک پایه، همچون پایه A در شکل

(۶-۷- الف)، در آن نصب شود.

ب- به عنوان یک تقاطع T ، که پایه‌هایی همچون B و D در شکل (۶-۷-الف) باید در آن نصب شود.



شکل ۶-۷-ب- روشنایی تقاطعها در انحنای راه

۶-۵-۹ تقاطعهای با جزایر ترافیکی

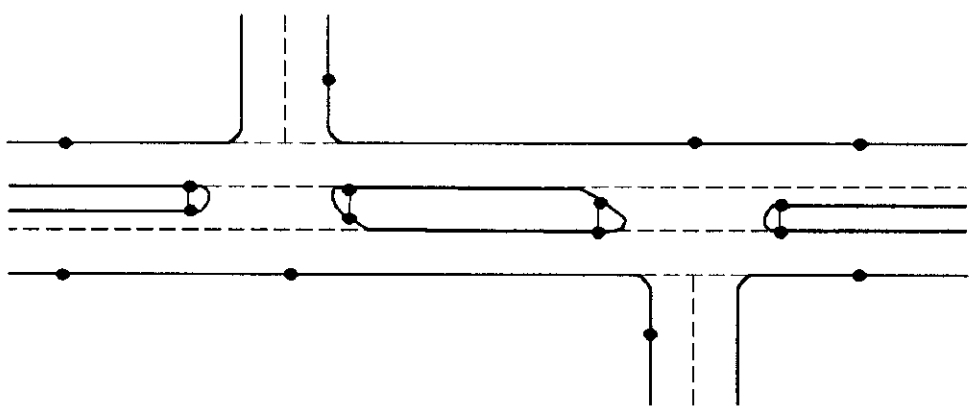
به منظور حداقل کردن توقف ترافیک و تصادفات، یک تقاطع ممکن است شامل جزایر ترافیکی و یا میادین باشد که معمولا با علائم دقیق راهنمایی و رانندگی همراه می‌باشد. علائم مذکور باید به سهولت برای رانندگان قابل رویت باشد. همچنین از آنجا که سرعت وسایل نقلیه در خطوط مختلف ترافیک، متفاوت است تقاطع باید به حد کافی برای رانندگان روشن باشد. در این موارد درخشندگی سطح راه باید بالا بوده و در عین حال حداقل خیرگی وجود داشته باشد که این امر با استفاده از چراغهای با آستانه افزایش کم مسیر می‌باشد.

در شرایطی که تقاطع شامل بزرگراههای با عرض زیاد باشد، ارتفاع نصب پایه در تقاطع باید بیش از ارتفاع نصب در راههای منتهی به تقاطع باشد. این مسئله به خصوص در شرایطی که به جای جزیره ترافیکی از شبح جزیره استفاده شده باشد حائز اهمیت است . همچنین در صورتی که از جزیره ترافیکی استفاده شده باشد، پایه‌ها باید در داخل آن نصب شود به شرطی که

امکان برخورد غیرعادی به پایه وجود نداشته و دید رانندگان نیز مختل نشود. ولی در شرایطی که به دلیل کم عرض بودن بزرگراه خطر برخورد وسایل نقلیه به پایه وجود داشته باشد، پایه‌های روشنایی نباید در جزیره ترافیکی نصب شود و مکان مناسب برای نصب آن در کناره راه است.

زمانی که در تقاطعی، یک خط گردش به چپ برای وسایل نقلیه‌ای که می‌خواهد به سمت چپ بپیچد پیش‌بینی شود در این صورت، عبور با سرعت برای سایر خطوط آن سمت از راه، امکان‌پذیر خواهد بود.

در این مواقع باید به منظور تامین دید رانندگانی که در خط گردش به چپ قرار می‌گیرند، روشنایی کافی فراهم باشد. در شکل (۶-۸) محل تیپ نصب پایه در تقاطعهای با جزایر ترافیکی و یا شبح جزیره و همچنین خطوط گردش به چپ نشان داده شده است. در شرایطی که سرعت، در راههایی که به چنین تقاطعهایی می‌پیوندد بالا باشد، محل نصب پایه‌ها از اهمیت زیادی برخوردار خواهد.



شکل ۶-۸- سیستم روشنایی تقاطعهای شامل جزایر ترافیکی و یا شبح جزیره همراه با خطوط گردش به چپ در راه اصلی

فصل هفتم

روشنایی میادین

۷-۱ دامنه کاربرد

این فصل حاوی توصیه‌هایی برای طراحی روشنایی میادین است. توصیه‌ها بر مبنای شدت روشنایی مورد نیاز برای راههای مختلف و همچنین بکارگیری تجهیزات مختلف روشنایی انجام شده است.

۷-۲ تعریفها

به منظور طراحی روشنایی میادین، تعریفهای زیر را در نظر می‌گیریم:

۷-۲-۱ میدان

تقاطعی که موجب هدایت یک طرفه ترافیک به دور یک جزیره ترافیکی می‌شود.

۷-۲-۲ میدان کوچک

تقاطعی که موجب هدایت یک طرفه ترافیک به دور یک شبح جزیره‌ای[1] یا یک جزیره کوچک ترافیکی می‌شود.

۷-۲-۳ میدان کوچک دوتایی همسطح

دو میدان کوچک در یک تقاطع همسطح که یا مجاور یکدیگر قرار دارد و یا توسط یک راه ارتباطی کوتاه به یکدیگر متصل می‌شود.

1- Ghost Island

۴-۲-۷ میدان کوچک در تقاطع T

میدان کوچکی که در یک تقاطع T در محل تقاطع دو راه قرار گرفته است.

۳-۷ کلیات

طراحی روشنایی میادین، بر مبنای توصیه‌های فصل سوم صورت می‌پذیرد. در این طراحی، روشنایی یک میدان نباید کمتر از روشنایی هر یک از راههای منتهی به آن باشد. روشنایی میدان باید رانندگانی را که در آستانه ورود به میدان هستند قادر نماید که جریان ترافیک را در طرفین خود به خوبی تشخیص دهند و به این صورت بتوانند با امنیت کافی حرکت کنند. همچنین رانندگان حاضر در میدان نیز جریان ترافیک ورودی به آن را به راحتی حس نماید.

۴-۷ وظایف سیستم روشنایی

از آنجا که وجود یک میدان، موجب انحراف جریان مستقیم ترافیک می‌شود لذا باید به همین صورت نیز نشان داده شود. در این راستا، سیستم روشنایی نصب شده در میدان، این وظیفه را عهده‌دار بوده و باید به صورتی باشد که رانندگان، در مدت زمان کافی به وجود میدان پی ببرند. توجه به این مسئله، حائز اهمیت بسیار است، زیرا شماری از رانندگان به علائمی که قبل از رسیدن به میدان نصب شده، بی‌توجه‌اند.

در طراحی روشنایی میادین، موارد زیر باید مد نظر قرار گیرد:

الف- آرایش و کیفیت روشنایی طرح شده، باید طوری باشد که در شب، رانندگانی که به میدان نزدیک می‌شوند، به وضوح و روشنی وجود میدان را تشخیص داده و ترافیک میدان نیز برای آنها مشخص باشد. بدین منظور، شدت روشنایی سطح میدان باید بیشتر از شدت آن در سطح راههای منتهی به میدان باشد.

ب- روشن نمودن قسمت میانی میدان و جزیره ترافیکی وسط آن معمولاً کفایت نمی‌کند زیرا به خصوص در مواقعی که هوا بارانی باشد، دید رانندگان برای رویت میدان کاهش می‌یابد. بنابراین برای تامین روشنایی میدان باید

شکل، جهت و لبه‌های راه در دور تا دور میدان، با تمرکز بیشتر بر قسمت میانی میدان، مشخص شود.

۷-۵ آرایش سیستم روشنایی

۷-۵-۱ کلیات

توصیه می‌شود میادین از محیط بیرونی روشن شود که این روش، مناسبتر از روشن نمودن میدان توسط پایه‌های روشنایی نصب شده در جزایر ترافیکی داخل میدان است. آرایش پایه‌ها درمحیط بیرونی میدان باید به شکل یک حلقه باشد و در صورت امکان، بهتر است پایه‌ها تشکیل یک حلقه کامل داده و محل نصب هیچیک از پایه‌ها نیز در خارج حلقه نباشد. البته در سه مورد می‌توان از این توصیه عدول نمود. این موارد عبارتند از:

الف- وجود جزایر ترافیکی بسیار بزرگ در مرکز میدان

ب- عریض بودن راه عبور وسایل نقلیه در میدان

ج- وجود جزایر ترافیکی یا شبح جزیره‌های کوچک در میدان (میدان کوچک).

برای طراحی روشنایی میادین، همان طوری که در بند (۷-۴) گفته شد، رویت واضح وسایل نقلیه موجود در میدان از دید رانندگانی که به آنجا نزدیک می‌شوند، حائز اهمیت می‌باشد. این امر، باعث می‌شود که رویت اجسام، از طریق وجود شیء تاریک در زمینه روشن، اهمیت خود را از دست داده و دید مستقیم جسم مهم می‌گردد. به همین دلیل، در طراحی روشنایی میادین، شدت روشنایی اشیاء موجود در سطح میدان، معیار تعیین محل نصب چراغها می‌باشد. در این حالت، درخشندگی سطح میدان نیز بالا خواهد بود.

۷-۵-۲ محل نصب پایه‌ها

۷-۵-۲-۱ راههای دسترسی و خروجی

پایه‌ها نباید در جزیره ترافیکی واقع در مرکز میدان و در مقابل هر یک از راههای دسترسی متصل به آن، نصب شود. محل مناسب نصب پایه‌ها، در پشت جدول کناره راه و با فاصله نصبی می‌باشد که این فاصله، بستگی به

ارتفاع نصب، عرض راه و نحوه توزیع نور چراغ دارد.

به منظور تامین نور کافی در سطح راه، برای وسایل نقلیه‌ای که دور میدان در حال حرکت بوده و قصد خروج از آن را دارد، پایه‌های روشنایی باید علاوه بر دور میدان، در امتداد راههای خروجی نیز نصب شده و این کار، حداقل تا فاصله ۶۰ متری از میدان، در طول راه خروجی ادامه یابد. البته باید توجه داشت که این فاصله، در صورتی رعایت می‌شود که راه خروجی، سیستم روشنایی مستقلی نداشته باشد. با انجام این کار، انتهای جزیره ترافیکی واقع شده در طول راه خروجی نیز مشخص می‌گردد.

میادینی که در آن راههای ورودی عریض و بدون جزایر ترافیکی وجود دارد، نیاز به استفاده از پایه‌های بلندتر (نسبت به سایر میادین) دارد. در این میادین، در صورتی که از جزایر ترافیکی و یا انتهای رفوژ وسط راههای ورودی، به منظور نصب پایه‌های روشنایی استفاده شود، باید توجه گردد که این پایه‌ها بخشی از حلقه نورانی دور میدان را تشکیل دهد.

۷-۵-۲-۲ جزیره ترافیکی مرکزی میدان

استثنائاً برای جزایر ترافیکی بسیار بزرگ واقع در مرکز میادین با قطر بیش از ۱۰۰ متر که در آن برای کاهش تصادفات از جزایر ترافیکی جداکننده مسیر حرکت استفاده می‌شود، می‌توان در مقابل راههای خروجی از میدان و در جزیره ترافیکی مرکزی آن، پایه روشنایی کمکی نصب نمود.

در میادینی که عرض راه عبور وسایل نقلیه در آنها از ۱۵ متر بیشتر باشد، می‌توان اقدام به نصب پایه روشنایی کمکی در جزیره ترافیکی مرکزی نمود به شرطی که سرعت مجاز در راههای دسترسی به میدان کم باشد.

در میادین کوچک با جزیره ترافیکی مرکزی مرتفع (نسبت به سطح راه)، می‌توان از یک پایه روشنایی نصب شده در مرکز میدان، به شرطی که توزیع نور یکنواخت داشته و شدت روشنایی راه نیز کافی باشد، استفاده نمود. در این حالت، در هر یک از راههای خروجی از میدان و در فاصله ۱۲ متری آن باید پایه روشنایی (در سمت مخالف راه) نصب شود.

۷-۵-۲-۳ میادین کوچک

میادین کوچک، به خصوص از نوع شبح جزیره‌ای باید به خوبی و به حد کافی روشن باشد. در این میادین، پایه‌های چراغهای روشنایی باید در دور میدان نصب شود.

روشنایی یک میدان کوچک باید همچون یک تقاطع همسطح تعیین شود (مطابق با توصیه‌های فصل ششم). حداقل شدت روشنایی در کل میدان (مشتمل بر سطح راه و جزیره مرکزی آن) نباید از مقادیر توصیه شده در بخش (۷-۵-۶) کمتر باشد. همچنین این شدت روشنایی ترجیحاً نباید از حداقل شدت روشنایی راه دسترسی اصلی میدان کمتر باشد.

شکلهای (۷-۱)، (۷-۲)، (۷-۳) و (۷-۴) مثالهای نمونه‌ای از نحوه استقرار پایه‌های روشنایی در میادین مختلف می‌باشد.

۷-۵-۳ عقب روی پایه‌ها

حداقل فاصله بین پایه و لبه راه باید مطابق با توصیه‌های فصل اول انتخاب شود. بر خلاف راههای مستقیم، انتخاب محل استقرار چراغهای روشنایی در دور میدان ارتباطی به خط کناره راه نداشته بلکه محل آن با توجه به شدت روشنایی مورد نیاز میدان تعیین می‌گردد. برای حفظ زیبایی، طول بازوی پایه‌ها نباید زیاد باشد ولی در صورت استفاده از بازوهای بلند، طول آن حداکثر می‌تواند یک چهارم طول پایه انتخاب شود.

۷-۵-۴ ارتفاع نصب

ارتفاع نصب پایه‌های موجود در هر تقاطع می‌باید یکسان باشد. ارتفاع نصب در میادین نباید کمتر از ارتفاع نصب در هر یک از راههای دسترسی به میدان باشد. البته در صورت کم بودن تعداد پایه‌ها، افزایش ارتفاع نصب امکان‌پذیر است. چنانچه بنا به دلایلی که مستقیماً به روشنایی ارتباط ندارد ناچار به محدود نمودن ارتفاع نصب پایه‌ها باشیم، فاصله نصب پایه‌ها نیز باید کاهش یابد. پایه‌های با ارتفاع بالاتر از ۱۸ متر (پایه‌های بلند) فقط در تقاطعهای غیر همسطح (فصل هشتم) آن هم در محلهای خاصی قابل استفاده است.

۷-۵-۵ چراغها و توزیع نور

پخش نور چراغهایی که در میادین نصب می‌شود باید همانند چراغهایی باشد که در راه اصلی دسترسی میدان نصب شده است. در صورتی که سیستم روشنایی در راههای دسترسی به میدان وجود نداشته باشد، به منظور کاهش خیرگی باید از چراغهای با آستانه افزایش کم در میدان استفاده شود. همچنین در صورتی که راههای دسترسی به میدان شیب‌دار باشد، برای انتخاب چراغ مناسب در این نوع راههای دسترسی، از توصیه‌های فصل سوم در خصوص راههای شیب‌دار باید استفاده شود. در مورد نصب چراغها باید به صورتی عمل شود که محور لامپ عمود بر خط کناره میدان باشد. برای حفظ زیبایی سیستم روشنایی در روز نیز چراغ باید با پایه کاملا هماهنگی و همخوانی داشته باشد.

۷-۵-۶ شدت روشنایی سطح راه

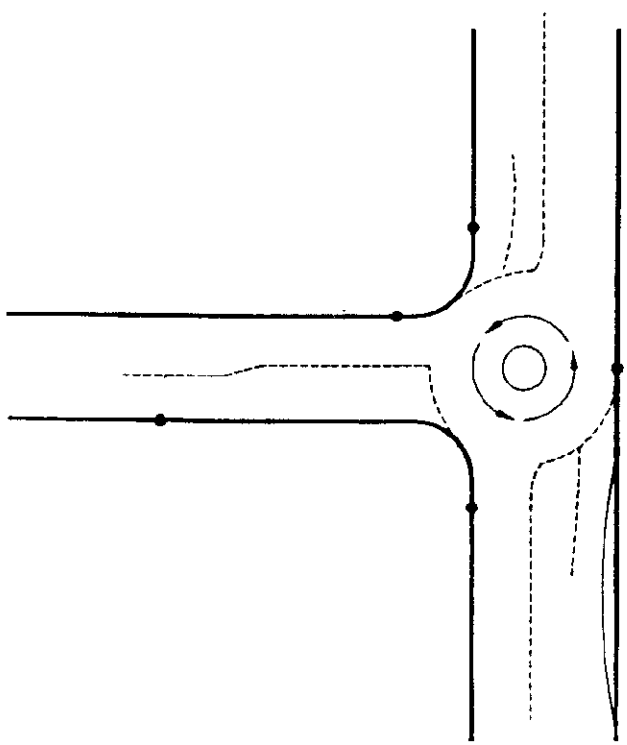
از آنجا که اندازه و فرم میادین بسیار متنوع است، نمی‌توان از یک قاعده و قانون ساده برای محاسبه ارتفاع نصب و یا نور میادین استفاده کرد و لذا با توجه به انتخاب معیار شدت روشنایی برای طراحی روشنایی میادین (بخش ۷-۵-۱)، حداقل شدت روشنایی افقی لازم در سطح راههای منتهی به میدان به عنوان معیار طراحی روشنایی معابر تعیین می‌شود. مقادیر حداقل شدت روشنایی برای راههای مختلف مطابق با جدول (۳-۳) می‌باشد. در شرایطی که راههای منتهی به میدان متفاوت باشد، شدت روشنایی سطح میدان باید برابر با بیشترین مقدار شدت روشنایی راههای منتهی به میدان انتخاب شود. اگر راههای منتهی به میدان مجهز به سیستم روشنایی نباشد روشنایی میدان باید بر اساس نیاز ترافیک و همچنین محیط اطراف میدان تعیین شود. حداقل شدت روشنایی در میادین کوچکی که فاقد جزایر ترافیکی بوده و راههای منتهی به آن نیز از نوع شریانی درجه ۲ اصلی و یا فرعی باشد باید برابر با حداقل شدت روشنایی راههای شریانی درجه ۲ اصلی (مطابق با جدول ۳-۳) در نظر گرفته شود.

به طور کلی شدت روشنایی میادین باید به حدی باشد که رانندگانی که از

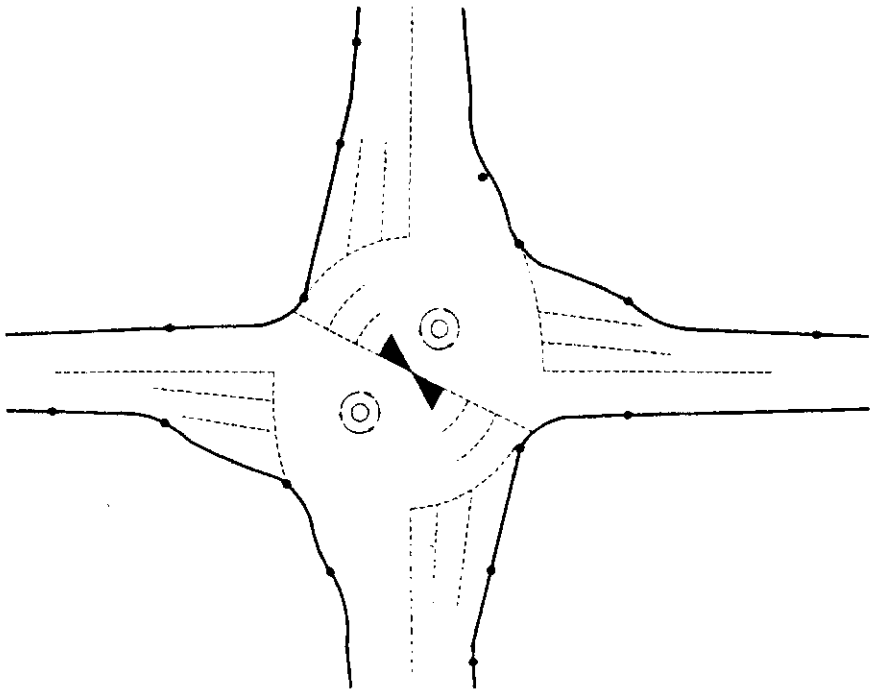
راههای دسترسی به میدان نزدیک می‌شوند دید کافی از ترافیک میدان داشته باشند و همچنین جزایر ترافیکی و لبه‌های راه برای آنها کاملاً واضح باشد. در میادینی که ترافیک سنگینی دارد ممکن است که مقادیر ذکر شده برای حداقل شدت روشنایی افزایش یابد. همچنین در صورتی که با افزایش شدت روشنایی از احتمال وقوع تصادف کاسته شود، بهتر است این عمل انجام شود.

۷-۵-۷ محل عبور افراد پیاده از عرض راههای دسترسی به میدان

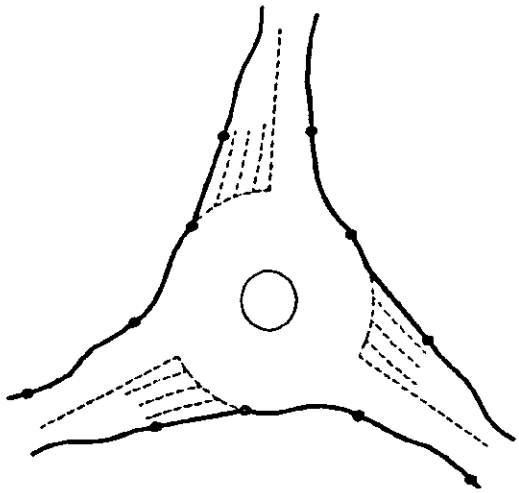
آرایش پایه‌های روشنایی در میادین که در بخشهای قبلی معرفی و توضیح داده شد بهترین آرایش برای مشخص نمودن افراد پیاده به هنگام عبور از عرض راههای دسترسی منتهی به میدان نیست. در شرایطی که محل عبور پیاده‌ها نزدیک به میدان باشد، آرایش پایه‌های نصب شده در انتهای راه دسترسی دچار تغییر می‌شود. این تغییر، باید مطابق با توصیه‌های فصل سوم صورت گرفته و در صورت نیاز می‌توان اقدام به نصب پایه بیشتری کرد.



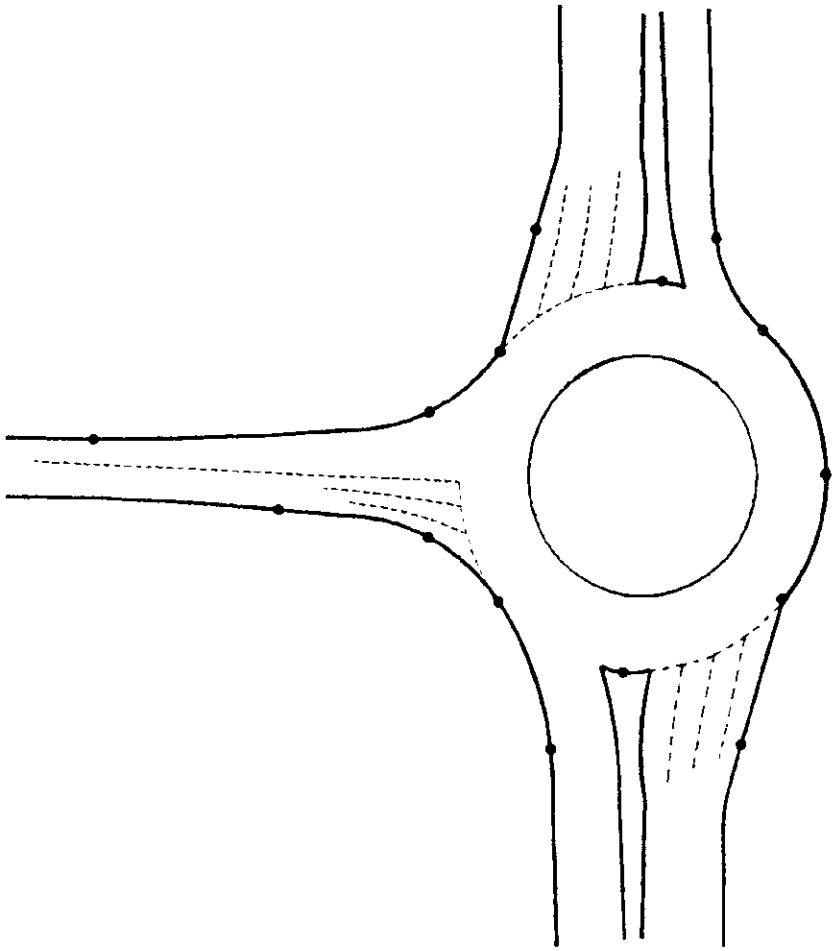
شکل ۷-۱- میدان کوچک در تقاطع "T"



شکل ۷-۲- دو میدان کوچک همسطح که با دو فضای گردش عمودی بزرگ به یکدیگر مرتبط است.

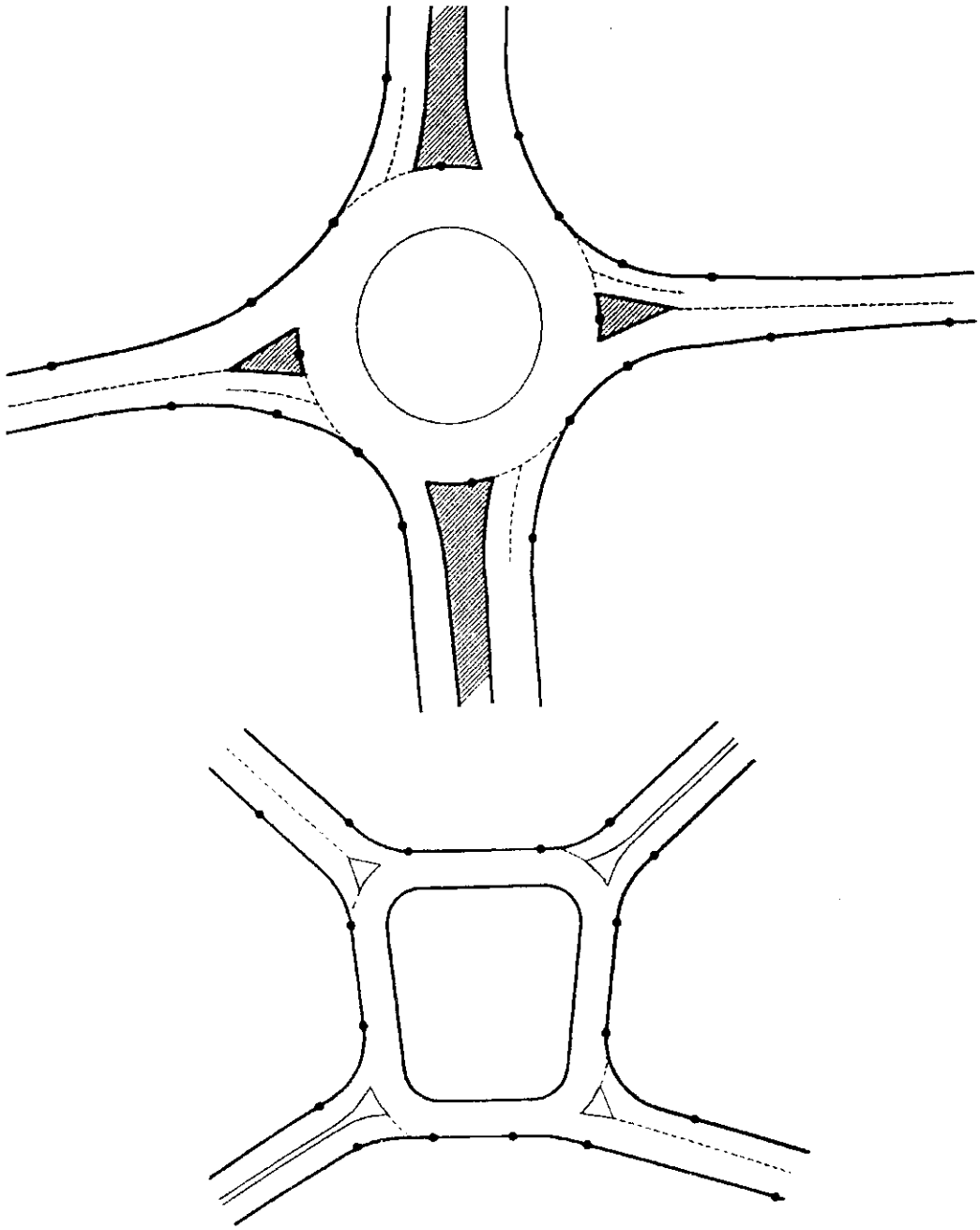


الف- با راههای دسترسی یک طرفه



ب- با راههای دسترسی دوطرفه و یک طرفه

شکل ۷-۳- مثالهایی از میادین واقع در تقاطعهای سه راهه



شکل ۷-۴- مثالهایی از میادین واقع در تقاطعهای چهار راهه

فصل هشتم

روشنایی تقاطعهای غیرهمسطح

مقدمه

این فصل مشتمل بر توصیه‌هایی در مورد روشنایی تقاطعهای غیر همسطح و پارامترهای موثر برآن بوده به طوری که به کمک آن می‌توان سیستم روشنایی مناسب برای تقاطعهای غیر همسطح را انتخاب نمود.

۸-۱ تعریفها

۸-۱-۱ تقاطع غیر همسطح

تقاطعی که در آن حداقل یک راه از روی راه دیگر عبور می‌کند.

۸-۱-۲ روشنایی با پایه بلند

یک سیستم روشنایی برای مناطق بزرگ و وسیع، که در آن از پایه‌های با ارتفاع حداقل ۱۸ متر و مشتمل بر چندین چراغ با نور خروجی قوی استفاده می‌شود.

۸-۲ نیاز به روشنایی در تقاطعهای غیر همسطح

در صورت وجود هر یک از سه مشخصه عمده زیر، باید سیستم روشنایی برای تقاطع منظور شود:

الف- زمانی که برای تعدادی و یا تمامی راههای منتهی به تقاطع، سیستم روشنایی وجود داشته باشد.

ب- زمانی که در طراحی تقاطع، خمهای افقی یا عمودی (شیب) وجود داشته

باشد.

ج- زمانی که تقاطع به حدی پیچیده بوده (از نظر ترافیکی و طراحی) که وجود سیستم روشنایی برای حفظ ایمنی و دید مناسب رانندگان در شب مورد نیاز باشد.

۸-۳ اصول عمومی و روشنایی تقاطعهای غیر همسطح

۸-۳-۱ در طرح روشنایی تقاطعهای غیر همسطح می‌باید به تعداد راههای موجود در تقاطع و نحوه تغییر مسیر آن توجه شود. در نتیجه ممکن است برای هر راه، نیاز به استفاده از یک سیستم روشنایی مجزا بوده و یا این که برای کل تقاطع از یک سیستم متمرکز و مجتمع که ناحیه وسیعی را پوشش می‌دهد استفاده گردد.

۸-۳-۲ مقادیر مربوط به حدود مجاز درخشندگی، ضرایب یکنواختی و آستانه افزایش، در روشنایی تقاطعهای غیر همسطح مطابق با توصیه‌های فصلهای سوم، چهارم، ششم، نهم و دهم می‌باشد.

۸-۳-۳ در طرح روشنایی تقاطعهای غیر همسطح، در صورت وجود امکان محاسبه (باتوجه به شکل و وضعیت خاص تقاطع)، باید از روش گفته شده در فصل سوم (انجام محاسبه براساس درخشندگی سطح راه) استفاده شود. در این حالت، برای ارزیابی کیفیت طراحی انجام شده، باید در نقاط محدود و مشخصی از موقعیت استقرار ناظر، کنترل میزان روشنایی صورت بگیرد.

در سطح خاصی، همچون پیچهای تند و بخشهای شیب‌دار تقاطع، طراحی باید بر اساس استفاده از شدت روشنایی صورت بگیرد. در این نوع سطوح، متوسط شدت روشنایی، نباید از مقادیر محاسبه شده و یا اندازه‌گیری شده برای سطح راههای همجوار کمتر باشد. همچنین، نسبت حداقل شدت روشنایی (E_{min}) به متوسط شدت روشنایی ($\overline{E}$) نیز نباید برای بخش اصلی راه از ۰/۳۳ و برای انشعابات شیب‌دار راه از ۰/۲۵، در هر ۶۰ متر از طول راه، کمتر باشد.

۸-۳-۴ در مواردی که تقاطع غیر همسطح به نحوی طراحی شده باشد که راههای تشکیل‌دهنده آن، در یک یا چند نقطه به یکدیگر متصل شود، طراحی روشنایی باید به شکلی صورت بگیرد که نقطه (نقاط) مذکور به خوبی روشن شده باشد تا رانندگان بتوانند به سادگی مسیر خود را انتخاب نمایند. درخشندگی یا شدت روشنایی در این نقطه (نقاط) نباید کمتر از مقادیر متناظر با هر کدام از راهها باشد.

۸-۳-۵ نوع روشنایی طراحی شده، معمولاً کاربری راههای مختلفی را که در تقاطع وجود دارد نشان می‌دهد، حال آنکه اطلاعات لازم در مورد انتخاب مسیر را برای رانندگان فراهم نمی‌کند. این اطلاعات عموماً باید توسط علائم ترافیکی تامین شود. طراحی روشنایی راهها و انتخاب محل نصب علائم ترافیکی باید کاملاً هماهنگ با یکدیگر انجام گیرد، به طوری که در عین وارد نشدن خلل به رویت‌پذیری علائم ترافیکی قابل استفاده در روز، این علائم در شب نیز قابل استفاده باشد.

۸-۴ ملاحظات زیبایی سیستم روشنایی

نکات مهمی که در طراحی سیستم روشنایی تقاطعهای غیر همسطح باید در نظر گرفته شود عبارتند از:

الف- زیبایی و چشم انداز مناسب سیستم روشنایی در روز

ب- طراحی و شکل ظاهری مناسب پایه، بازو، چراغ و همچنین نصب مناسب آن

ج- همگن و یکنواخت بودن سیستم روشنایی در روز و شب.

در نزدیکی تقاطعها، سیستم روشنایی باید ظاهری ساده و یکنواخت داشته باشد و لذا در این نقاط نباید از سیستمهای روشنایی با نما و ظاهر پیچیده استفاده شود. همچنین در این مناطق در صورت استفاده از پایه‌های دارای بازو، ترجیحاً باید از بازوهای صاف و بدون انحنا استفاده گردد.

۸-۵ طراحی روشنایی تقاطعهای غیر همسطح مطابق با روشهای گفته شده در سایر فصول

۸-۵-۱ کلیات

در طراحی روشنایی تقاطعهای غیر همسطح ساده (تقاطع با دو سطح ارتفاع مختلف) ترجیحاً باید از مبانی و اصول مطرح شده در فصول سوم، چهارم، پنجم و ششم استفاده گردد. نمونه‌ای از این نوع تقاطع، تقاطعی با چهار راه مختلف، در دو سطح ارتفاع متفاوت، می‌باشد که این راهها به واسطه میدانی در بالا و پایین راه اصلی به یکدیگر متصل می‌شود. (شکل ۸-۱)
در شکل (۸-۲) نمونه‌ای از روشنایی کامل تقاطع مزبور نشان داده شده است. در این تقاطعها درصورتی که فقط راه فرعی نیاز به روشنایی داشته باشد، می‌توان یک سیستم روشنایی مجزا برای آن در نظر گرفت. نمونه این طرح در شکل (۸-۳) نشان داده شده است.

۸-۵-۲ مشخصات طراحی

پارامترهای موثر در طراحی روشنایی تقاطعهای غیر همسطح عموماً پارامترهایی می‌باشد که در فصول سوم، چهارم، پنجم و ششم ذکر شده است. در این نوع طراحی باید توجه شود که وجود پایه‌ها در سطوح مختلف (از نظر ارتفاع) و تابش نور آن در جهات مختلف مشکلی برای دید رانندگان ایجاد نکند.

۸-۵-۲-۱ توزیع نور

از آنجا که مقدار خیرگی، متاثر از پارامترهایی همچون نوع زمینه، تغییرات تعداد و محل چراغها در حوزه دید می‌باشد لذا برای کنترل آن، استفاده از چراغهای با آستانه افزایش کم (LTI) توصیه می‌شود.

۸-۵-۲-۲ ملاحظات طراحی

در طراحی روشنایی، اولویت با نیازهای روشنایی راه (راههای) اصلی تقاطع است. در بسیاری از موارد، راه (راههای) اصلی، راه دو طرفه‌ای است که پایه‌های روشنایی در وسط آن نصب می‌شود (طریقه نصب در وسط). در این حال اگر از حفاظ ایمنی در وسط راه استفاده شده باشد دیگر نیازی به نصب حفاظ مستقل برای پایه‌ها نخواهد بود و در غیر این صورت می‌باید یا در انتخاب محل نصب پایه‌ها دقت بسیار نمود به طوری که احتمال رخداد حادثه برای پایه کم باشد و یا این که اقدام به نصب حافظ برای پایه‌ها کرد.

۸-۵-۲-۳ راههای انشعابی

معمولا راههای انشعابی توسط خطوط افزایش یا کاهش سرعت به راه اصلی می‌پیوندد. برای تأمین روشنایی این خطوط و در شرایطی که برای راه اصلی، سیستم روشنایی پیش‌بینی شده باشد، مناسب است که در امتداد خط افزایش یا کاهش سرعت، از سیستم روشنایی نصب در یک طرف، که در آن عموما" پایه‌های کوتاهتر و چراغهای با توان خروجی کمتر به کار می‌رود، استفاده شود. در این حالت، این نوع سیستم تأمین روشنایی وسیله‌ای به منظور نشان دادن راه انشعابی و مشخص کردن محل تفکیک آن از راه اصلی نیز خواهد بود.

۸-۵-۲-۴ خیرگی

هنگامی که یک راه در زیر یا بالای راه اصلی قرار می‌گیرد باید به پدیده خیرگی که توسط لامپهای نصب شده در پایه‌های راه زیرین که برای رانندگان وسایل نقلیه موجود در راه فوقانی ایجاد می شود، توجه شود. انتخاب محل نصب مناسب برای پایه‌ها و استفاده از پایه‌های کوتاه دارای چراغهای با آستانه افزایش کم (LTI) در نزدیکی تقاطع، تاثیر به سزایی در کنترل خیرگی داشته و توصیه می‌گردد.

۸-۵-۲-۵ ملاحظات مهندسی

در موقع طراحی روشنایی تقاطعهای غیر همسطح باید ملاحظات عملی نصب سیستم روشنایی، از جمله امکان نصب پایه‌ها و همچنین مسیر مناسب عبور کابل تغذیه در نظر گرفته شده و پیش‌بینی لازم معمول گردد. بعنوان مثال، برای تأمین روشنایی پلهای موجود در تقاطع، بایدپیش‌بینی لازم برای نصب پایه‌ها و کابل کشی مسیر، در ساختمان پل منظور گردیده و در صورت وجود مشکلاتی از قبیل عدم امکان تعبیه محل نصب پایه و یا محل عبور کابل در ساختمان پل، نسبت به تغییر طرح روشنایی تقاطع و تطبیق آن با محدودیتهای ساختمانی پل اقدام شود (مطابق با توصیه‌های فصل نهم).

۸-۵-۲-۶ نوع لامپ

انتخاب لامپ بر اساس ملاحظات اقتصادی، زیبایی و عملکرد سیستم روشنایی انجام می‌شود. در بعضی از تقاطعها مناسبتر آن است که قسمتی از راه فرعی که در تقاطع واقع می‌شود با همان نوع لامپهایی که در سایر قسمتهای راه فرعی به کار رفته است روشن شود تا در این صورت به مشخص کردن حدود راه کمک شود. در حقیقت نوع لامپ به کار گرفته شده در راه اصلی و راه فرعی می‌تواند متفاوت باشد.

۸-۶ طراحی روشنایی تقاطعهای غیر همسطح با استفاده از پایه‌های بلند

۸-۶-۱ کلیات

فلسفه استفاده از پایه‌های بلند و دارای چندین چراغ، روشن کردن چند راه بجای فقط یک راه است. هنگامی که یک تقاطع شامل چندین راه در سطوح مختلف (از نظر ارتفاع) باشد، استفاده ازپایه‌های بلند و دارای چندین چراغ موجب یکنواختی و چشم اندازه مناسبتر سیستم روشنایی در روز به دلیل کاهش تعداد پایه‌ها می‌شود. در این پایه‌ها می‌توان از چراغهای ثابت و یا متغیر (از نظر هندسی) استفاده کرد که معمولاً برای نگهداری و تعمیرات به کمک تجهیزاتی به سطح زمین منتقل می‌شود. شکل (۸-۴) سیستم روشنایی با این نوع پایه را نشان می‌دهد.

۸-۶-۲ مشخصات طراحی

در طراحی روشنایی با استفاده از پایه‌های بلند باید به موارد زیر توجه شود:

الف- در این طراحی، از انعکاس نور از سطح معبر استفاده کمتری بعمل می‌آید و لذا درخشندگی سطح معبر در صورت یکسان بودن شدت روشنایی، ممکن است کمتر از مقدار مورد نظر آن درصورت طراحی با روشهای دیگر نصب (همچون فصل سوم) باشد.

ب- برای انتخاب محل استقرار پایه‌ها بهتر است که از توصیه‌های فصول سوم و ششم استفاده شده و دقت شود که چراغ روشن‌کننده بخش خاصی از تقاطع، در ارتفاعی بالاتر از سطح آن و با فاصله مناسبی نسبت به آن قرار داشته باشد.

۸-۶-۲-۱ توزیع نور

در عین حالی که یک چراغ منفرد ممکن است توزیع نور متقارن یا غیر متقارن داشته باشد، ولی می‌توان آرایش مجموعه‌ای از چراغها را به نحوی طراحی و بر بالای پایه‌ای بلند نصب کرد که توزیع نوری یکنواخت در ناحیه تحت پوشش آن پایه داشته باشد. در شکل (۸-۵)، نمونه‌هایی از توزیع نور یک پایه بلند نشان داده شده است. شکل (۸-۶) نیز نشان می‌دهد که به چه شکل ممکن است مجموعه‌ای از چراغها به منظور دستیابی به انواع مختلف توزیع نور، ترکیب و تلفیق شود. توزیع نور در این حالت باید به گونه‌ای باشد که مقدار نور پخش شده در راستای افق و زوایای نزدیک به آن حداقل گردد. تجربه نشان می‌دهد که بهتر است شعاع نور ساطع شده از پایه، با زاویه ۶۵ درجه (نسب به خط عمود بر سطح معبر) باشد، هر چند زوایای بیشتر از آن نیز ممکن است در موارد مختلف قابل قبول باشد.

۸-۶-۲-۲ ملاحظات طراحی

برای انجام طراحی، موارد زیر باید لحاظ گردد:

الف- از آنجا که عموماً منطقه تحت پوشش پایه‌های بلند که با چندین چراغ

روشن می‌شود وسیع است، لذا هر پایه بهتر است مجهز به بیش از یک لامپ و چراغ بوده و توزیع نور نیز به شکلی باشد که خرابی یک لامپ منجر به تاریک شدن هیچ قسمت از منطقه یا راه مورد نظر نگردد. این موارد، برای تعیین تعداد چراغها و لامپهای پایه‌ها و برآوردن نیازهای روشنایی منطقه باید در نظر گرفته شود.

ب- استفاده از پایه‌های بلند، منجر به روشن نمودن محیط اطراف منطقه مورد نظر نیز می‌شود که این مسئله، به روشنایی محیط مزبور کمک زیادی کرده و باید در طراحی سیستم، مد نظر قرار گیرد.

ج- ارتفاع پایه، متأثر از اختلاف سطح راهها در تقاطع و وسعت و فرم منطقه یا راهی که قرار است روشن شود، می‌باشد. در هر صورت باید ارتفاع موثر پایه (فاصله چراغها از سطح راه) کمتر از ۱۸ متر نبوده و در انجام محاسبات نیز از ارتفاع موثر استفاده شود.

د- در تقاطع غیر همسطح و در صورت عبور یک راه از روی راه دیگر، سایه تشکیل می‌شود که اندازه و شدت آن بستگی به محل نصب پایه‌ها دارد. در صورت امکان، بهتر است به هنگام طراحی، میزان تأثیرگذاری سایه مذکور بر میزان روشنایی مسیر تعیین شود تا اگر اثر نامناسبی داشته باشد از یک سیستم روشنایی کمکی برای روشنایی مسیر زیرین استفاده گردد.

۸-۶-۲-۳ نوع لامپ

انتخاب نوع لامپ براساس ملاحظات اقتصادی، زیبایی و عملکرد سیستم روشنایی انجام می‌شود. البته از آنجا که استفاده از پایه‌های بلند با چندین لامپ و چراغ منجر به روشن شدن کامل راه و محیط اطراف آن می‌شود لذا توصیه می‌گردد که لامپهای با رنگ نور ترکیبی[1] مناسب به کار گرفته شود.

1- Color rendering

۸-۶-۲-۴ ملاحظات مهندسی

انتخاب محل نصب پایه‌های بلند در یک تقاطع غیر همسطح بستگی به وضعیت و شرایط نقطه نصب پایه، چه در روی زمین (از نظر امکان استقرار فونداسیون پایه) و چه در ارتفاع بالا (از نظر موقعیت چراغها نسب به سطوح راههای مختلف) و همچنین بستگی به نحوه تأمین روشنایی و آرایش پایه‌های مختلف در کل تقاطع دارد.

محل استقرار پایه‌ها باید طوری تعیین شود که اولاً انجام تعمیر و نگهداری بر روی چراغها (باپایین آوردن آن و یا با استفاده از سایر روشهای دسترسی به چراغها) امکان‌پذیر بوده و این کار،خللی در روند ترافیک مسیر ایجاد نکند. ثانیاً، فضای کافی و مناسب برای انجام عملیات تعمیر و نگهداری در اطراف پایه وجود داشته و پرسنل مامور این کار نیز از ایمنی کافی برخورار باشند.

همچنین محل نصب پایه باید طوری باشد که احتمال برخورد وسایل نقلیه با آن کم بوده، در غیر این‌صورت باید از گاردیل برای محافظت از پایه استفاده شود.

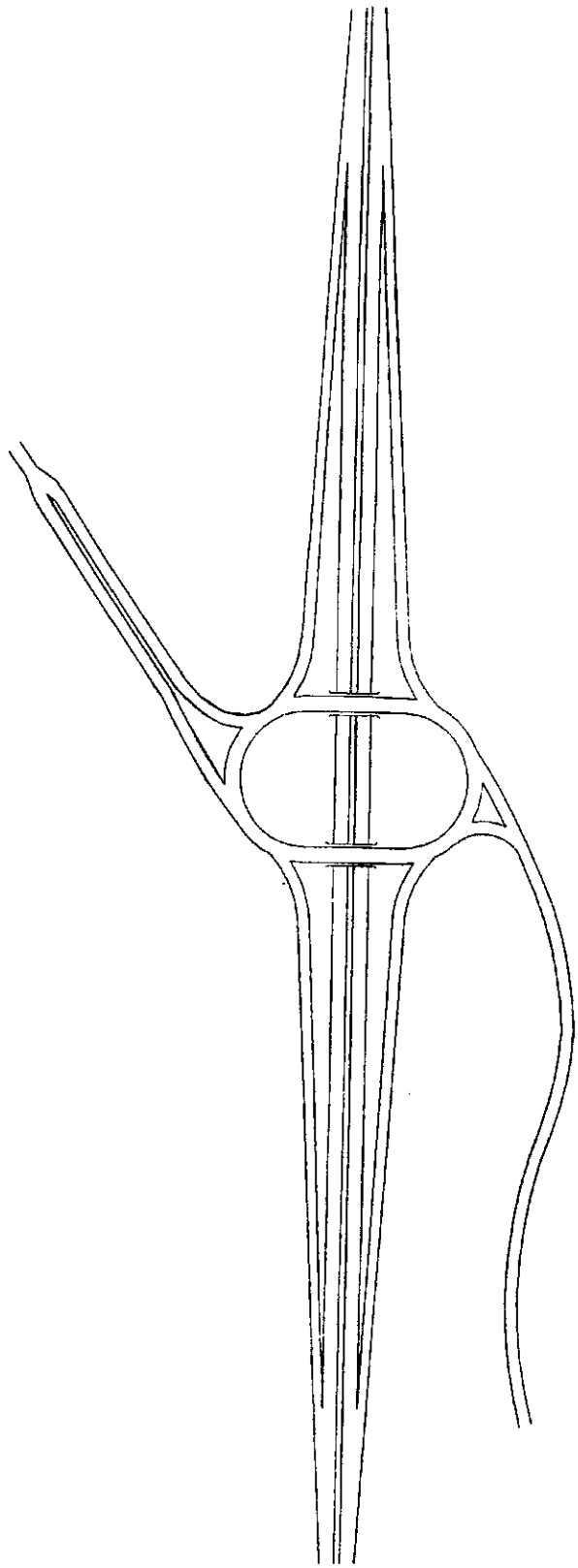
۸-۶-۲-۵ حفاظت در برابر آذرخش

حفاظت در برابر آذرخش باید بر اساس نشریه شماره ۱۱۰ سازمان برنامه و بودجه [۹] صورت بگیرد. ولی در صورتی که پایه بلند مورد استفاده، از چارچوب فلزی پیوسته ساخته شده باشد، در این حالت نیازی به نصب میله برقگیر و هادی انتقال بار صاعقه به زمین نبوده، فقط باید مطمئن بود که مسیر هدایت، از نظر الکتریکی و مکانیکی پیوسته بوده و به جرم کلی زمین متصل باشد. میزان مقاومت مجاز زمین و نحوه ایجاد ترمینال زمین مطابق با توصیه‌های فصل چهاردهم خواهدبود.

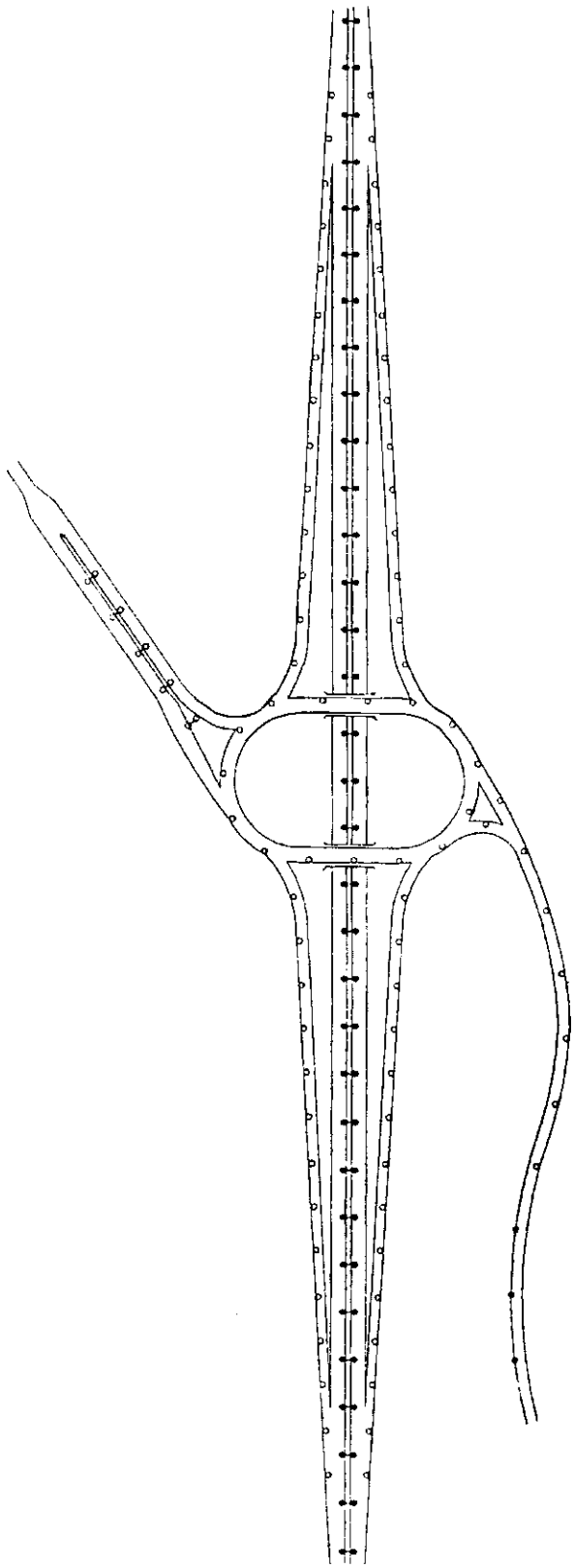
۸-۷ تعمیر و نگهداری

علاوه بر رعایت توصیه‌های فصول اول، سوم و پانزدهم در خصوص تعمیر و نگهداری چراغهای روشنایی، برای سیستم روشنایی با پایه‌های بلند باید عملیات نگهداری اضافی نیز بخاطر وجود سیستمهای مکانیکی اعمال گردد.

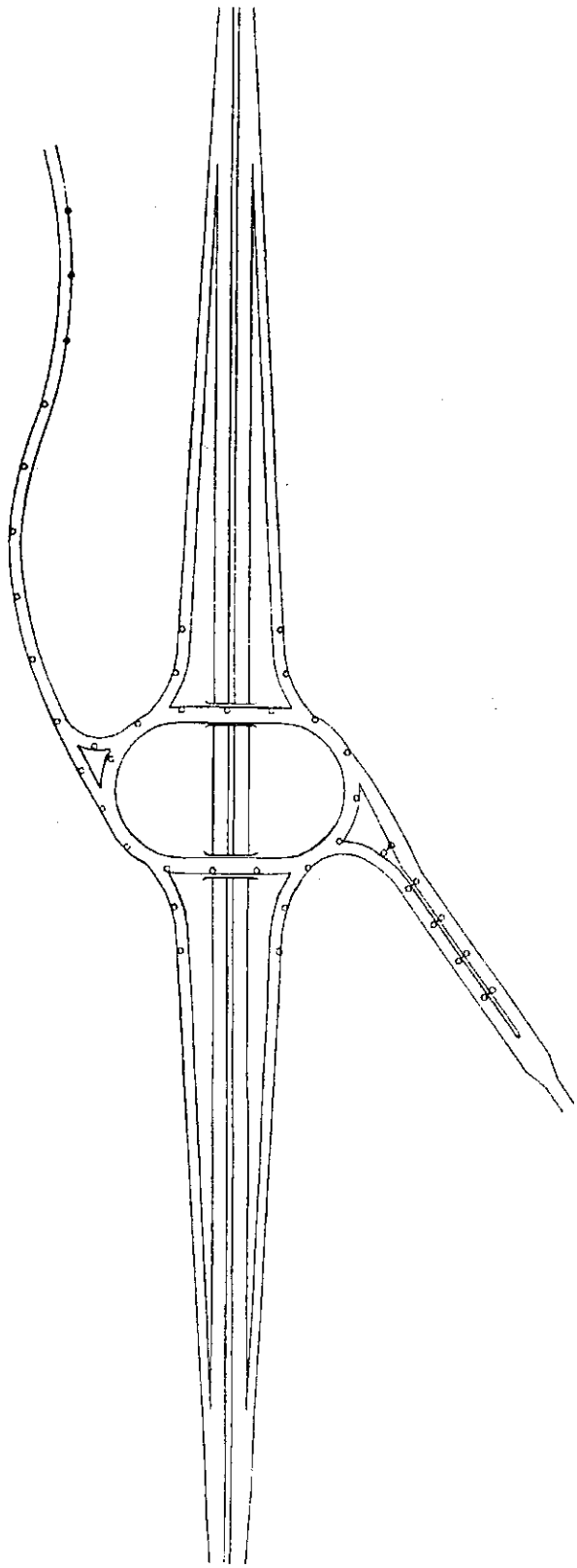
چراغهای نصب شده بر روی این پایه‌ها باید به صورت منظم بازدید گردد تا در توزیع نور خللی ایجاد نشود. بازدیدها می‌تواند براساس زمان استفاده، یا توصیه‌های سازنده و همچنین شرایط محیطی و آلودگی هوا انجام شود. در موقع بازدید باید سیستمهای مکانیکی به کار رفته در پایه نیز که برای جابجایی چراغها است، بازرسی و سرویس شود.



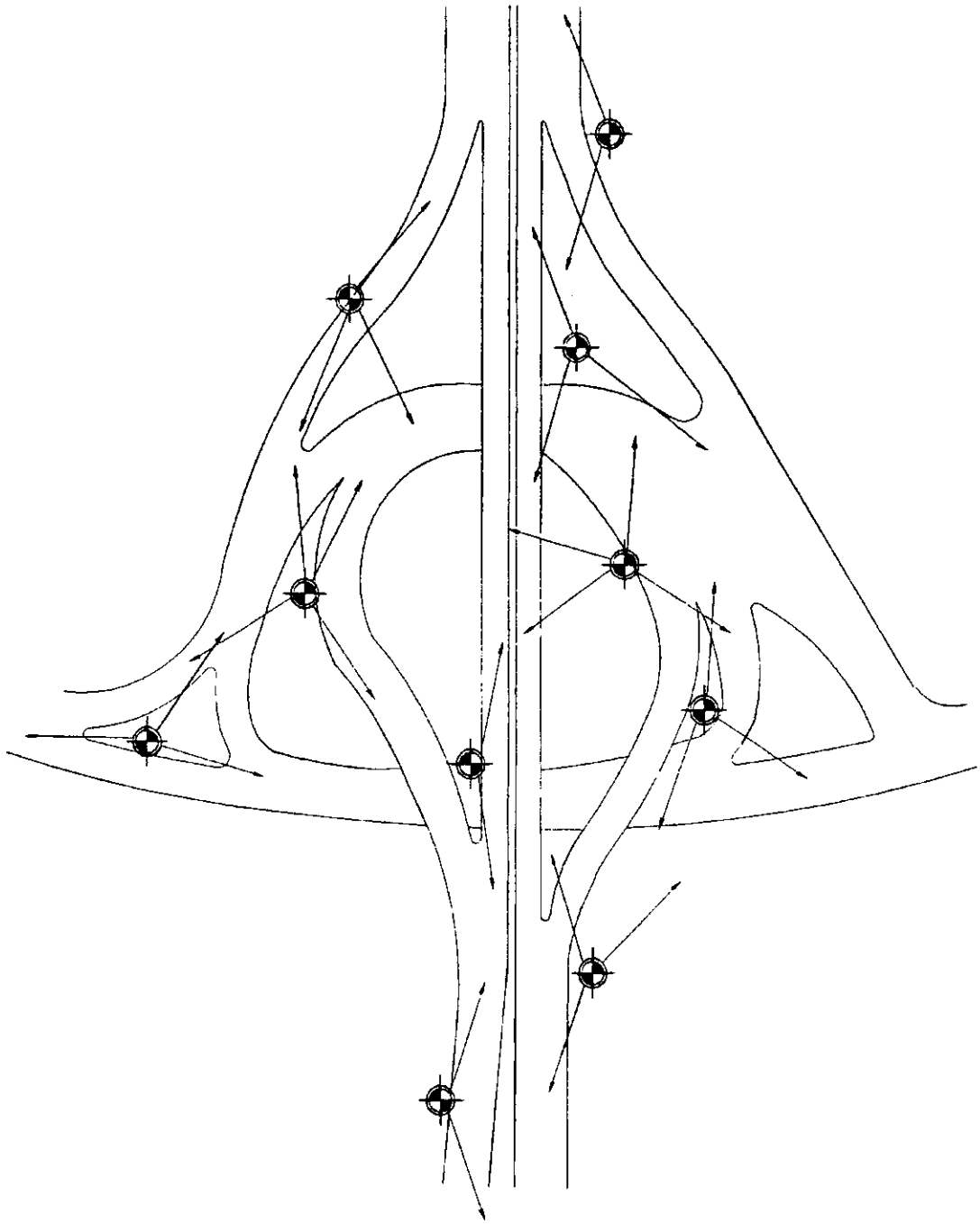
شکل ۸-۱- نمونه‌ای از تقاطع غیرهمسطح ساده، مشتکل از چهار مسیرمتفاوت، در دو سطح که به واسطه میدانی که در بالا یا در زیر راه اصلی قرار گرفته، به هم مرتبط می‌باشد.



شکل ۸-۲- نمونه‌ای از طرح تامین روشنایی کامل تقاطع غیرهمسطح ساده

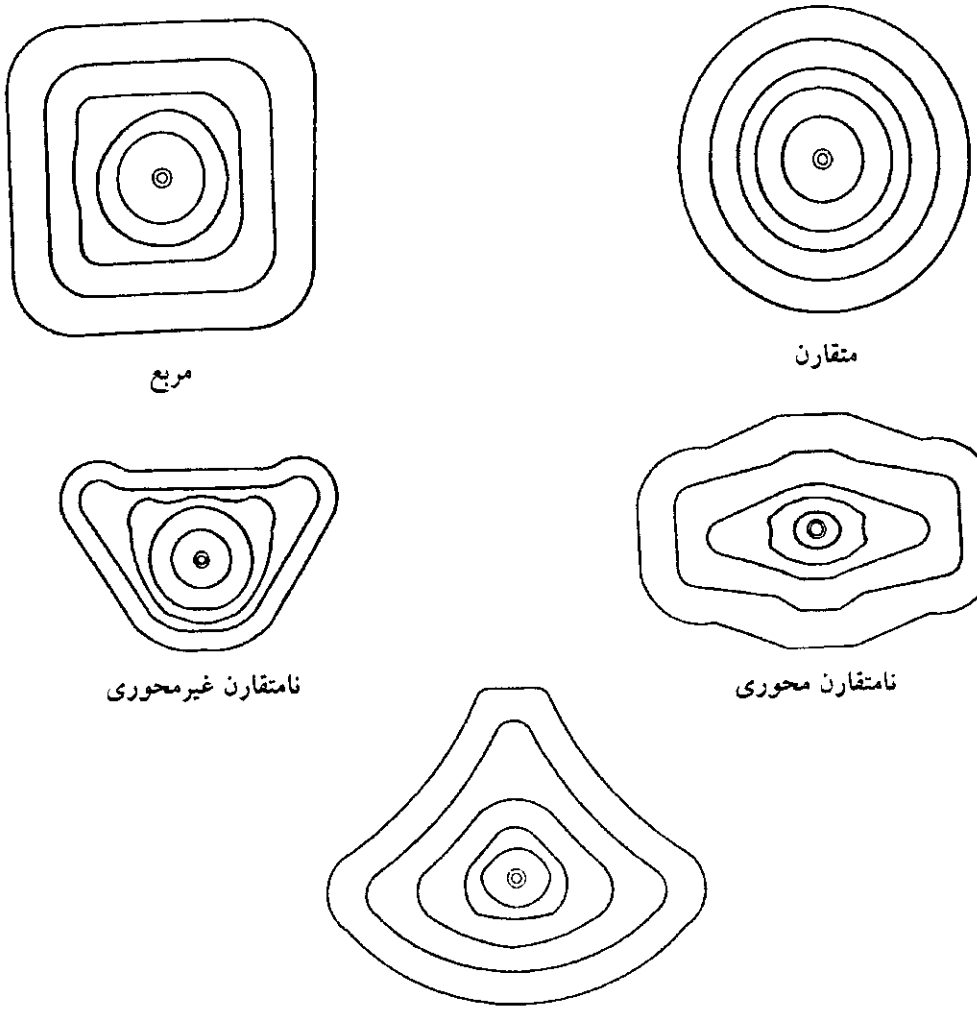


شکل ۸-۳- نمونه‌ای از طرح تامین روشنایی راه فرعی از تقاطع غیرهمسطح ساده به طور مجزا



شکل ۸-۴- طرح نمونه‌ای از روشنایی تقاطعهای غیرهمسطح پیچیده با استفاده از پایه‌های بلند

(توجه: فلشها، نشان‌دهنده جهت شعاع اصلی نور خروجی از چراغهای مستقر بر پایه بوده و تعداد آن ارتباطی به چراغهای نصب شده، ندارد)



توزیع نور مطابق با سطح روشن شده

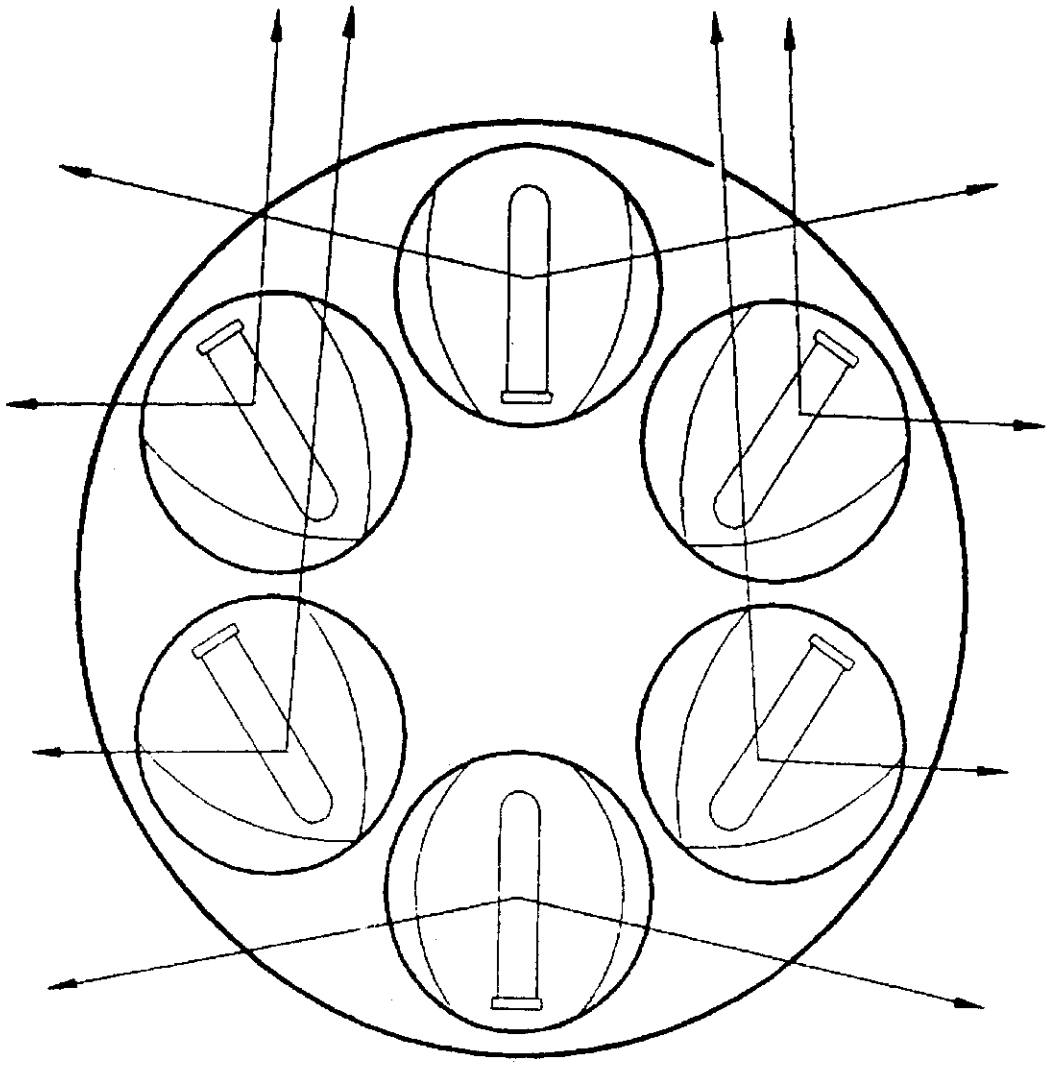
الف- آرایش چراغهای متحرک (از نظر هندسی)

ب- توزیع نور برای روشنایی با نورافکن

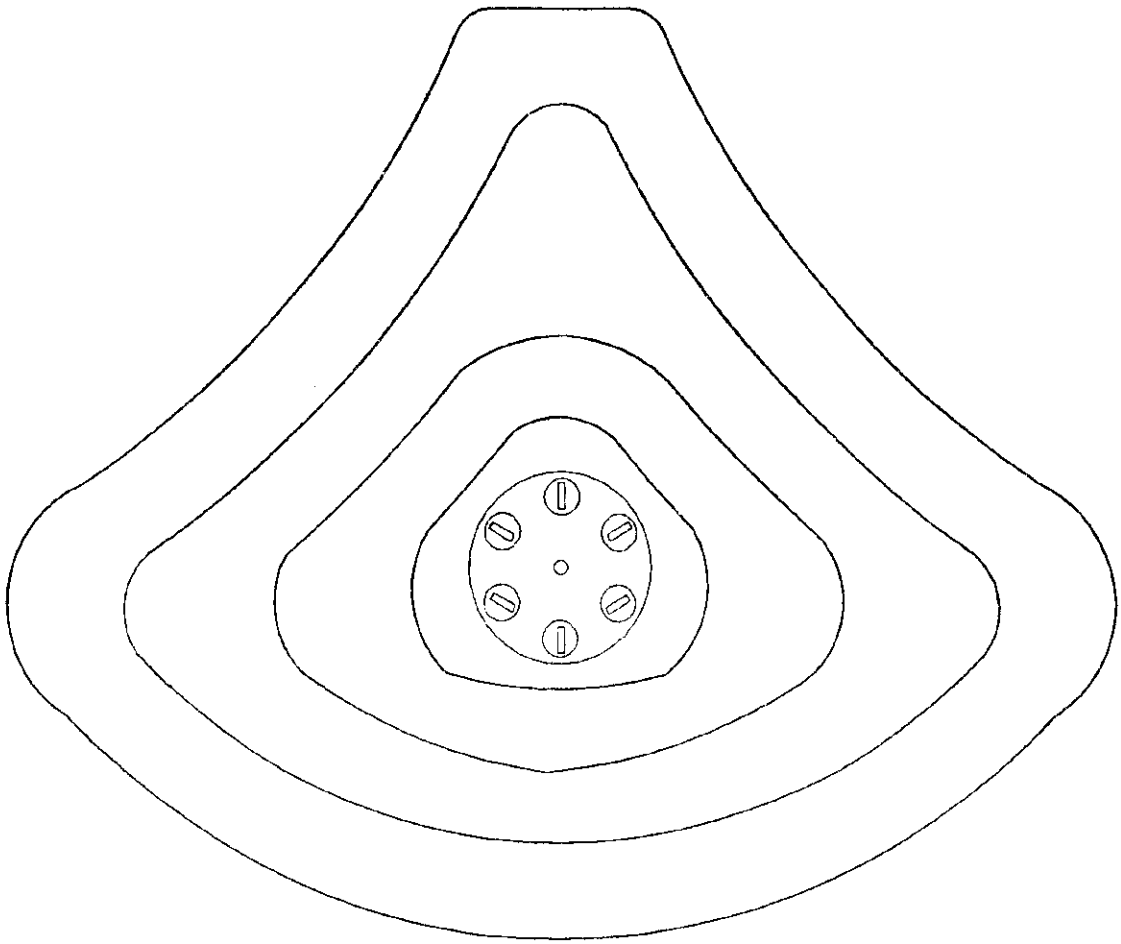
ج- ترکیب چراغهای متحرک و نورافکن

شکل ۸-۵- نمونه‌هایی از منحنیهای ایزولوکس[1] مربوط به پخش نور پایه‌های بلند

1- Isolux



شکل ۸-۶-الف- نمونه‌ای از آرایش نصب چراغها بر روی صفحه‌ای واقع بر بالای پایه بلند



شکل ۸-۶-ب- منحنیهای ایزولوکس تشکیل شده بر روی سطح زمین مربوط به پخش نور ناشی از مجموعه چراغهای نصب شده بر روی یک پایه بلند

فصل نهم

روشنایی پلها و راههای مرتفع

۹-۱ دامنه کاربرد

این فصل، حاوی توصیه‌هایی در زمینه ملاحظات فنی و زیبایی طراحی سیستم روشنایی پلهای مخصوص عبور وسایل نقلیه، پلهای مخصوص عابرین و راههای مرتفع[1] می‌باشد.

۹-۲ تعریفها

۹-۲-۱ راه مرتفع

به راهی گفته می‌شود که بر روی سازه‌ای که عموماً از تعدادی پایه و ستون تشکیل شده، قرار گرفته و از آن به منظور عبور از روی راههای دیگر و یا ساختمانها و دره‌ها استفاده می‌شود. همچنین به راهی که بر روی خاکریز ساخته شده باشد نیز راه مرتفع اطلاق می‌گردد.

۹-۲-۲ پل عبور عابرین

پلی است که فقط برای عابرین پیاده و برای گذر از عرض راه ساخته می‌شود.

۹-۲-۳ پل عبور وسایل نقلیه

سازه‌ای، حامل راه مورد نظر، که بر روی یک راه دیگر، خط آهن، رودخانه و سایر موارد مشابه ساخته می‌شود.

1-Elevated Roads

۹-۲-۴ دید پل از پایین

به دید کامل پل یا راه مرتفع از هر نقطه‌ای از پایین پل گفته می‌شود.

۹-۲-۵ دید پل از روی پل

هر نقطه روی پل یا راه مرتفع که از آنجا که سازه پل قابل رویت باشد.

۹-۳ ملاحظات عمومی طراحی

کلیه مواردی که در فصول سوم، چهارم، پنجم، هشتم و یازدهم ذکر شده است می‌باید در طراحی لحاظ شود. به هنگام فقدان یک سطح زمینه مناسب یا وجود خیرگی کامل و یا موارد دیگری که رویت مناسب را کم کند، بهبود رویت می‌تواند با کمک دیدن مستقیم تحقق پذیرد. این کار، می‌تواند با افزایش حدود معیارهای روشنایی، اصلاح ارتفاع نصب پایه‌ها و تغییر آرایش نصب صورت پذیرد. به منظور کاهش خیرگی نیز بهتر است از چراغهایی که آستانه افزایش آن کمتر از ۱۵ درصد باشد. استفاده شود.

از آنجا که همواره خطر برخورد وسایل نقلیه با پایه‌های روشنایی، در زیر و یا روی پل وجود دارد می‌باید در انتخاب محل نصب پایه‌ها، نحوه نصب و حفاظت آن توسط گاردیل و یا دیگر وسایل مناسب، دقت لازم مبذول گردد.

در عین این که ملاحظات ایمنی و نگهداری سیستم روشنایی از اولویت بالایی برخوردار است، باید به خوش رویت بودن سیستم روشنایی در روز و شب، از روی و یا اطراف پل دقت شود. همچنین برای تأمین روشنایی پلها، در مواقع خاص، می‌توان از پایه‌های بلند دارای چندین لامپ و چراغ نیز استفاده کرده و یا این که اقدام به روشن نمودن دیواره پل و سازه آن کرد.

جریان ترافیک، یک عامل محدودکننده برای انجام عملیات نگهداری سیستم روشنایی پل بوده و تعمیرات و نگهداری سیستم فقط در اوقاتی که حجم ترافیک سبک باشد، می‌تواند انجام شود. به دلیل بالا بودن هزینه، در طراحی و انتخاب سیستم روشنایی مناسب برای پلها می‌باید به کاهش هزینه‌های تعمیرات و نگهداری سیستم تا حد امکان، توجه شود.

۹-۴ روشنایی پلها

۹-۴-۱ کلیات

اصول طراحی روشنایی گفته شده در فصول اول، سوم، پنجم و یازدهم، در طراحی روشنایی پلها نیز صادق است. البته در طراحی روشنایی پلها نکات خاصی خصوصاً از نظر رعایت مسائل زیبایی سیستم وجود دارد. در پلهایی که خطر وقوع تصادف در آن زیاد است باید سطح و معیارهای روشنایی بیش از مقادیر معمول آن در نظر گرفته شود.

۹-۴-۲ مسائل فنی

۹-۴-۲-۱ مشخصه‌های پل

طراحی روشنایی پل ممکن است متأثر از مشخصات و ساختمان پل، و محیط اطراف آن باشد. در صورتی که ترافیک مسیر منتهی به پل، در طول پل ادامه یافته و تغییر حجم و یا مسیر ترافیک وجود نداشته باشد، می‌توان سیستم روشنایی راه منتهی به پل را، در طول پل نیز ادامه داد. در پلهایی که محیط اطراف آن مناسب نبوده و یا پلهایی که دارای خم و کمان می‌باشد ممکن است پدیده خیرگی برای رانندگان رخ دهد و در نتیجه قدرت دید آنها را کاهش دهد. همچنین رانندگانی که به قله پل نزدیک می‌شوند ممکن است به دلیل وجود پایه‌های روی قله و بعد از آن، دچار خیرگی شوند. پس از عبور از قله و سرازیر شدن از پل نیز حوزه دید رانندگان ممکن است به دلیل نور ناشی از پایه‌های روشنایی و اتومبیلهایی که در جهت مخالف حرکت می‌کنند، کاهش یابد.

۹-۴-۲-۲ پلهای روی خطوط آهن و راههای آبی قابل کشتیرانی

در بسیاری از مواقع، موانعی که پل از روی آن عبور می‌کند، ممکن است محدودیتهایی برای طراحی روشنایی پل ایجاد کند. بعنوان مثال خطوط آهن و راههای آبی قابل کشتیرانی ممکن است محدودیتهایی روی نحوه توزیع نور و رنگ آن داشته باشد. در چنین مواردی باید در طراحی، دقت بسیار شده و با

افراد متخصص مشاوره شود (مطابق با توصیه‌های فصل یازدهم). مشخصات چراغهای مورد استفاده در این گونه شرایط ممکن است با استاندارد عمومی آن متفاوت باشد. در حقیقت این نوع چراغها برای موارد مصرف خاص، طراحی و ساخته می‌شود.

۹-۴-۳ ملاحظات سازه‌ای در ساختار پل

در موقع طراحی ساختمان پل باید محلهای مناسب برای نصب پایه‌های روشنایی و تجهیزات حفاظتی آن و همچنین استقرار کابلهای تغذیه‌کننده پیش‌بینی شده باشد.

در این طراحی، پل باید توانایی تحمل بار ناشی از پایه‌ها را (از نظر مکانیکی) داشته باشد هر چند که بار مکانیکی ناشی از نصب تجهیزات سیستم روشنایی حتی در صورت وزش باد شدید نیز، معمولاً کم است. همچنین باید فرکانس طبیعی مجموعه پایه، بازو و چراغ به منظور حصول اطمینان از عدم وجود نوسانات نامناسب بررسی شود. در طراحی روشنایی پلها، ملاحظات سازه‌ای و یا سایر ملاحظات طراحی معمولاً منجر به نصب پایه‌ها در پشت قسمت پیاده‌رو پل، بر روی و یا پشت دیواره پل می‌شود.

۹-۴-۴ رویت تجهیزات روشنایی پل

توصیه‌های عمومی در مورد رویت مناسب تجهیزات روشنایی معابر در روز و شب، در فصل اول آمده است. معهذا به دلیل مشخصات مختلف پلها، می‌توان توصیه‌های خاصی را در این زمینه پیشنهاد نمود. در اغلب موارد این توصیه‌ها، دید مناسب پل از پایین و بالای آن را نیز در برمی‌گیرد.

۹-۴-۴-۱ دید پل از روی پل (دید از بالا)

پایه‌ها و چراغهای واقع بر روی پلها، معمولاً بسیار بیشتر از پایه‌های نصب شده در سایر مکانها به چشم می‌آید (به دلیل این که در زمینه آسمان قرار

دارد). بنابراین بهتر است تجهیزات روشنایی مورد استفاده در روی پل با تجهیزات مصرفی در سایر قسمتها متفاوت باشد. در مواقعی که پایه‌های اصلی پل، بالاتر از سطح عبوری پل قرار داشته باشد تجهیزات مورد مصرف در سیستم روشنایی باید هماهنگ با آن انتخاب شود.

زمانی که پایه‌های اصلی پل کاملاً در زیر سطح عبوری پل قرار داشته باشد، سیستم روشنایی باید با دیواره کناری پل هماهنگ و همخوان انتخاب گردد. در صورتی که پهنای پل زیاد نباشد بهتر است پایه‌ها روی دیواره کناری پل نصب شود. البته باید توجه داشت که در همه حالات، ارتفاع نصب، متناسب با ابعاد پل باشد. در صورتی که چنین آرایشی غیر عملی باشد باید پایه‌ها را بافاصله مناسبی از دیواره کناری پل نصب کرد. البته در این حالت، از نظر زیبایی، نصب در وسط پل ترجیح دارد به شرطی که امکان انجام آن وجود داشته باشد.

اگر طراحی روشنایی به صورتی باشد که در آن، از نصب ترکیبی پایه‌های روشنایی در کناره‌ها و وسط پل استفاده شود، تجهیزات سیستم روشنایی باید هماهنگی لازم (از نظر رویت) با کل سازه پل و همچنین دیواره آن را داشته باشد.

۹-۴-۴-۲ دید پل از پایین

رویت پل از پایین بسیار مهم است و در طراحی سیستم روشنایی پل باید به آن توجه نمود. در حقیقت تجهیزات سیستم روشنایی باید با تمامی قسمتهای سازه پل و دیواره آن هماهنگ باشد و بنابراین در تعیین ارتفاع نصب و فاصله بین پایه‌ها باید به این نکته کاملا توجه شود.

در پلهای خیلی بزرگ، ابعاد تجهیزات به کار رفته در سازه پل که بالاتر از دیواره کناری پل واقع شده است، یک عامل تعیین‌کننده در طراحی و نصب پایه‌های روشنایی می‌باشد. هر چه ابعاد این تجهیزات بزرگتر باشد، آزادی عمل در طراحی سیستم روشنایی نیز بیشتر خواهد بود. در پلهای کوچکتر ممکن است بتوان به طور مثال با استفاده از سیم فلزی کشیده شده مابین هر دو ستون بلند پل، نسبت به آویزان کردن چراغ از بالای پل اقدام کرده و بدین

طریق با حذف پایه‌های روشنایی، رویت پل در روز را از کناره‌های آن بهتر کرد. در موارد دیگر نیز، برای حذف پایه‌های روشنایی و مناسب کردن دید پل، اتصال چراغ به سازه روی دیواره پل (در صورت وجود) ممکن است امکان‌پذیر باشد. ولی در صورت عدم وجود سازه‌ای بر روی دیواره، با نصب پایه‌های روشنایی، تجهیزات سیستم روشنایی در رویت جانبی پل برجسته و واضح به نظر خواهد رسید. در پلهای طولانی، وضوح و برجستگی پایه‌ها در رویت پل اهمیت خود را از دست داده و در این حالت، مسئله مهم در طراحی روشنایی، فاصله بین پایه‌ها و آرایش نصب می‌باشدکه نسبت به ارتفاع نصب اولویت بالاتری دارد. در پلهایی که سازه آن از فرم خاصی تبعیت می‌کند، به عنوان مثال ساختار پل دارای قوسهای یکنواخت و متوالی باشد، فاصله نصب پایه‌ها باید هماهنگ با قوسها انتخاب شود.

آرایش نصب پایه‌ها بر روی پل نیز پارامتر مهم دیگری است که باید به علت رویت مناسب پل از جوانب آن در نظر گرفته شود. نصب زیگزاگ منجر به ایجاد رویت مناسب از کناره‌ها نمی‌شود درحالی که نصب روبرو رویت مناسبی را ایجاد می‌کند، خصوصاً این که در این روش می‌توان ارتفاع نصب پایه‌ها را کاهش داد. نصب در وسط نیز منجر به رویت مناسب از جهات مختلف پل شده و در آن، تعداد پایه‌های مورد نیاز کمتر از روش نصب روبرو می‌شود.

زمانی که ارتفاع پایه‌های روشنایی به اندازه‌ای باشد که منجر به رویت مناسب شود، در این حالت بهتر است این پایه ها، بر بالای پایه‌ها و ستونهای پل نصب شود. البته در صورتی که فاصله بین ستونها و پایه‌های پل زیاد باشد ممکن است نصب پایه روشنایی بین ستونها نیز لازم شود. در پلهای خیلی کوتاه مناسبتر است که پایه‌های روشنایی روی پل نصب نشود حتی اگر این امر مستلزم ارتفاع نصب بیشتر برای پایه‌های طرفین پل گردد.

۹-۴-۵ پلهای خاص و مورد توجه از نظر تاریخی و یا معماری

در پلهایی که به دلایل مختلف همچون قدمت تاریخی، اسلوب معماری و غیره مورد توجه خاص می‌باشد در طرح سیستم روشنایی آن باید با

کارشناسان و متخصصین مشورت شود تا جنبه‌های مورد نظر پل بر اثر نصب سیستم روشنایی متأثر نشود.

در پلهایی که قدمت زیاد دارد، باید توجه شود که تجهیزات سیستم روشنایی روی پل نصب نشود. اگر طول پل به اندازه‌ای باشد که حتی با افزایش ارتفاع نصب پایه‌های روشنایی طرفین آن نتوان روشنایی پل را تأمین نمود باید سیستم روشنایی ویژه‌ای برای پل طراحی شود. در صورتی که پل به اندازه کافی عریض باشد، بهترین طریقه نصب پایه‌ها، نصب در رفوژ وسط پل می‌باشد، به شرطی که رویت پل از پایین آن مخدوش نشود.

۶-۴-۹ روشنایی پلهای مخصوص عابرین

طراحی روشنایی پلهای مخصوص عابرین پیاده باید مطابق با فصل پنجم انجام شود. در این طراحی باید به، شدت روشنایی پله‌های روی پل توجه کافی شود. هنگامی که پل عبور عابرین، از روشنایی مناطق اطراف خود بهره‌مند بوده و یا این که پل، روی راهی که سیستم روشنایی برای آن نصب شده، قرار گرفته باشد، در طراحی روشنایی آن باید روشنایی ناشی از محیط اطراف پل نیز در نظر گرفته شود. در پلهایی که بر روی راه دارای سیستم روشنایی، نصب می‌شود، ممکن است روشنایی ناشی از سیستم روشنایی راه، برای پل و راههای منتهی به آن نیز کافی باشد، خصوصاً" اگر دیواره پل، مانع عبور نور نباشد. در شرایطی که جاده (راه) عبوری از زیر پل مجهز به سیستم روشنایی نباشد، روشنایی پل باید به نحوی تأمین شود که مزاحمتی برای رانندگان وسایل نقلیه زیر پل (از نظر خیرگی) ایجاد نکند. تجهیزات سیستم روشنایی پل باید خوش رویت بوده و هماهنگی کاملی با سازه و ساختار پل داشته باشد. در طراحی پلهای جدید مناسب است که سیستم روشنایی پل، از ابتدای طراحی مورد نظر و توجه بوده و اقدامات احتیاطی لازم برای جلوگیری از وقوع برخورد با تجهیزات روشنایی و صدمه دیدن آن منظور شده باشد. کابلهای تغذیه و تابلوهای مربوط به سیستم روشنایی پل نیز باید دارای محلهای مناسبی باشد تا مستقیماً" به چشم نیاید.

۹-۵ روشنایی راههای مرتفع

۹-۵-۱ کلیات

کلیه مواردی که در فصول اول، سوم، چهارم، پنجم و یازدهم ذکر شده است باید در طراحی لحاظ شود. راههای مرتفع با پلها تفاوتهایی دارد که عبارتند از:
الف- معمولاً از پلها طولانی‌تر و دارای فراز و نشیب متوالی (به صورت سینوسی) می‌باشد.
ب- عموماً راههای موازی با آن در سطح پایین‌تر وجود دارد.
همچنین علاوه بر موارد بالا، عموماً این راهها توسط راههای فرعی شیب‌داری، به راههای واقع در سطح پایین‌تر متصل می‌شود. ترافیک راههای مرتفع معمولاً سنگین بوده و در آن، فضای خالی موجود برای تعمیر و نگهداری سیستم روشنایی ناکافی است. این مسئله باعث می‌شود که انجام تعمیر و نگهداری بر روی این راهها بسیار مشکل باشد زیرا مسدود کردن حتی یکی از باندهای عبور راه به منظور انجام عملیات تعمیر و نگهداری سیستم روشنایی، مشکلات فراوان ترافیکی ایجاد می‌کند.

۹-۵-۲ انواع ترکیبات مختلف راههای مرتفع

راههای مرتفع ترکیبات بسیار متفاوتی دارد و برای هر نوع آن باید از یک سیستم روشنایی خاص استفاده شود. انواع ترکیبات مختلف راههای مرتفع عبارتند از:
الف- راههای مرتفعی که راههای موازی با آن در سطح زمین وجود نداشته باشد.
ب- راههای مرتفعی‌که راههای موازی با آن در سطح زمین وجود داشته باشد.
ج- راههایی که بر روی خاکریز ساخته شده و راههای موازی با آن نیز در سطح زمین وجود داشته باشد.
د- راههایی که بر روی دره واقع شده و راههای موازی با آن نیز در سطح زمین وجود داشته باشد.
برای طراحی روشنایی هر یک از راههای مذکور، توصیه‌های زیر باید مدنظر

قرار گیرد.

۹-۵-۲-۱ راههای مرتفع، بدون وجود راههای موازی با آن در سطح زمین

در صورتی که راه مرتفع به صورت پل بتن آرمه‌ای باشد که بر روی دره‌ای قرار گرفته، مناسبتراست که سیستم روشنایی راه هماهنگ با طرح و استقامت مکانیکی سازه راه طراحی شود. ضمناً ممکن است فضای کافی برای نصب پایه‌های روشنایی در خارج از مسیر راه، موجود نباشد که در این صورت باید طراحی سازه راه به نحوی باشد که پایه‌ها بتواند در آن نصب شود.

۹-۵-۲-۲ راههای مرتفع، با وجود راههای موازی با آن در سطح زمین

وجود راههای موازی در سطوح مختلف موجب بروز مشکلاتی به شرح زیر می‌شود:

الف- نور ناشی از روشنایی راه بالاتر فقط قسمتی از سطح راه پایین‌تر را ممکن است روشن کند.

ب - رانندگان وسایل نقلیه، دو سطح نور متفاوت را به صورت همزمان رویت می‌کنند.

طراحی روشنایی چنین راههایی می‌تواند به دو شکل مختلف صورت بگیرد. در روش اول می‌توان برای هر کدام از راهها یک سیستم روشنایی مستقل طراحی نمود، و در روش دوم ممکن است از یک سیستم روشنایی مشترک برای هر دو راه استفاده کرد (بندهای ۹-۵-۲-۳ و ۹-۵-۲-۴ ملاحظه شود).

۹-۵-۲-۳ راههای ساخته شده بر روی خاکریز، با وجود راههای موازی با آن درسطح زمین

در این نوع راهها، به دلیل وجود توده خاک ریخته شده برای ساختمان راه، بین راه پایینی و بالایی فاصله افقی و عمودی وجود خواهد داشت. برای طراحی روشنایی چنین راههایی می‌توان به روشهای زیر عمل نمود:

الف- طراحی روشنایی مستقل برای هر یک از راهها

در این صورت تعداد پایه‌ها افزایش یافته و منجر به مشکل شدن تعمیر و نگهداری شبکه روشنایی و همچنین تداخل روشنایی ناشی از هر یک از راهها در روشنایی راه دیگر می‌شود

ب- استفاده از پایه‌های بلند دارای چندین چراغ و نصب آن در مابین راهها

در این صورت، قدرت چراغها باید به حدی باشد که هر دو راه روشنایی کامل داشته باشد. در واقع اختلاف سطح راهها نباید موجب متفاوت شدن سطح روشنایی آن شود. مزیت این روش، کاهش تعداد پایه‌های روشنایی، کاهش خیرگی و ساده‌تر شدن انجام عملیات تعمیر و نگهداری سیستم روشنایی می‌باشد.

ج- استفاده از پایه‌های بلند دارای چندین چراغ و نصب آن در کنار (خارج) راه پایین‌تر

در شرایطی که خاکریزهای با شیب زیاد و یا دیواره‌های حائل، مابین دو راه وجود داشته باشد ممکن ست بتوان پایه‌ها را در خارج راه پایینی نصب کرد. این روش نیز مزیت روش قبلی را دارا می‌باشد.

د- استفاده از پایه‌های روشنایی راه فوقانی برای روشنایی راه زیرین

چنانچه نور سیستم روشنایی راه فوقانی برای روشن کردن راه زیرین هم کافی باشد می‌توان از آن استفاده نمود. حتی ممکن است چراغهای دیگری، در ارتفاع مناسب و بر روی پایه‌های نصب شده در راه فوقانی، برای روشن کردن راه زیرین نصب شود. باید توجه داشت که در این حالت، روشنایی راه زیرین در کلیه شرایط، به حد کافی باشد.

۹-۵-۲-۴ راههای مرتفعی که به صورت پل بوده و بر روی دره‌ای واقع شده و راههای دیگری نیز در مجاورت آن وجود دارد.

این راهها، در دو ترکیب مختلف به شرح زیر می‌تواند وجود داشته باشد:

الف- دو راه موازی در کنار هم بوده و در بخشهایی از مسیر، راه پایینی در زیر راه مرتفع قرار می‌گیرد.

در این حالت، اگر برای روشنایی راه فوقانی، پایه‌ها در طرفین آن نصب شده باشد، نور ساطع شده از آن، تنها ممکن است سطح کمی از راه زیرین را روشن نماید که این امر موجب تشکیل سایه می‌شود. برای رفع این مشکل، می‌توان اقدام به نصب چراغ در سطح زیرین پل نمود. فقط در این حالت، به علت محدودیت ارتفاع نصب چراغ در سطح زیرین پل و کوتاه بودن پایه‌های نصب شده در آنجا، می‌تواند مشکلات ناشی از سایه‌های ایجاد شده توسط دیگر پایه‌های نصب شده در بیرون پل، مسئله‌ساز باشد.

ب- دو راه موازی در کنار هم بوده و در نقاطی از مسیر، راه پایینی از زیر راه مرتفع عبور کرده و آن را قطع می‌کند.

در این حالت، ممکن است با نصب پایه‌های روشنایی در کناره‌های بیرونی راه زیرین و تنظیم ارتفاع نصب آن بتوان روشنایی کافی برای هر دو راه را تأمین کرد. در این صورت مشکل تعمیرات و نگهداری پایه‌ها در راه فوقانی وجود نخواهد داشت. اگر در این روش، روشنایی راه فوقانی کافی نباشد باید به طور جداگانه برای آن پایه‌های روشنایی نصب شود.

۹-۵-۳ روشنایی راههای شیب‌دار

طراحی روشنایی راههای شیب‌دار منشعب شده از راه مرتفع باید مطابق با توصیه‌های فصول اول، سوم، چهارم، هشتم و یازدهم صورت بگیرد.

۹-۶ تعمیر و نگهداری و بهره‌برداری

برنامه تعمیر و نگهداری و همچنین ساعات بهره‌برداری از سیستم روشنایی در این نوع راهها، مطابق با توصیه‌های فصول اول، سوم، پنجم و پانزدهم می‌باشد.

فصل دهم

روشنایی تونلها و زیرگذرها

۱-۱۰ دامنه کاربرد

این فصل حاوی توصیه‌هایی برای روشنایی تونلها و زیرگذرهای انواع معابر شهری است. در این فصل، ضوابط و شرایط روشنایی، ابتدا برای تونلهای بلند ذکر شده و سپس روشنایی تونلهای کوتاهتر، که ضوابط آن با اعمال تغییرات مختصر در ضوابط روشنایی تونلهای بلند قابل حصول است، مورد بررسی قرار می‌گیرد. این توصیه‌ها، برای روشنایی تونلها و زیرگذرها در اوقات روز و شب و برای انواع مختلف معابر داده است. البته باید توجه داشت که طراحی روشنایی تونلها باید به نحوی باشد که در صورت نیاز سیستم به انجام تعمیرات، حدود روشنایی داخل تونل در محدوده لازم قرار داشته باشد.

این فصل، روشنایی زیرگذرهای مخصوص عبور اشخاص پیاده و دوچرخه، مراکز خرید زیرزمینی، ایستگاههای قطار زیرزمینی و امثالهم را در برنمی‌گیرد.

۲-۱۰ تعریفها

۱-۲-۱۰ ناحیه دسترسی

طول راه دسترسی به تونل تا ورودی تونل، ناحیه دسترسی نام دارد.

۲-۲-۱۰ درخشندگی ناحیه دسترسی (L_{20})

عبارتست از درخشندگی متوسط معبر از دید راننده در ناحیه دسترسی و تحت زاویه ۲۰ درجه (درخشندگی ناحیه دسترسی در نقطه توقف با L_{20} (SP) و در نقطه تطابق با L_{20} (A) نشان داده می‌شود).

۱۰-۲-۳ نقطه تطابق (A)

نقطه‌ای در ناحیه دسترسی است که در آن نقطه، قدرت دید راننده به دلیل وجود مدخل ورودی تونل که فضای تاریکی است، با سرعت زیاد شروع به کاهش می‌کند.

۱۰-۲-۴ ناحیه خروج

قسمتی در انتهای تونل است که دید راننده در آن قسمت، به دلیل روشنایی فضای خارج تونل تحت تاثیر قرار می‌گیرد.

۱۰-۲-۵ ناحیه داخلی

قسمت اصلی در داخل تونل که در آن، کمترین حد روشنایی روز اعمال می‌شود.

۱۰-۲-۶ درخشندگی ناحیه داخلی (L_{in})

درخشندگی متوسط در ناحیه داخلی است که موجب تشکیل زمینه روشن برای دیده شدن اجسام توسط رانندگان می‌شود. در پله مناسبی ازسطح روشنایی تونل (در حداقل روشنایی روز) درخشندگی متوسط در کل تونل می‌باشد (بخش ۱۰-۱۳).

۱۰-۲-۷ فاصله دید توقف (SSD)

عبارتست از فاصله دید لازم برای راننده‌ای که به هنگام حرکت با یک سرعت مشخص و روبرو شدن ناگهانی با یک مانع، بتواند اتومبیل را متوقف نماید.

۱۰-۲-۸ نقطه توقف (SP)

نقطه‌ای در ناحیه دسترسی به تونل است که فاصله آن از ورودی تونل برابر فاصله دید توقف (SSD) باشد.

۱۰-۲-۹ ناحیه آستانه

اولین ناحیه داخل تونل است که به تشکیل زمینه دید مناسب برای رویت اجسام توسط رانندگان، به هنگامی که در ناحیه دسترسی، بین نقطه توقف و ورودی تونل قرار دارند، کمک می‌کند.

۱۰-۲-۱۰ درخشندگی ناحیه آستانه (T_{th})

درخشندگی متوسط در ناحیه آستانه است که موجب تشکیل زمینه دید مناسب برای رویت اجسام توسط رانندگان، به هنگامی که در ناحیه دسترسی، بین نقطه توقف و ورودی تونل قرار دارند، می‌شود.

۱۰-۲-۱۱ ناحیه انتقال

قسمت بعد از ناحیه آستانه در داخل تونل است که درخشندگی آن کمتر از درخشندگی ناحیه آستانه بوده و روشنایی آن به نحوی طراحی می‌شود که دید کافی برای رانندگان به هنگام خروج از ناحیه آستانه و وود به ناحیه داخلی را فراهم نماید.

۱۰-۲-۱۲ درخشندگی ناحیه انتقال (L_{tr})

درخشندگی متوسط در ناحیه انتقال است که موجب تشکیل زمینه دید مناسب برای رویت اجسام توسط رانندگان می‌شود.

۱۰-۲-۱۳ دهانه یا وردی تونل

نقطه‌ای است که از قسمت پوشیده و غیر باز معبر آغاز می‌شود. این تعریف برای پوششی که اجازه ورود نور در روز به داخل را می‌دهد نیز صادق است.

۱۰-۲-۱۴ تطابق

روندی که بر اساس آن، عملکرد سیستم دید، با توجه به درخشندگی و یا تأثیر رنگهایی که توسط سیستم دید رویت می‌شود، اصلاح می‌گردد.

۱۰-۲-۱۵ چراغ

وسیله‌ای است که نور لامپ (لامپها) را پخش یا فیلتر نموده و شامل کلیه تجهیزات جانبی لازم برای استقرار و حفاظت از این لامپها و اتصال آن به مدار تغذیه‌کننده، می‌باشد.

۱۰-۲-۱۶ فلیکر[1] یا سوسو زدن

اثر تغییر درخشندگی یا رنگ نور است و زمانی اتفاق می‌افتد که فرکانس تغییرات نور بین چند هرتز قرار داشته و با فرکانس تشکیل تصاویر نیز درآمیزد.

۱۰-۲-۱۷ نورپردازی غیرمستقیم[2]

روشی که به منظور جلوگیری از رویت مستقیم لامپها و سطوحی که درخشندگی زیادی دارد به کار می‌رود. این عمل به منظور کاهش خیرگی انجام می‌شود.

۱۰-۲-۱۸ انعکاس

نسبت بین جریان نوری منعکس شده از یک جسم به جریان نوری تابیده شده به آن را گویند.

۱۰-۲-۱۹ تداخل انعکاس

اثری است که ناشی از انعکاس نور از چندین سطح منعکس‌کننده می‌باشد.

1- Flicker
2- Cut-off [lighting]

۱۰-۲-۲۰ انعکاس مجازی

انعکاسی است که منطبق بر قوانین انعکاس نور،همچنانکه در انعکاس نور از یک آینه صادق است، نمی‌باشد.

۱۰-۲-۲۱ لامپ فلورسنت

لامپ تخلیه‌ای است که در آن، قسمت اعظم نور توسط لایه فلوئورسانسی تشعشع می‌شود که این لایه توسط اشعه ماوراء بنفش ناشی از تخلیه گاز تحریک می‌شود.

۱۰-۲-۲۲ لامپ سدیم پرفشار

لامپ بخار سدیمی است که در آن فشار بخار در هنگام عملکرد لامپ در حدود ۱۰۰ میلی بار است.

۱۰-۲-۲۳ لامپ سدیم کم فشار

لامپ بخار سدیمی است که در آن فشار بخار در هنگام عملکرد لامپ از ۰/۰۵ میلی بار فراتر نمی‌رود.

۱۰-۲-۲۴ لوور[1]

صفحه‌ای است که از اجزای مات و نیم شفاف تشکیل شده و اجزای آن از نظر هندسی به نحوی طراحی شده است که مانع از دیده شدن لامپ بصورت مستقیم و تحت زوایای خاص می‌شود.

۱۰-۲-۲۵ ضریب بهره‌برداری

نسبت بین شار نوری به کار گرفته شده (موثر) به شار نوری منتشر شده از یک لامپ است.

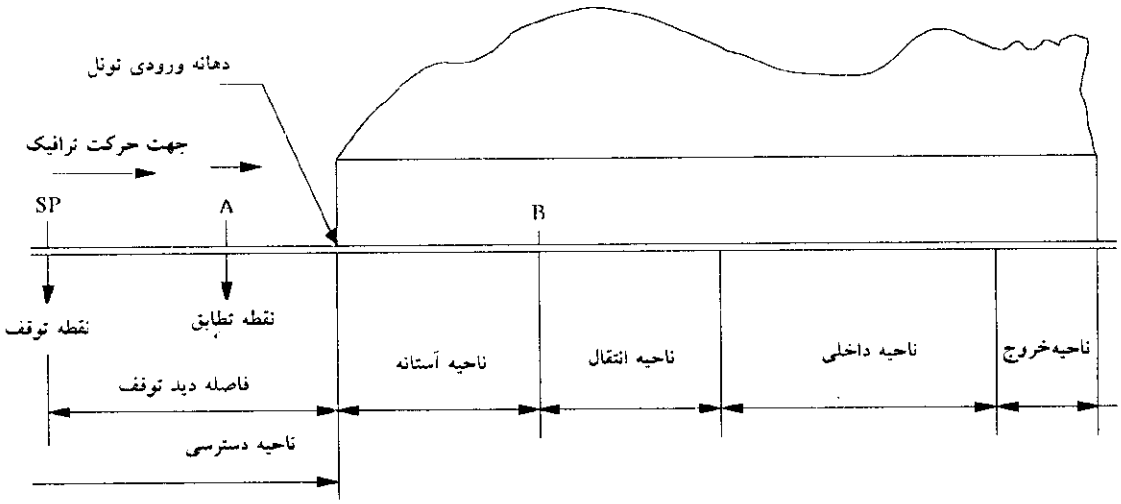
1- Louvre

۱۰-۲-۲۶ پلاستیک نیم شفاف

پلاستیکی که به طور کامل پرداخت نشده و اجسام ازمیان آن به وضوح دیده نشود.

۱۰-۲-۲۷ مقدار تضمینی درخشندگی یا شدت روشنایی

حداقل مقدار درخشندگی یا شدت روشنایی که مطمئنا" در بدترین شرایط بهره‌برداری از سیستم روشنایی (انتهای مدت نظافت چراغ و انتهای عمر لامپ) در سطح معبر ایجاد می‌شود.



شکل ۱۰-۱- مقطع طولی از یک تونل واقع در راه یکطرفه

۱۰-۳ کلیات

هدف از نصب سیستم روشنایی در تونل این است که رانندگان وسایل نقلیه بتوانند سرعت، درجه ایمنی و آسایشی را که قبل از ورود به تونل داشته‌اند، در داخل تونل نیز حفظ کنند. این امر در صورتی محقق می‌شود که رانندگان دید کاملی نسبت به مسیر جلوی خود داشته باشند. تفاوت عمده روشنایی تونلها و روشنایی معابر، نیاز به تأمین روشنایی تونلها در روز است. یک راننده لازم است که رویت مناسبی در فاصله مشخصی از حوزه دید خود داشته باشد تا در صورت مشاهده ناگهانی یک مانع بتواند به سرعت عکس‌العمل نشان داده و در فاصله یاد شده اتومبیل را متوقف نماید. حال اگر این فاصله به

داخل یک تونل منتهی گردد وجود روشنایی کافی در داخل تونل به منظور حفظ میدان دید لازم برای راننده، کاملا ضروری است. زیرا در صورتی که سطح روشنایی دخل تونل به حد کافی نباشد، راننده قادر به دیدن در داخل آن نخواهد بود. این پدیده، به نام "اثر حفره سیاه" خوانده می‌شود.

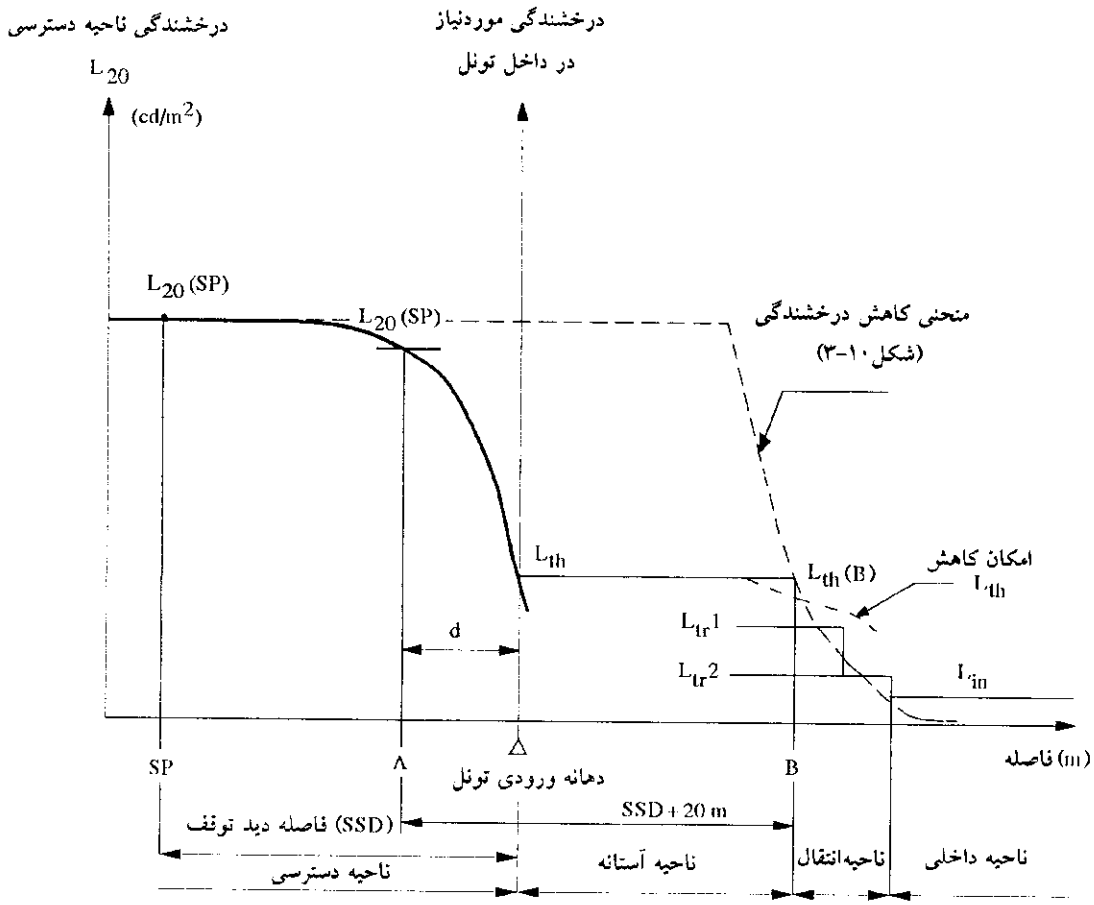
به هنگام نزدیک شدن و ورود به یک تونل، چشمان راننده سعی در تطابق با محیط تاریک اطراف دارد. تطابق عمل پیوسته‌ای است که در نتیجه آن، می‌توان در داخل تونل و در طول مشخصی، نسبت به کاهش سطح روشنایی، آنهم به صورت مرحله‌ای اقدام نمود به طوری که به یک حد ثابت از سطح روشنایی در ناحیه داخلی تونل دست یافت. به هنگام خروج از تونل در روز، عمل تطابق چشم، با سطح درخشندگی بالاتر (واقع در محیط بیرون از تونل) به مراتب سریعتر صورت می‌گیرد. در زمان خارج شدن از تونل، راننده باید به منظور داشتن امکان برای مانورهای ناگهانی و سریع در ناحیه خروج از تونل، دید کافی از پشت سر خود نیز داشته باشد.

تأثیر روشنایی تونلها بر محیط اطراف آن هیچگاه نباید فراموش شود. محیط اطراف می‌تواند یک محیط باز و یا محیطی با ساختمانهای زیاد و متراکم و یا ساختمانهای تاریخی و مهم باشد. بنابراین باید اثرات نوع لامپ انتخابی، پخش نور و چراغها در طراحی روشنایی تونلها در نظر گرفته شود.

۴-۱۰ مبانی طراحی و خلاصه‌ای از روند طراحی روشنایی تونلها

اولین نکته در طراحی روشنایی تونلها تعیین حداکثر درخشندگی ناحیه دسترسی در نقطه توقف [$L_{20}(SP)$] می‌باشد که روشهای بدست آوردن آن در بند (۱۰-۵) ذکر شده است. با تعیین این مقدار، درخشندگی لازم برای ناحیه آستانه (L_{th}) مطابق با بند (۱۰-۶) قابل محاسبه خواهد بود. مبنای تعیین درخشندگی لازم برای ناحیه آستانه، رویت یک جسم ۲۰ سانتیمتر مربعی با کنتراست معین می‌باشد (نظریه موضوع در ضمیمه (۱۰-۱) آورده شده است).

مبانی تعیین مقادیر درخشندگی و طول هر یک از ناحیهها در شکل (۱۰-۲) نشان داده شده است.



d : فاصله نقطه تطابق (A) تا دهانه ورودی تونل (متر)

L_{20} (SP) : میزان درخشندگی ناحیه دسترسی (L_{20}) در نقطه توقف (SP)

L_{20}(A) : میزان درخشندگی ناحیه درسترسی (L_{20}) در نقطه تطابق (A)

L_{th} : درخشندگی سطح زمینه در ناحیه آستانه

L_{th}(B) : درخشندگی در نقطه انتهایی ناحیه آستانه (B)

L_{tr1} ، L_{tr2} : درخشندگیهای ناحیه انتقال

L_{in} : میزان درخشندگی در ناحیه داخلی

شکل ۱۰-۲- ارتباط بین درخشندگیهای ناحیه دسترسی و نواحل داخل تونل

در این شکل، قسمت چپ گراف نشان می‌دهد که درخشندگی ناحیه دسترسی چگونه با میزان فاصله تا ورودی تونل، برای راننده‌ای که از نقطه توقف به تونل نزدیک می‌شود، تغییر می‌کند (در مورد تعیین نقطه تطابق (A) و تأثیر فاصله آن از ورودی تونل بر طول ناحیه آستانه در بخشهای بعدی

بحث شده است). قسمت راست گراف نیز نشان‌دهنده درخشندگی لازم در داخل تونل است (برای این قسمت، محور درخشندگی، خط قائمی است که از نقطه ورودی تونل رسم شده است).

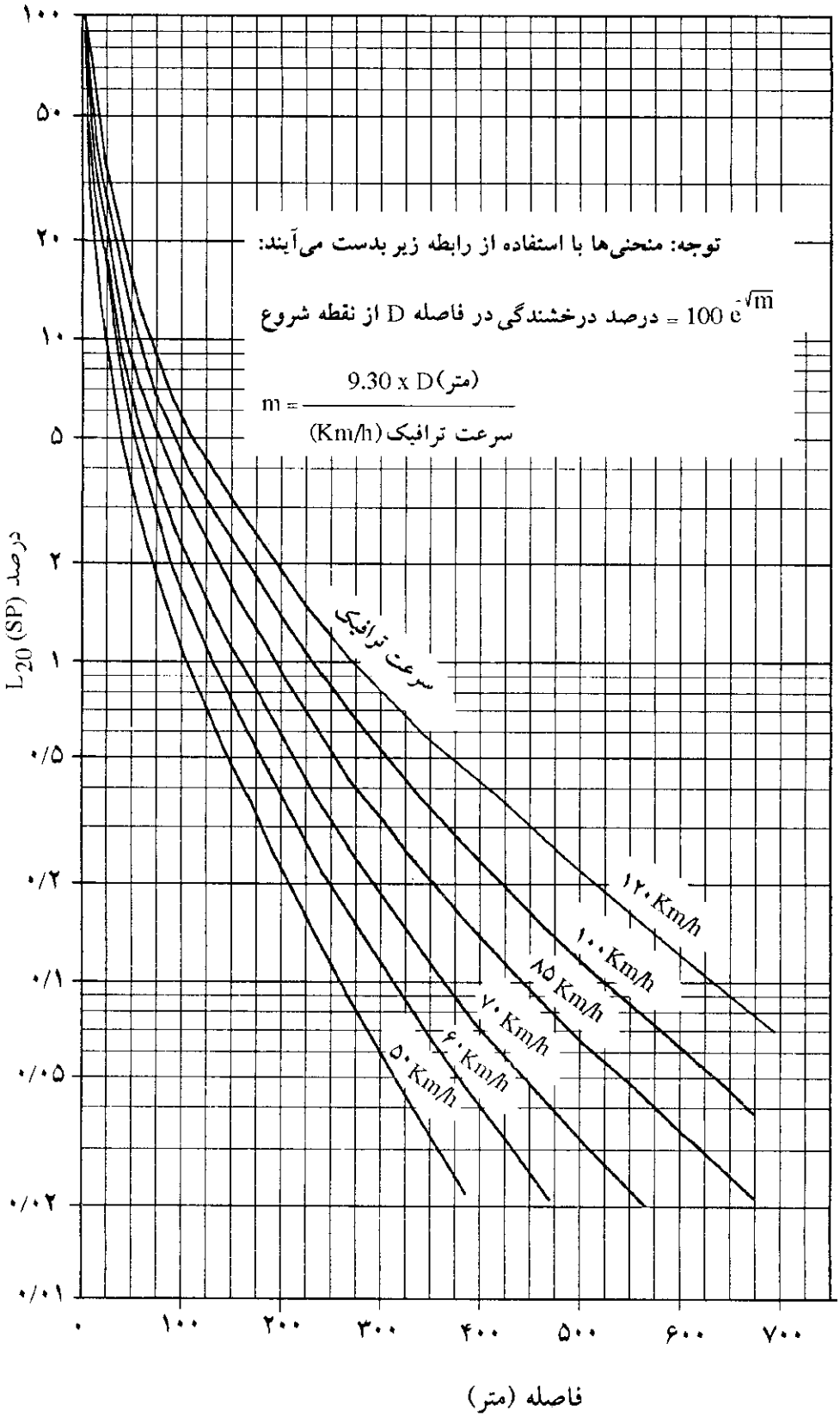
درخشندگی در ناحیه آستانه نیز توسط خط پر نشان داده شده و ثابت فرض شده است، یعنی $L_{th}(B) = L_{th}$.

البته می‌توان توجیهی برای کاهش درخشندگی در ناحیه آستانه، همان گونه که توسط خط چین در شکل (۱۰-۲) مشخص است، ارائه نمود. مثالی از چنین کاهشی، در شکل (۱۰-۳) نشان داده شده است.

پس از اتمام ناحیه آستانه (نقطهB) درخشندگی باید به واسطه یک یا چندین ناحیه انتقال کاهش یافته و به مقدار درخشندگی برگزیده برای ناحیه داخلی تونل (L_{in}) برسد (بند۱۰-۹). با استفاده از منحنی نشان داده شده در شکل (۱۰-۳) می‌توان حداکثر مجاز نرخ کاهش درخشندگی، از مقدار $L_{th}(B)$ به L_{in} را تعیین کرد. روش برازش منحنی به منظور تعیین ناحیه (نواحی) انتقال، در بخشهای بعدی ذکر شده است. بدست آوردن تجربی منحنیهای کاهش روشنایی نیز در ضمیمه (۱۰-۱) به طور خلاصه گفته شده است. روشنایی ناحیه خروج و توصیه‌هایی برای روشنایی تونل در شب نیز در بخشهای بعدی مورد بررسی قرار می‌گیرد.

مقادیر مربوط به درخشندگی که در این فصل ذکر شده است. مقادیر تضمینی آن در طول دوره بهره‌برداری است. سطوحی که مقادیر درخشندگی برای آن داده شده است زمینه لازم برای دیده شدن وسایل نقلیه و اجسام را تشکیل می‌دهد. هر چند این زمینه ممکن است شامل سطح معبر، دیوارها و یا حتی سقف نیز باشد ولی اولین پارامتری که به منظور قضاوت در مورد طراحی مناسب سیستم روشنایی معبر مورد نظر قرار می‌گیرد، درخشندگی متوسط سطح معبر است. سپس پارامترهایی همچون روشن نمودن دیوارها، و احتمالاً سقف و یکنواختی درخشندگی مورد توجه قرار می‌گیرد.

استفاده از شاخص شدت روشنایی برای مشخص کردن کیفیت روشنایی در تونلها توصیه نمی‌شود، ولی می‌توان به منظور بررسی کار طراحان و پیمانکاران نصب سیستم روشنایی، پس از اتمام کار آنها، شاخص شدت روشنایی و میزان یکنواختی آن را به دلیل ساده بودن محاسبه، مورد استفاده قرار داد.



شکل ۱۰-۳- منحنیهای کاهش درخشندگی در ناحیه انتقال

۱۰-۵ تعیین درخشندگی ناحیه دسترسی (L_{20})

۱۰-۵-۱ ثابت شده است که مقدار شاخص L_{20} اطلاعات کمی کافی در مورد تأثیر درخشندگی بر نحوه رویت، در حوزه دید رانندگان را فراهم می‌کند. به خصوص آنکه حداکثر سطح درخشندگی که در ناحیه آستانه تونل باید ایجاد شود (L_{th}) بستگی به حداکثر مقدار L_{20} دارد که این مقدار، برای راننده در نقطه توقف، در داخل ناحیه دسترسی وجود دارد (حداکثر مقدار $L_{20}(SP)$). محل نقطه توقف در ناحیه دسترسی توسط فاصله دید توقف (SSD) تعیین می‌شود. مقادیر فاصله دید توقف، برحسب سرعت طراحی شده برای معبر، در جدول (۱۰-۱) داده شده است.

جدول ۱۰-۱- اندازه فاصله دید توقف (SSD) برحسب سرعت طراحی شده برای معبر

سرعت طرح (کیلومتر برساعت)	۵۰	۶۰	۷۰	۸۵	۱۰۰	۱۲۰
فاصله دید توقف (متر)	۵۰	۷۰	۹۰	۱۲۰	۱۶۰	۲۱۵

مقادیر ذکر شده در جدول (۱۰-۱) در همه حالات، بجز در شرایط خاصی که بر احساس و ادراک رانندگان اثر گذاشته و نیاز به تغییر مقادیر فاصله دید توقف است، معتبر می‌باشد. در شرایط یاد شده، باید از اولین مقدار SSD، بزرگتر از مقدار داده شده در جدول (۱۰-۱) برای سرعت طراحی شده معبر، استفاده کرد. نمونه‌هایی از این شرایط خاص عبارتند از:

الف - وجود تقاطع در نزدیکی و یا در داخل نواحی دسترسی یا آستانه تونلها که موجب تغییرات سرعت می‌شود.

ب- معبری که در آن وسایل نقلیه کند و سریع به صورت توام تردد می‌کند.

ج- کم عرض بودن خط کناری معبر برای استفاده در مواقع اضطراری.

توجه : در صورت وجود شرایط مزبور برای معابری که سرعت طرح در آن ۱۲۰ کیلومتر برساعت می‌باشد، مقدار SSD مربوطه ۲۹۵ متر منظور شود.

در این بخش، فرض شده که سرعت طراحی برای معبر و حد مجاز عملی سرعت برای وسایل نقلیه، یکسان می‌باشد. در غیر این صورت، طراحی

روشنایی تونلها باید بر اساس سرعت کمتر (حد مجاز عملی سرعت) انجام شود. البته باید توجه داشت که اگر حد مجاز عملی سرعت افزایش داده شود، روشنایی داخل تونل دیگر کافی نخواهد بود. به هیچوجه توصیه نمی‌شود که به منظور جبران مناسب نبودن سطح روشنایی داخل تونل از محدود نمودن سرعت در بخش یا بخشهایی از تونل استفاده شود زیرا چنین عملی منجر به محدود نمودن جریان ترافیک شده و بعضاً شرایطی را ایجاد می‌کند که به منظور جلوگیری از وقوع آن می‌باید در طرح سیستم روشنایی تونل پیش‌بینیهای خاصی در نظر گرفته شود.

سرعت نزدیک شدن به تونل بر روی مقدار $L_{20}(SP)$ تاثیر می‌گذارد. این تأثیر، به صورت تغییر موقعیت نقطه توقف (SP) در ناحیه دسترسی ظاهر می‌گردد. هر قدر سرعت نزدیک شدن کمتر باشد نقطه توقف به ورودی تونل نزدیکتر و مقدار $L_{20}(SP)$ کمتر خواهد بود. روشهای زیر برای تعیین مقدار L_{20} در هر نقطه از ناحیه دسترسی، مشتمل بر $L_{20}(SP)$ توصیه می‌شود.

۱۰-۵-۱-۱ اندازه‌گیری مستقیم در سایت

از این روش می‌توان در تونلهای موجود و یا در سایت مربوط به یک تونل که قرار است ساخته شود، استفاده کرد. جزئیات این روش در ضمیمه (۱۰-۲) آورده شده است. هزینه استفاده از این روش عموماً به دلیل نیاز به تجهیزات خاص و همچنین زمان بری آن، بالا می‌باشد و لذا فقط در مواردی باید از آن استفاده شود که نتوان به دلیل وجود محدودیتهای مختلف از سایر روشها سود جست. در این روش، تعیین حداکثر مقدار L_{20} که به شرایط آسمان بستگی دارد، بسیار مهم است.

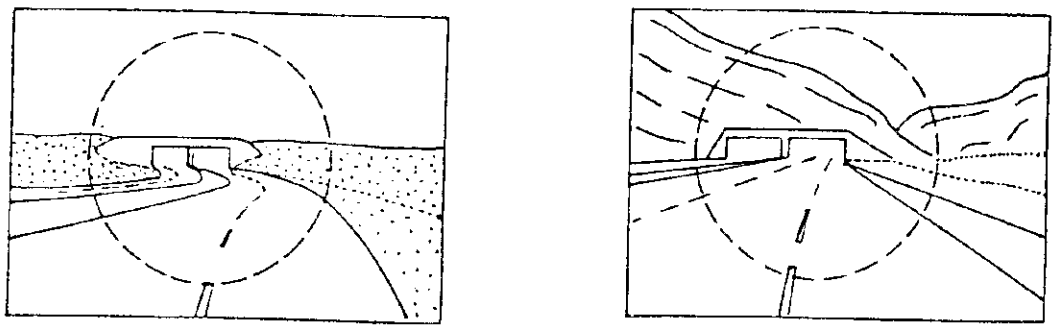
۱۰-۵-۱-۲ روش شبکه

در صورتی که نتوان از روش گفته شده در بند (۱۰-۵-۱-۱) استفاده کرده و عکسهای تونل یا نقشه‌های آن نیز موجود باشد می‌توان روش شبکه را به کار برد. در این روش، مقدار L_{20} بر اساس متوسط‌گیری از مقادیر درخشندگی در هر قسمت از حوزه دید محاسبه می‌شود. مقادیر معمول درخشندگی در

قسمتهای مختلف حوزه دید (به همراه یک مثال کابردی) در ضمیمه (۱۰-۳) آورده شده است. اندازه‌گیری درخشندگی در قسمتهای مختلف حوزه دید در محل سایت نیز می‌تواند در محاسبات، موثر واقع شود (ضمیمه۱۰-۲ ملاحظه شود).

۱۰-۵-۱-۳ روش مقایسه با تونلهای موجود

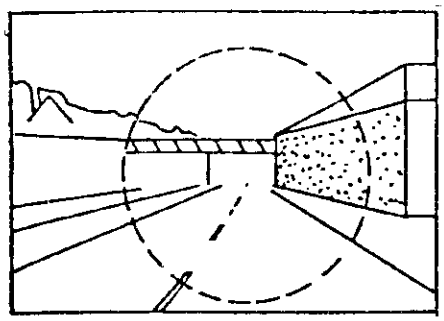
تجارب بسیاری از کشورها در زمینه تامین روشنایی کافی در ناحیه آستانه نشان می‌دهد که برای فرمهای خاصی از معابر دسترسی به تونل (مانند کوهها و یا دیواره‌های ساخته شده از سنگ و آجر)، می‌توان از یک محدوده خاصی برای درخشندگی ناحیه دسترسی استفاده کرد. در شکل (۱۰-۴) شرایط مختلف ناحیه‌های دسترسی همراه با مقادیر کاربردی برای درخشندگی آن (به ازای شدت روشنایی ۱۰۰ کیلولوکس که حداکثر شدت روشنایی در تابستان است) داده شده است. دیاگرامها به ازای فواصل نشان داده شده و زاویه دید ۲۰ درجه ترسیم شده است. مقایسه شرایط واقعی یک تونل با دیاگرامهای شکل (۱۰-۴) تعیین‌کننده حدود مقادیر L_{20} برای تونل خواهد بود.



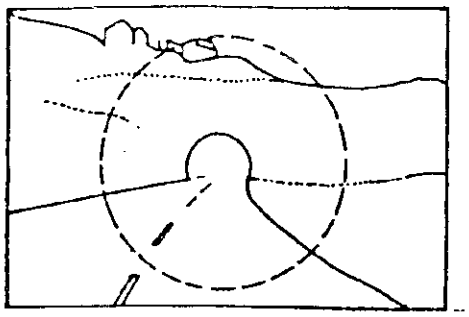
فاصله = ۹۰ متر
L_{20} (برای رانندگی به سمت شمال) = ۴۰۰۰ cd/m^2
L_{20} (برای رانندگی به سمت جنوب) = ۵۵۰۰ cd/m^2

فاصله = ۱۶۰ متر
L_{20} (برای رانندگی به سمت شمال) = ۵۰۰۰ cd/m^2
L_{20} (برای رانندگی به سمت جنوب) = ۷۵۰۰ cd/m^2

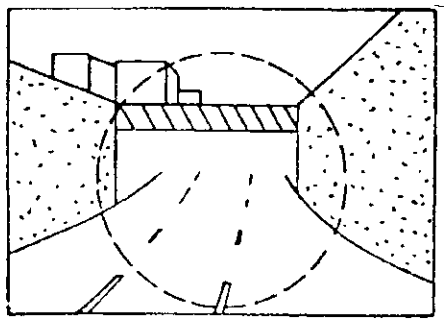
شکل ۱۰-۴- مثالهایی از انواع مختلف راههای دسترسی به تونل، همراه با میزان درخشندگی لازم برای ناحیه دسترسی مربوط



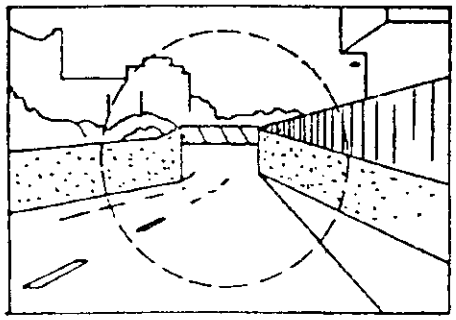
فاصله = ۹۰ متر
L_{20} (برای رانندگی به سمت شمال) = ۴۵۰۰ cd/m^2
L_{20} (برای رانندگی به سمت جنوب) = ۷۰۰۰ cd/m^2



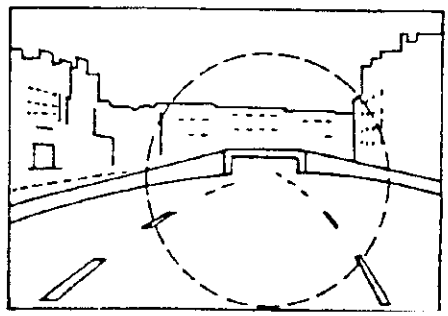
فاصله = ۹۰ متر
L_{20} (برای رانندگی به سمت شمال) = ۳۰۰۰ cd/m^2
L_{20} (برای رانندگی به سمت جنوب) = ۳۰۰۰ cd/m^2



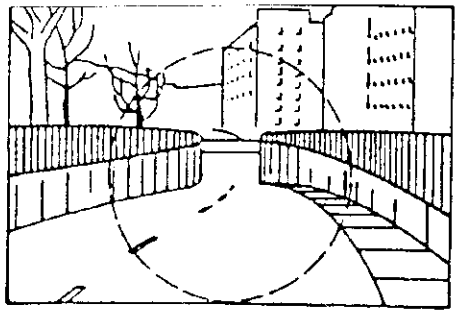
فاصله = ۵۰ متر
L_{20} (برای رانندگی به سمت شمال) = ۳۰۰۰ cd/m^2
L_{20} (برای رانندگی به سمت جنوب) = ۴۰۰۰ cd/m^2



فاصله = ۹۰ متر
L_{20} (برای رانندگی به سمت شمال) = ۳۵۰۰ cd/m^2
L_{20} (برای رانندگی به سمت جنوب) = ۵۵۰۰ cd/m^2



فاصله =۱۶۰ متر
L_{20} (برای رانندگی به سمت شمال) = ۴۵۰۰ cd/m^2
L_{20} (برای رانندگی به سمت جنوب) = ۶۵۰۰ cd/m^2



فاصله = ۹۰ متر
L_{20} (برای رانندگی به سمت شمال) = ۳۰۰۰ cd/m^2
L_{20} (برای رانندگی به سمت جنوب) = ۴۰۰۰ cd/m^2

ادامه شکل ۱۰-۴- مثالهایی از انواع مختلف راههای دسترسی به تونل، همراه با میزان درخشندگی لازم برای ناحیه دسترسی مربوط

۱۰-۵-۲ روشهای گفته شده در بندهای (۱۰-۵-۱-۱) و (۱۰-۵-۱-۲) تعیین‌کننده مقدار قابل قبول و صحیح برای L_{20} به منظور فراهم آوردن مبنای طراحی

روشنایی در تونل می‌باشد. در صورت عدم وجود اطلاعات دقیق که توسط روشهای مذکور فراهم می‌شود، می‌توان از روش بند (۱۰-۵-۱-۳) برای دستیابی به یک تخمین اولیه برای $L_{20}(SP)$ به منظور آغاز طراحی روشنایی تونل استفاده کرد. توصیه می‌شود که برای طراحی نهایی روشنایی، از روشهای بندهای (۱۰-۱-۵-۱) و یا (۱۰-۱-۵-۲) استفاده شود.

۱۰-۶ روشنایی ناحیه آستانه در طول روز

به منظور وجود رویت کافی برای رانندگان در تونل، درخشندگی ناحیه آستانه (L_{th}) می‌باید از رابطه (۱۰-۱) تبعیت کند.

$$L_{th} = K.\ L_{20}(SP) \qquad (۱-۱۰)$$

مقدار ضریب K در رابطه فوق با وضعیت معبر و جریان ترافیک تغییر می‌کند. مقادیر توصیه شده برای ضریب K در جدول (۱۰-۲) داده شده است.

جدول ۱۰-۲- مقادیر توصیه شده برای ضریب K

حد سرعت (کیلومتربرساعت)	نوع معبر	ضریب K
۱۱۰ و بالاتر	راههای شریانی درجه ۱	۰/۰۷
۸۰ تا ۱۰۰	راههای شریانی درجه ۱ و ۲	۰/۰۶
۵۰ تا ۷۰	راههای شریانی درجه ۲ و خیابانهای محلی	۰/۰۵

۱۰-۷ مشخصه‌های مختلف ناحیه آستانه

۱۰-۷-۱ تعیین طول ناحیه آستانه

طول ناحیه آستانه از طریق رابطه زیر به محل نقطه تطابق (A) و فاصله دید توقف که متأثر از سرعت ترافیک است، مربوط می‌شود:

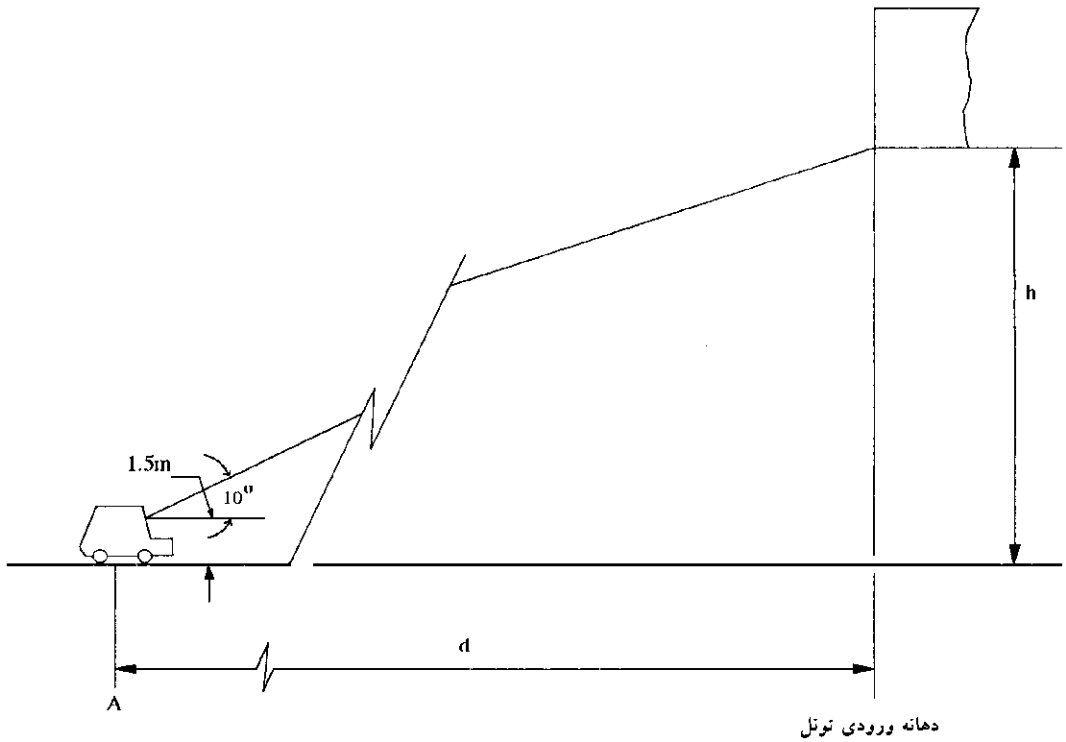
طول ناحیه آستانه یا ۴۰ متر است و یا برابر (S_{SD}+20-d)، هر یک که بزرگتر باشد. S_{SD} اندازه فاصله دید توقف (SSD) برحسب متر و d فاصله بین نقطه تطابق (A) و ورودی تونل برحسب متر است. نحوه بدست آوردن طول ناحیه آستانه در شکل (۱۰-۲) نشان داده شده است. در این شکل، افزایش ۲۰ متری

در فاصله دید توقف به منظور تامین زمینه مناسب برای مشخص شدن اجسام برای راننده‌ای است که در نقطه تطابق قرار دارد. در معابری که سرعت نزدیک شدن ترافیک به تونل کمتر از سرعت طراحی شده برای معبر باشد، طول ناحیه آستانه می‌تواند به ۴۰ متر کاهش یابد. تقویت روشنایی ناحیه آستانه تونل به کمک شدت روشنایی ناشی از نور روز نیز، بستگی به طراحی و معماری تونل دارد ولی عموماً احتیاج به داشتن سیستم روشنایی در ۵ متر ابتدای تونل نیست.

۱۰-۷-۲ محل نقطه تطابق (A)

محل نقطه (A) که در آن قدرت تطابق چشم راننده به دلیل نزدیک شدن به ورودی تونل شروع به کاهش شدید می‌کند چندان دقیق نیست. معهذا تخمین محل این نقطه مهم است زیرا هر قدر فاصله (A) تا ورودی تونل بیشتر باشد طول ناحیه آستانه کمتر خواهد شد و در نتیجه هزینه سیستم روشنایی کاهش می‌یابد. حداقل فاصله نقطه (A) تا دهانه (ورودی) تونل می‌تواند به صورت هندسی تعیین شود. در این حالت، نقطه (A) نقطه‌ای خواهد بود که در آن، قسمت فوقانی تونل در زاویه ۱۰ درجه توسط راننده دیده شود (شکل ۱۰-۵).
در جدول (۱۰-۳) نیز موقعیت نقطه (A) برحسب ارتفاع دهانه ورودی تونل داده شده است. مقادیر ذکر شده در جدول (۱۰-۳) همواره باید مورد استفاده قرار گیرد مگر در شرایطی که با تعیین مستقیم و دقیق محل نقطه (A) مشخص شود که فاصله آن از ورودی تونل بیش از ۳ متر با مقادیر جدول (۱۰-۳) اختلاف دارد. در این حالت، تعیین مستقیم محل نقطه (A) در یک تونل خاص با استفاده از روشی که ذکر می‌شود، امکان‌پذیر است. در این روش مقادیر L_{20} برحسب فاصله نقطه توقف (SP) از ورودی تونل رسم می‌شود. مقادیر L_{20} را می‌توان به کمک روشهای ذکر شده در بخش (۱۰-۵) تعیین نمود. نقطه $L_{20}(A)$ بر روی منحنی منتجه که متناظر با کمترین فاصله دید توقف به ورودی تونل باشد، تعیین‌کننده فاصله نقطه (A) از ورودی تونل است. در نقطه $L_{20}(A)$، مقدار L_{20} به ۹۰ درصد $L_{20}(SP)$ افت می‌کند (شکل ۱۰-۲). اگر محل افت L_{20} بر روی منحنی دقیق نباشد باید از فرمولی که در

شکل (۱۰-۵) ارائه شده، استفاده گردد.



$$d = \frac{h - 1.5}{\tan 10^{o}}$$

در این رابطه : d = فاصله نقطه A تا ورودی تونل (متر) h = ارتفاع دهانه ورودی تونل (متر)

شکل ۱۰-۵- روشی هندسی برای تعیین محل نقطه تطابق (A) در مواقعی که اندازه‌گیری درخشندگی در محل صورت نگرفته باشد.

جدول ۱۰-۳- محل نقطه تطابق (A)

ارتفاع دهانه تونل (متر)	فاصله نقطه(A) از ورودی تونل (d) (به متر)
۵	۲۰
۵/۵	۲۳
۶	۲۶
۶/۵	۲۸
۷	۳۱
۷/۵	۳۴
۸	۳۷
۸/۵ و بزرگتر	۴۰

۱۰-۷-۳ رویت در ناحیه آستانه

روشنایی ناحیه آستانه معمولاً به گونه‌ای طراحی می‌شود که درخشندگی یکسانی در طول آن ایجاد گردد، به این معنی که $L_{th}(B)=L_{th}$. معهذا رویت کافی، زمانی حفظ خواهد شد که پس از ۲۰ متر اولیه، درخشندگی ناحیه آستانه کاهشی همسان با تغییر تطابق چشم راننده‌ای که به تونل نزدیک می‌شود، داشته باشد. درخشندگی ناحیه دسترسی مابین نقاط توقف (SP) و تطابق (A) می‌باید توسط یکی از دو روش ذکر شده در بخش (۱۰-۵) تعیین شود. سپس به منظور مناسب شدن درخشندگی، کاهش سطح نور طی دو یا سه مرحله در ناحیه آستانه انجام شود. باید توجه داشت که درخشندگی در هر یک از دو یا سه مرحله مذکور باید بیش از حاصلظرب ضریب K (بخش ۱۰-۶) و مقدار L_{20} باشد. در انتهای ناحیه آستانه (نقطه B) باید داشته باشیم:

$$L_{th}(B) = K \cdot L_{20}(A) \qquad (۱۰-۲)$$

۱۰-۸ روشنایی ناحیه انتقال در طول روز

درخشندگی ناحیه انتقال (L_{tr})، یک و یا چندین حد میانی بین درخشندگی قسمت انتهایی ناحیه آستانه [$L_{th}(B)$] و قسمت داخلی (L_{in}) را فراهم می‌آورد. به منظور تعیین نحوه کاهش درخشندگی از ناحیه آستانه به ناحیه داخلی از منحنیهای شکل (۱۰-۳) که در آن نرخ قابل قبول کاهش درخشندگی برحسب سرعتهای مختلف ترافیک داده شده، استفاده می‌شود. نحوه استفاده از منحنیها به شکل زیر است:

الف - منحنی مناسب، متناظر با حداکثر سرعت ترافیک در تونل انتخاب می‌شود. در صورتی که منحنی متناظر با سرعت مذکور موجود نباشد باید به کمک درون‌یابی، منحنی مورد نیاز را بدست آورد.

ب- مدرج کردن محور قائم (درخشندگی) باید با در نظر گرفتن سطح ۱۰۰ درصد برای مقدار (SP) L_{20} انجام شود.

ج- نقاطی که درخشندگی آن برابر L_{th} (B) و L_{in} است، بر روی منحنی مشخص می‌شود.

د- به منظور انطباق نقطه صفر منحنی بر روی محور افقی که وابسته به

ورودی تونل می‌باشد، فاصله نشان داده شده در شکل (۱۰-۳) مربوط به نقطه $L_{th}(B)$ باید از طول ناحیه آستانه کسر شود. (بند۱۰-۷-۱). نتیجه حاصله بیانگر نقطه‌ای در داخل تونل است که منحنی کاهش درخشندگی از آن آغاز می‌شود. همچنین نتیجه مذکور بیانگر مقدار تصحیحی است که باید به مقیاس محور افقی افزوده گردد تا نقطه صفر جدید بر ورودی تونل منطبق شود.

در صورت منفی بودن مقدار تصحیح، شروع منحنی کاهش درخشندگی از خارج تونل خواهد بود. نحوه انطباق منحنی کاهش بر انتهای ناحیه آستانه در شکل (۱۰-۲) نشان داده شده است.

هـ- آن بخش از منحنی کاهش که بین درخشندگی $L_{th}(B)$ و L_{in} قرار دارد نشان‌دهنده نرخ کاهش درخشندگی در ناحیه (نواحی) انتقال است (شکل۱۰-۲ مشاهده شود). طول کل ناحیه (نواحی) انتقال را می توان از محور افقی منحنی تعیین کرد.

و- کاهش درخشندگی در چند مرحله انجام می‌شود. توصیه می‌شود نسبت کاهش درخشندگی بین دو مرحله متوالی بیش از ۳ برابر نباشد (به دلایل اقتصادی بهتر است در اولین مرحله، نسبت کاهش ۲ برابر باشد)، هر چند که در عمل، به دلیل ساده کردن قطع و وصل (سوئیچینگ) اضافه نمودن ۱۰ درصد به نسبت کاهش یاد شده، مجاز می‌باشد. مراحل کاهش باید چنان ترسیم شود که تقریبی از منحنی کاهش با قسمتهای برابر در بالا و زیر آن منحنی را به دست دهد.

ز- مراحل کاهش باید چنان ترتیب داده شود که منحنی کاهش درخشندگی مناسبی را در کلیه مراحل سوئیچینگ روشنایی دنبال کند (بخش ۱۰-۱۳ ملاحظه گردد).

۱۰-۹ روشنایی ناحیه داخلی در طول روز

مقادیر درخشندگی متوسط تضمینی در ناحیه داخلی (L_{in}) در جدول (۱۰-۴) داده شده است.

جدول ۱۰-۴- درخشندگی متوسط تضمینی در ناحیه داخلی تونل(Lin)

حد سرعت(کیلومتربرساعت)	نوع معبر	درخشندگی متوسط تضمینی (L_{in}) cd/m^2
۱۱۰ و بیشتر	راههای شریانی درجه ۱	۱۰
۸۰ تا ۱۰۰	راههای شریانی درجه ۱ و۲	۵
۵۰ تا ۷۰	راههای شریانی درجه ۲ و خیابانهای محلی	۳

۱۰-۱۰ روشنایی ناحیه خروج در طول روز

در خروجی تونل، تطابق چشم با درخشندگی بیشتر محیط خارج، به سرعت انجام شده و به نور اضافی برای کمک به تطابق نیازی نیست. اهداف روشنایی ناحیه خروج عبارتند از:

الف- واضح نمودن رویت وسایل نقلیه کوچک که ممکن است به دلیل قرار گرفتن در پشت وسایل نقلیه بزرگتر و وجود پدیده خیرگی بخوبی دیده نشود.

ب- قادر نمودن رانندگان به دیدن پشت اتومبیل خود به هنگام خروج از تونل که این امر به خصوص در زمان سبقت اتومبیلها از یکدیگر بسیار مهم است.

روشنایی مناسب برای ناحیه خروج، در حدود ۵ برابر درخشندگی ناحیه داخلی (L_{in}) است و طول این ناحیه (برحسب متر) باید تقریباً برابر با سرعت حرکت ترافیک در داخل تونل برحسب کیلومتر بر ساعت باشد. در تونلهای دو طرفه، روشنایی ناحیه آستانه یک طرف، درخشندگی لازم برای ناحیه خروج طرف دیگر را تأمین می‌کند. به هنگامی که بنا به دلایلی از تونل یکطرفه به صورت دو طرفه استفاده می‌شود ممکن است نیاز به نور بیشتری که مربوط به کاهش سرعت ترافیک در این حالت بوده، باشد.

۱۰-۱۱ یکنواختی درخشندگی در طول روز

یکنواختی کلی درخشندگی در قسمتهای مختلف تونل نباید کمتر از ۰/۴ باشد. همچنین یکنواختی طولی درخشندگی در کلیه قسمتهای تونل و در کلیه باندهای آن باید بیش از ۰/۶ باشد. در صورت محقق شدن مقادیر مذکور

می‌توان اطمینان داشت که یکنواختی نور دیواره‌های تونل نیز قابل قبول است.

۱۰-۱۲ روشنایی در شب

۱۰-۱۲-۱ روشنایی داخل تونل

درخشندگی متوسط تضمینی سطح معبر در داخل تونل در طول شب باید بین ۲ تا ۵ کاندل بر مترمربع محدود شود. در بعضی از موارد ممکن است به دلیل رعایت توصیه‌های مختلف این بخش نتوان درخشندگی را تا حد ۵ کاندل بر متر مربع (یا کمتر) کاهش داد. بعنوان مثال به منظور جلوگیری از اثر فلیکر ممکن است لازم باشد فاصله بین چراغها در داخل تونل تا آن حد کاهش یابد که منجر به ایجاد درخشندگی متوسط بیش از ۵ کاندل بر متر مربع گردد. در این حالت لازم است به شرایط ذکر شده دربند (۱۰-۱۲-۲) توجه شود. در صورتی که سیستم روشنایی برای قسمت سواره‌رو تونل پیش‌بینی نشده باشد می‌باید به تأمین روشنایی اضطراری برای افراد پیاده و اتومبیلهایی که در داخل تونل از کار افتاده است، اهمیت خاص داده شود.

توصیه‌های ذکر شده با فرض اینکه راههای دسترسی به تونل روشن شده باشد، معتبر است. اگر به هر دلیلی راههای دسترسی روشن نشده باشد، درخشندگی سطح معبر در طول شب باید، یک کاندل بر متر مربع باشد. این امر به منظور جلوگیری از وقوع پدیده "اثر حفره سیاه" به هنگام خروج از تونل می‌باشد. در این شرایط باید به رانندگان توصیه شود که چراغ اتومبیل خود را روشن نگاه دارند.

۱۰-۱۲-۲ روشنایی راههای دسترسی به تونل

در صورتی که تونل در شب روشن باشد، جاده‌های دسترسی به طرفین تونل در طول حداقل ۲۰۰ متر باید دارای درخشندگی متوسطی باشد که در جدول (۳-۲) ذکر شده است. درخشندگی راههای دسترسی در هر حال باید بزرگتر از یک سوم درخشندگی داخل تونل باشد. در غیر این صورت باید در جدول (۳-۲) برای هر یک از انواع راهها از یک ردیف بالاتر، برای تعیین درخشندگی راههای دسترسی به تونل (در طول ۲۰۰ متر) استفاده شود.

اگر درخشندگی قید شده در ردیف اول از هر یک از انواع راهها که در جدول (۳-۲) آورده شده، هنوز کم باشد درخشندگی متوسط سطح راه دسترسی باید تا حد یک سوم درخشندگی متوسط داخل تونل افزایش یابد. فاصله لازم بین چراغها نیز با استفاده از روش ذکر شده در فصل سوم محاسبه می‌شود. در چنین شرایطی، سطح بالاتر روشنایی در هر یک از راههای دسترسی طرفین تونل، نقش یک ناحیه انتقال بین روشنایی عادی معابر و روشنایی داخل تونل را ایفا می‌کند.

۱۰-۱۲-۳ یکنواختی روشنایی تونل در شب

یکنواختی طولی و کلی در تونل نباید کمتر از مقادیر متناظر آن برای راههای دسترسی باشد (برای محاسبه یکنواختی طولی، ناظر باید در فاصله‌ای برابر ($W_k/4$) از کناره راه قرار گیرد، (W_k عرض راه است). در صورت محقق شدن مقادیر مذکور می‌توان اطمینان داشت که یکنواختی نور دیواره‌های تونل نیز قابل قبول است. در صورتی که راههای درسترسی روشن نشده باشد، یکنواختی درخشندگی سطح معبر در داخل تونل نباید کمتر از مقادیر ذکر شده در ردیف اول از جدول (۳-۲)، متناظر با راههای شریانی درجه ۱، باشد.

۱۰-۱۳ طریقه انتقال بین روشنایی روزانه و شبانه تونلها

حداکثر مقدار روشنایی برای نواحی آستانه و انتقال، زمانی لازم است که حداکثر درخشندگی محیط در قسمت ورودی به تونل و اطراف آن وجود داشته باشد. در شرایط که درخشندگی محیط اطراف کاهش می‌یابد و خصوصاً هنگامی که هوا گرگ و میش است، روشنایی ورودی تونل بایدبه حدودی که در بند (۱۰-۱۲)، ذکر شده است، کاهش یابد. به طریق مشابه، سطح روشنایی به هنگام طلوع آفتاب باید افزایش یابد. تغییر سطح روشنایی باید پله پله انجام شده و تعداد پله‌ها نیز متأثر از میزان درخشندگی ناحیه آستانه می‌باشد.

هر قدر درخشندگی ناحیه آستانه بیشتر باشد تعداد پله‌ها نیز افزایش می‌یابد. توصیه می‌شود که تغییر سطح روشنایی از تغییر نور محیط تبعیت کند. هر چند کاهش آنی سطح درخشندگی در نواحی آستانه و انتقال با ضریب ۵ از نقطه نظر دید، قابل قبول است ولی در طول روز، کاهش کمتر در چندین مرحله، به دلایل اقتصادی و فراهم نمودن راحتی بیشتر برای چشم، مناسبتر است. بنابراین مراحل سوئیچینگ (به منظور تغییر سطح روشنایی) باید به نحوی باشد که آرایش بهینه از نظر حداقل نمودن هزینه انرژی، ایجاد شده و هزینه سیم‌کشی نیز افزایش نیابد. در حالت ایده‌آل هر قدر تعداد مراحل بیشتر شود میزان انرژی مصرفی کمتر خواهد شد. به خصوص باید توجه کرد که بیش از نیمی از بار الکتریکی را می‌توان در حداکثر دو مرحله و با استفاده از کاهش سه به یک تقسیم کرد. به منظور تصمیم‌گیری در مورد افزایش تعداد مراحل کاهش روشنایی باید هزینه‌های بهره‌برداری با هزینه تجهیزات اضافی لازم برای سوئیچینگ مقایسه شود. پله‌های معمول برای سطح روشنایی در نواحی آستانه و انتقال به شرح زیر است:

الف- حداکثر روشنایی روز، ۱۰۰ درصد

ب- ۵۰ درصد تا ۶۵ درصد

ج- ۲۵ درصد تا ۳۵ درصد

د- حداقل روشنایی در روز (برقراری L_{in} در کل تونل)

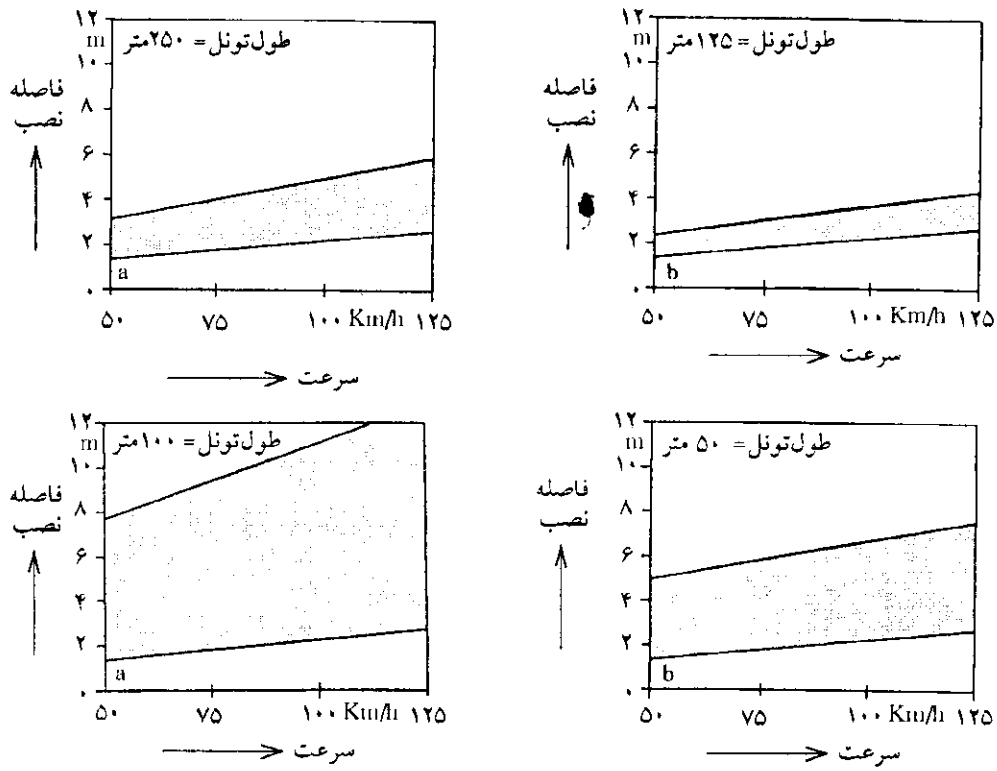
هـ- روشنایی شب.

در صورت لزوم باید پله‌های بیشتری اضافه شود. اگر روشنایی اضافی در ناحیه خروج پیش‌بینی شده باشد، فقط در صورت نیاز به سطح روشنایی بالاتر می‌توان از آن استفاده کرد. توصیه می‌شود که نسبت کاهش روشنایی بین دو مرحله متوالی از ۳ بیشتر نشود. در عمل، به منظور طراحی یک سیستم ساده کلیدزنی، نسبت یاد شده قدری بالاتر گرفته می‌شود (حدود ۱۰ درصد به نسبت مزبور اضافه می‌شود). به هنگام کلیدزنی از حداقل روشنایی روز (برقراری L_{in} در کل تونل) به مرحله بالاتر از آن، می‌توان از نسبت ۱ به ۴ (حداکثر) استفاده کرد. توصیه‌هایی در مورد کنترل کلیدزنی بین مراحل مختلف، در بند (۱۰-۱۷) ذکر شده است.

۱۰-۱۴ جلوگیری از اثرات سوسو زدن (فلیکر)

اگر چراغها به صورت ردیفهای پیوسته‌ای، در امتداد دیوارها یا سقف تونل، نصب نشده باشد، امکان وقوع فلیکر که اثرات نامناسبی برای رانندگان ایجاد می‌کند، وجود دارد. این سوسوزدن می‌تواند بر اثر ظاهر و محو شدن منابع نوری واقع در لبه ابتدایی و انتهایی حوزه دید راننده ایجاد شود. این مسئله به خصوص اگر چراغها از نوع غیر مستقیم (cut-off) باشد حادتر است. مشکل دیگری که می‌تواند ایجاد شود دیده شدن تصویر چراغها بر اثر انعکاس از سطوح جلو اتومبیلها مانند پوشش روی سطح موتور است.

اثر مخرب فلیکر در یک محدوده فرکانسهای خاص و در صورتی که با توجه به طول تونل، برای مدت زمان مشخصی برقرار بماند، بیش از سایر فرکانسها است. بنابراین فاصله غیر مجاز برای نصب چراغها بستگی به طول تونل، نواحی آن و سرعت ترافیک دارد. نواحی هاشور خورده در چهار منحنی از شکل (۱۰-۶) فواصل نصب غیر قابل قبول را نشان می‌دهد.



توجه - منحنیهای بالا وقتی به کار می‌رود که طول سطح روشن هر چراغ کمتر از طول فاصله تاریک بین آن و چراغ بعدی باشد.

شکل ۱۰-۶- اثر طول تونل بر فاصله نصب چراغها به منظور اجتناب از پدیده فلیکر (سطح هاشورزده)

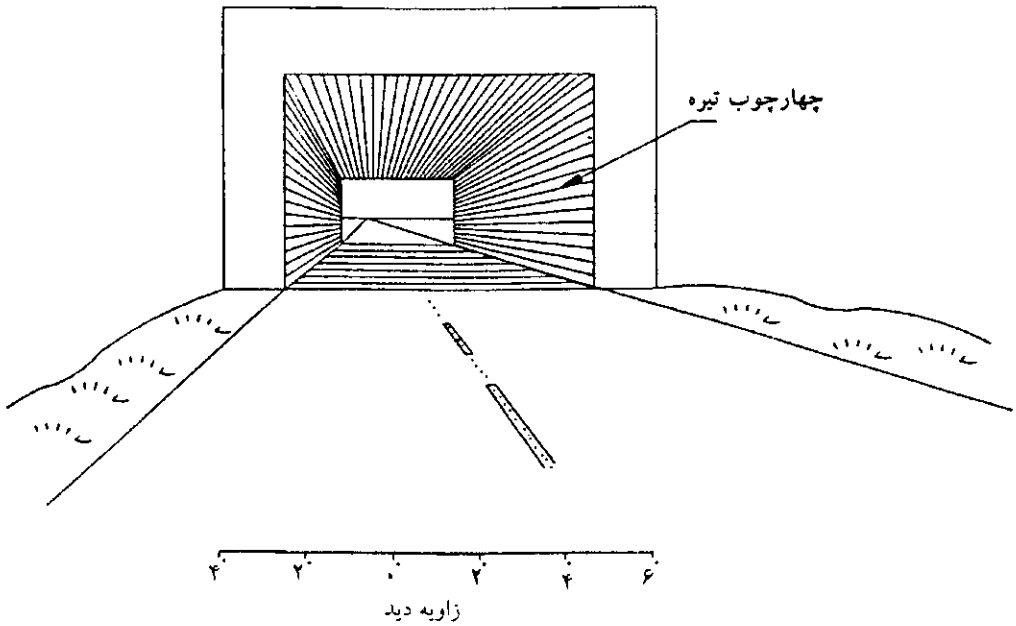
اثرات نامناسب فلیکر در صورتی که طول ناحیه روشن چراغها در مقایسه با طول ناحیه تاریک بین آن محسوس باشد، کاهش خواهد یافت. به خصوص اگر فاصله بین نواحی روشن چراغهای مجاور، کمتر از طول ناحیه روشن هر چراغ باشد، اثر فلیکر کاهش می‌یابد. در عمل، به دلیل کم بودن طول ناحیه‌های آستانه و انتقال، فلیکر فقط در ناحیه داخلی اتفاق می‌افتد و لذا محدودیتهای فاصله نصب چراغها فقط در این ناحیه وجود دارد.

۱۰-۱۵ روشنایی تونلهای کوتاه

۱۰-۱۵-۱ تعیین موارد نیاز به روشنایی

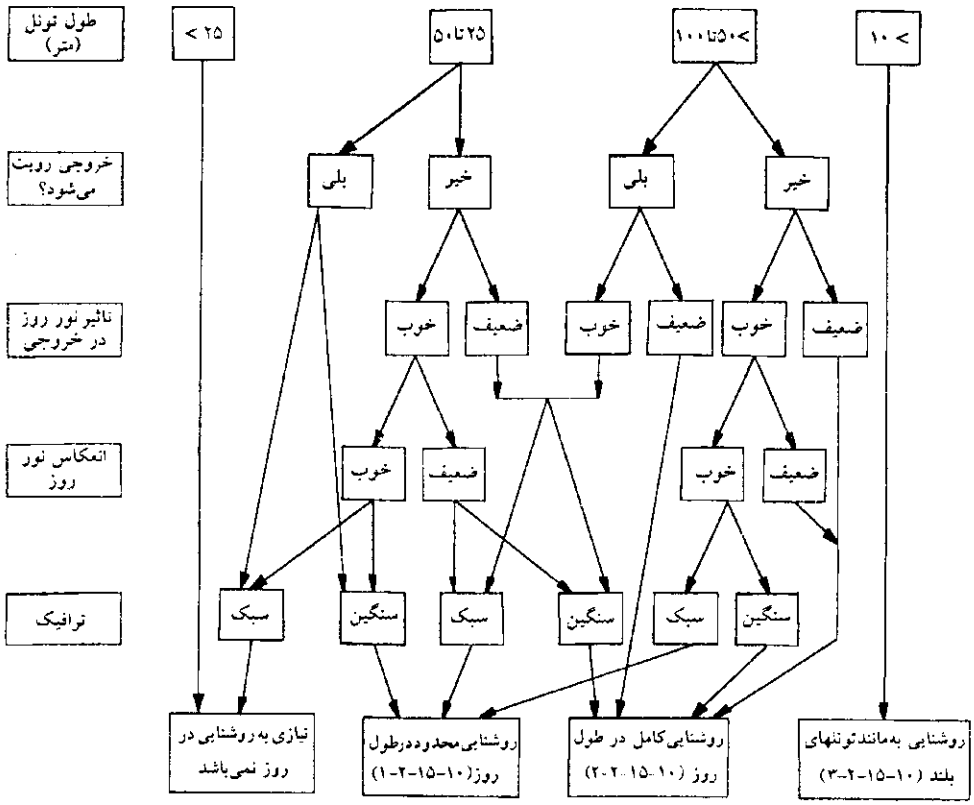
راههای گذرنده از زیر پلها و یا زیرگذرهایی که طول آن کمتر از ۲۵ متر است، کوتاهترین راههای سرپوشیده‌ای را تشکیل می‌دهد که از نظر سیستم روشنایی، مشابه هم در نظر گرفته می‌شود. در این راههای سرپوشیده، در صورتی که سیستم روشنایی عادی برای راه دسترسی پیش‌بینی شده باشد، نیازی به استفاده از سیستم روشنایی اضافی در روز و شب نبوده و در واقع سیستم روشنایی معبر باید به نحوی طراحی شده باشد که پوشش نوری کافی برای راه سرپوشیده را نیز فراهم نماید. برای راههای پوشیده (مسقف) طولانی‌تر از ۲۵ متر، چهارچوب تیره (شکل۱۰-۷) متشکل از سقف، دیوارها و سطح راه پوشیده شده، اهمیت خاصی می‌یابد زیرا که وسایل نقلیه در این چهارچوب ممکن است از نظرها پنهان شود. در حقیقت مسئله مهم این است که آیا اتومبیلها و یا افراد پیاده واقع در داخل تونل، توسط رانندگانی که به تونل نزدیک می‌شوند (به هنگامی که فاصله آنها از دهانه تونل برابر و یا کمتر از فاصله دید توقف (SSD) باشد) رویت می‌گردند یاخیر.

شکل (۱۰-۸) نیز به عنوان راهنمایی برای تصمیم‌گیری در مورد نیاز یا عدم نیاز یک تونل و یا زیرگذر به سیستم روشنایی و همچنین تعیین نوع سیستم روشنایی (در صورت نیاز)، ممکن است مورد استفاده قرار گیرد.



ابعاد تونل : ۱۰۰ متر طول، ۷ متر عرض، ۵ متر ارتفاع (این تونل از فاصله ۷۰ متری توسط چشم ناظری که درارتفاع ۱/۵ متری نسبت به سطح راه قرار گرفته، مشاهده می‌شود)

شکل ۱۰-۷- مشاهده یک تونل کوتاه با چهارچوب تیره آن



شکل ۱۰-۸- روشنایی تونلهای کوتاه در طول روز

در سمت چپ شکل (۱۰-۸)، پنج عامل موثر بر روشنایی تونلهای کوتاه ذکر شده است که به شرح هر یک می‌پردازیم:

الف- طول تونل : برای این پارامتر چهار محدوده داده شده است. نقطه شروع در هر مسیر از روندنما[1]، مستطیلی است که حاوی طول تونل مورد نظر است.

ب- یک نکته مهم در نحوه رویت در داخل تونل کوچک این است که آیا خروجی تونل از ناحیه‌ای که نقطه آغاز آن دهانه تونل بوده و انتهای آن در فاصله‌ای به طول SSD (فاصله دید توقف) دورتر از دهانه تونل واقع شده باشد، به طور کامل رویت می‌گردد یا خیر. در صورت دیده شدن کامل خروجی تونل از فاصله‌ای به طول SSD نسبت به دهانه تونل و از وسط راه، پاسخ ردیف ۲ از شکل (۱۰-۸) مثبت است و در غیر این صورت، پاسخ منفی خواهد بود.

ج- میزان اثرگذاری نور روز در خروجی تونل نیز مهم است. بنابراین تونلی که سطح مقطع آن بزرگ باشد، به عنوان مثال دارای سه باند حرکت و یا بیشتر بوده و محیط اطراف خروجی آن نیز باز، مسطح و یا شیبدار و همچنین رو به سمت جنوب باشد، بیشترین تاثیر را از نور روز می‌پذیردو کمک شایانی به افزایش رویت در داخل تونل می‌نماید. بنابراین در چنین حالتی نور روز"خوب" می‌باشد. از طرف دیگر نور روز در تونلهایی که دارای دو باند حرکت و یا کمتر بوده، یا خروجی آن توسط ساختمانهای مرتفع احاطه شده و یا خروجی تونل سربالا و به سمت شمال باشد، اثر ناچیزی داشته و در این حالت، نور روز "ضعیف" می‌باشد. در اغلب موارد پاسخ به ردیف ۳ از شکل (۱۰-۸) در مورد تأثیر نور روز بر روشنایی داخل تونل (خوب یا ضعیف بودن) روشن نیست و باید بر اساس وزن و اهمیت پارامترهای موثر، پاسخ تعیین شود.

د- ضریب انعکاس بالای نور از دیواره‌های تونل در فراهم آوردن زمینه روشن بهتر که رویت اجسام را مناسبتر می‌کند، مهم است. در یک تونل کوچک، انعکاس نور از دیواره‌ها در صورتی که خروجی تونل از فاصله‌ای برابر فاصله

1- Flow Chart

دید توقف (SSD) نسبت به ورودی تونل، دیده نشده اهمیت خاصی پیدا می‌کند. ضریب انعکاس بالا تضمین می‌کند که نور روز ورودی به تونل از سمت خروجی آن، به سوی رانندگان منعکس شود که این امر، احتمال دیده شدن اجسام در مقابل دیواره‌ها را افزایش می‌دهد. دیواره‌های با ضریب انعکاس بیش از ۰/۴ در نوع "خوب" قرار می‌گیرد و اگر ضریب مذکور کمتر از ۰/۴ باشد، دیواره‌ها در نوع "ضعیف" طبقه‌بندی می‌شود.

هـ- تراکم وسایل نقلیه‌ای که از تونل استفاده می‌کند در دو گروه "سبک" و "سنگین" طبقه‌بندی می‌شود. رده سنگین، ترافیک با بیش از ۲۰۰۰۰ وسیله نقلیه در روز را شامل می‌شود و ترافیک با کمتر از ۲۰۰۰۰ وسیله نقلیه در روز، در رده سبک قرار می‌گیرد. تردد موتور سیکلت سواران و افراد پیاده در تونل، نیاز به وجود روشنایی در تونل را افزایش می‌دهد. بنابراین در صورت وجود موتورسیکلت سواران و افراد پیاده، ترافیک در رده سنگین جای می‌گیرد.

۱۰-۱۵-۲ توصیه‌های روشنایی

۱۰-۱۵-۲-۱ روشنایی محدود در طول روز

در بعضی اوقات نفوذ نور روز به داخل تونل در آن حد نیست که درخشندگی لازم برای زمینه را به منظور دیده شدن مناسب اجسام فراهم آورد. این شرایط عموماً پس از غروب، پیش از طلوع و همچنین در روزهای ابری رخ می‌دهد. در چنین مواقعی باید از روشنایی محدود در طول روز استفاده شود. در این تونلها، سطح نور روز باید سه برابر L_{in} بر روی سطح معبر و یا ۱۵ کاندل بر متر مربع، هر یک که بزرگتر است، باشد و می‌باید زمانی که درخشندگی محیط به ۱۰ درصد حداکثر مقدار $L_{20}(SP)$ کاهش می‌یابد، این سیستم روشنایی کلیدزنی (برقرار) شود.

۱۰-۱۵-۲-۲ روشنایی کامل در طول روز

در این شرایط، روشنایی باید در طول تونل ثابت باشد و سطح آن مشابه با روشی که برای محاسبه درخشندگی ناحیه آستانه در تونلهای بلند ذکر شد، تعیین می‌شود.

۱۰-۱۵-۲-۳ روشنایی به مانند تونلهای بلند

درخشندگی ناحیه آستانه کاملا مانند تونلهای بلند تعیین می‌شود. در تونل یکطرفه، اگر طول آن به حدی باشد که بتوان برای آن ناحیه آستانه تعیین کرد آنگاه بقیه تونل تا خروجی آن ممکن است در سطحی معادل سطح اولین ناحیه انتقال در یک تونل بلند، روشن شود. در تونلهای یکطرفه بلندتر ممکن است بتوان نواحی انتقال و ناحیه داخلی را همچون تونلهای بلند اضافه نمود. باید توجه شود که به منظور رعایت نکات ذکر شده در بند (۱۰-۱۰)، ممکن است در انتهای تونل نیاز به روشنایی اضافی باشد. در تونلهای دو طرفه، ناحیه آستانه در دو طرف تونل در نظر گرفته می‌شود. حال ممکن است طول تونل به حدی باشد که نواحی آستانه در طرفین تونل با یکدیگر تداخل نماید که در این صورت روشنایی در طول تونل ثابت خواهد بود. برای تونلهای دو طرفه طولانی‌تر، نواحی انتقال و داخلی در نظر گرفته می‌شود (مانند تونلهای بلند).

۱۰-۱۵-۲-۴ روشنایی در شب

در صورتی که راههای دسترسی به تونل روشن باشد، آنگاه در تونلهایی که طول آن بیشتر از ۲۵ متر باشد باید برای شب سیستم روشنایی پیش‌بینی شود. در این حالت، درخشندگی سطح معبر نباید بیش از سه برابر مقدار آن در راههای دسترسی باشد. ضرایب یکنواختی نیز باید مقادیر ذکر شده در بند (۱۰-۱۲-۳) را داشته باشد.

۱۰-۱۵-۲-۵ سیستم کنترل روشنایی

سیستمهای روشنایی که برای روز در تونلها پیش‌بینی می‌شود نیاز به یک سیستم کلیدزنی به منظور تنظیم روشنایی با در نظر گرفتن درخشندگی محیط اطراف دارد.

۱۰-۱۶ روشنایی دیواره‌ها و سقف

در یک تونل، زمینه‌ای که اجسام در مقابل آن رویت می‌شود می‌تواند سطح معبر، دیوارها و در بعضی مواقع سقف تونل (بر اساس خمهای افقی و عمودی تونل) باشد. اغلب اوقات دیواره‌های تونل در حوزه دید رانندگان قرار می‌گیرد و لذا نقش زیادی در نشان دادن اجسام بزرگ و همچنین تعیین حالت تطابق چشم راننده در تونل دارد. درخشندگی دیوارها، به خصوص از قسمت پایین تا ارتفاع حداقل ۲ متر نباید کمتر از درخشندگی سطح معبر باشد. بنابراین دیوارها باید از مواد با ضریب انعکاس بالا پوشیده شود (ضریب ۰/۶ حداکثر مقدار ممکن در دسترس را نشان می‌دهد). در این صورت می‌توان از نیل به درخشندگی مناسب اطمینان داشت. مزیت استفاده از مواد با ضریب انعکاس بالا، در محاسبه تداخل انعکاس نور مشخص می‌شود (بند ۱۰-۱۷-۳-۵ و ضمیمه ۱۰-۴).

به منظور جلوگیری از ایجاد خطوط انعکاسی روشن ناشی از نور چراغهای تونل و همچنین چراغ اتومبیلها، باید از رنگ کردن دیوارها با شفافیت بالا اجتناب شود. باید دقت شود که پوشش دیوارها از نوع سخت انتخاب گردد و در عین حال به راحتی قابل تمیز کردن باشد تا بتوان از درخشندگی دیوارها (در طول عمر آن) حداکثر استفاده به عمل آید و حداقل هزینه نگهداری نیز بر این کار مترتب باشد.

اگر سقف تونل از مواد جاذب صدا پوشیده شده باشد، تمیز کردن آن بسیار مشکل یا غیر ممکن است. چنین سقفهایی معمولاً به سرعت آلوده شده و بنابراین عملکرد ضعیفی در انعکاس نور دارد. از این رو سیستم روشنایی تونل باید به نحوی طراحی شود که حداقل نور مستقیم به سقف تابیده شود.

۱۰-۱۷ پیاده کردن سیستم روشنایی در داخل تونل

۱۰-۱۷-۱ انتخاب لامپ

۱۰-۱۷-۱-۱ لامپهای فلورسنت

لامپهای فلورسنت به دلیل اندازه فیزیکی و نور خروجی مناسب، ملایم بودن نور به ویژه برای روشنایی ناحیه داخلی تونل و همچنین برای روشنایی تمام

تونل در طول شب، مناسب است. استفاده از این چراغها به صورت ردیفهای پیوسته، یکنواختی بسیار خوب نور و جلوگیری از فلیکر را تضمین می‌کند. نصب لامپها باید در امتداد محور تونل باشد. استفاده از لامپهای ۱۵۰ یا ۱۸۰ سانتیمتری ارجح خواهد بود. باید توجه نمود در صورتی که دمای داخل تونل در زمستان به زیر صفر برسد، روشن شدن لامپها در این شرایط با مشکل مواجه نباشد.

۱۰-۱۷-۱-۲ لامپهای بخار سدیم پرفشار و کم فشار

برای دستیابی به سطح بالاتر روشنایی در نواحی آستانه و انتقال استفاده از لامپهای بخار سدیم پرفشار یا کم فشار توصیه می‌شود. عموما" توان لامپهای مورد استفاده از ناحیه‌ای به ناحیه دیگر کاهش داده می‌شود ولی باید توجه داشت که در کل تونل نباید بیش از سه نوع لامپ با توان مختلف به کار گرفته شود.

در صورت استفاده از لامپ بخار سدیم پرفشار، باید به جلوگیری از خیرگی توجه شود. به این منظور ممکن است نیاز به استفاده از پوشش Louvre در چراغها باشد.

انتخاب نوع لامپ سدیم باید پس از در نظر گرفتن ملاحظات مربوط به هزینه‌های سرمایه‌گذاری، انرژی مصرفی و نگهداری و تعمیرات برای یک دوره زمانی ۲۰ ساله انجام شود (۲۰ سال عمر مفید چراغها در طراحی است).

در صورتی که یکنواختی نور و میزان فلیکر مطابق با شرایط ذکر شده برای آن باشد می‌توان از لامپهای بخار سدیم پرفشار و کم فشار با قدرت کم بجای لامپهای فلورسنت استفاده کرد. معهذا زمان روشن شدن مجدد این لامپها در صورت قطع و سپس وصل برق نیز باید در نظر گرفته شود.

۱۰-۱۷-۲ محل و توزیع نور چراغها

۱۰-۱۷-۲-۱ انتخاب محل نصب چراغها

چراغها را می‌توان بر روی سقف تونل در بالای باندهای حرکت و یا بر روی دیواره‌های تونل و یا بر روی سقف تونل در خارج از محدوده باندهای تردد

نصب کرد. در صورت نصب چراغها بر روی سقف تونل و در بالای باندهای حرکت حداکثر استفاده از شار نوری لامپ بعمل می‌آید ولی مزیت نصب چراغها بر روی دیواره‌ها، آسانتر بودن نگهداری و تعمیرات آن است. چراغها باید در محلی نصب شود که نگهداری و تعمیرات آن حداقل مزاحمت برای تردد وسایل نقلیه را ایجاد نماید. در تونلهای دو طرفه باید نسبت به نصب چراغها با رعایت فاصله مناسب از خط میانی تونل دقت شود (در صورت نصب چراغها بر روی سقف). در این حال اگر تونل دارای چندین خط تردد باشد و چند ردیف چراغ نیز برای آن پیش‌بینی شده باشد، چراغها بهتر است در امتداد خط وسط هر باند نصب شود (در صورت نصب بر روی سقف). در بعضی تونلهای کوچک (مانند زیر پلها و زیرگذرها) ممکن است استفاده از پایه‌های روشنایی و نصب چراغها بر روی آن مناسبتر باشد.

۱۰-۱۷-۲-۲ توزیع نور متقارن

در تونلها، چراغها به شکلی نصب می‌شود که محور لامپها موازی با مسیر حرکت وسایل نقلیه باشد به نحوی که پخش نور از چراغها بجای اینکه در طول (راستای) تونل باشد در عرض تونل انجام می‌شود. پخش نور در راستای تونل متقارن است در حالی که توزیع عرضی (اریب) نور می تواند متقارن یا غیر متقارن باشد. تعداد ردیفها و فاصله طولی بین دو چراغ در یک ردیف بستگی به سطح روشنایی مورد نیاز، توان لامپها و تعداد لامپها در هر چراغ دارد. فاصله بین چراغها در یک ردیف باید به اندازه‌ای باشد که فلیکر ایجاد نشود و یکنواختی درخشندگی نیز مقبول باشد. فاصله بیش از ۱۲ متر در هر شرایط بعید است که قابل قبول باشد.

۱۰-۱۷-۲-۳ سیستمهای روشنایی با شعاع نوری بیشتر در جهت ترافیک پیش آینده (Counterbeam)

در شرایطی که سیستمهای معمولی روشنایی در تونل، توزیع نور متقارنی در راستای تونل ایجاد می‌کند، سیستمهای روشنایی Counterbeam نور بیشتری را به سوی ترافیک پیش آینده نسبت به سوی مخالف منتشر می‌کند که این امر باعث افزایش درخشندگی سطح معبر می‌شود. در این سیستمها نسبت درخشندگی سطح معبر به شدت روشنایی افقی آن افزایش می‌یابد و لذا می‌توان در آن با استفاده از لامپ با فلوی نوری کمتر و در نتیجه قدرت کمتر به درخشندگی مورد نظر دست یافت. چنین سیستمی شدت روشنایی عمودی در سطح جلویی اجسام را کاهش می‌دهد و لذا درخشندگی زمینه ممکن است کاهش یابد در حالی که کنتراست کافی برای رویت مناسب اجسام هنوز وجود دارد. البته به دلیل عدم وجود تجربه کافی در استفاده از این سیستمها نمی‌توان توصیه‌های اکید در مورد آن ارائه داد. معهذا به دلیل اندازه کوچکتر آن که موجبات کنترل بهتر نور و کاهش خیرگی را فراهم می‌آرود، لامپهای بخار سدیم پرفشار مناسبتر از نوع کم فشار آن برای به کارگیری در این سیستمها خواهد بود.

۱۰-۱۷-۳ روشهای محاسبه

۱۰-۱۷-۳-۱ درخشندگی

محاسبه درخشندگی سطح معبر در هر سیستم روشنایی نیاز به داشتن مشخصات انعکاس سطح معبر و نحوه توزیع نور از چراغهایی دارد که روی درخشندگی هر نقطه از سطح معبر مؤثر است. روش محاسبه عیناً مطابق با روش ارائه شده در فصل سوم (بندهای ۳-۱۲-۱ الی ۳-۱۲-۱۳) می‌باشد. در این محاسبات، برای تعیین درخشندگی سطح تونلها می‌بایست مستطیل محاسباتی (مطابق با توصیه‌های بند۳-۱۲) مشخص گردیده و سپس درخشندگی در کلیه نقاط محاسبه شود. از آنجائیکه فاصله نصب چراغها در ردیفهای نصب مختلف، متفاوت است لذا طول مستطیل محاسبه طوری انتخاب می شود که یک توالی از چراغها را شامل باشد. مقادیر درخشندگی

متوسط و ضرایب یکنواختی از روی مقادیر محاسبه شده درخشندگی در "نقاط محاسبه" بدست می‌آید. چنین محاسباتی باید برای کلیه نواحی تونل و همچنین پله‌های مختلف روشنایی انجام شود.

درخشندگی دیواره‌ها نمی‌تواند به روش ذکر شده در فوق محاسبه شود زیرا که عموما" مشخصات جزئی انعکاس نور از دیواره‌های تونل وجود ندارد. معهذا چنانچه سطح دیواره‌ها یکنواخت و همگن فرض شود می‌توان رابطه (۱۰-۳) را بین درخشندگی و شدت روشنایی دیواره بیان کرده و به کمک آن، درخشندگی متوسط سطح دیواره تونل را محاسبه نمود:

$$\bar{L} = \frac{E.R}{\pi} \qquad (۱۰-۳)$$

در رابطه فوق داریم:

$\bar{L}$: درخشندگی متوسط تضمینی برحسب کاندل بر متر مربع

E : شدت روشنایی متوسط تضمینی برحسب لوکس

R : ضریب انعکاس همگن سطح دیواره

در این رابطه، شدت روشنایی متوسط دیواره‌ها را یا می‌توان با تشکیل مستطیل محاسباتی و با استفاده از روشی که برای محاسبه درخشندگی سطح معبر در تونل بیان شده، محاسبه کرد و یا اینکه می‌توان این شدت روشنایی را با استفاده از ضریب بهره‌برداری و به کمک روش گفته شده در بند (۱۰-۱۷-۳-۲) بدست آورد.

۱۰-۱۷-۳-۲ روش تقریبی برای تخمین اولیه در طراحی روشنایی تونلها

هر چند رابطه (۱۰-۳) ارتباط بین درخشندگی و شدت روشنایی را برای دیواره‌های همگن بیان می‌کند ولی می‌توان از آن برای تخمین مقدار اولیه درخشندگی سطح معبر در تونل در طراحی اولیه روشنایی استفاده کرد. تفاوت سطح معبر با یک سطح کاملا" همگن به این معنی است که صحت محاسبات انجام شده خطایی در حدود ۳۰ ± درصد دارد. مقدار R در یک معبر خشک از ۰/۱۵ برای وقتی که سطح معبر بسیار تیره بوده تا ۰/۳۰ برای معبری که سطح آن بسیار روشن باشد، متغیر است. البته سطح معبر در داخل تونل باید

تا آنجا که ممکن است روشن باشد.

احتمالاً" ساده‌ترین روش محاسبه شدت روشنایی متوسط تضمینی در سطح معبر، استفاده از ضرایب بهره‌برداری چراغها به کمک رابطه (۱۰-۴) است.

$$E = \frac{\phi.CU.M_F}{W_k.S} \qquad (۱۰-۴)$$

در رابطه فوق داریم:

E : شدت روشنایی متوسط تضمینی برحسب لوکس

ϕ : شار نوری اولیه لامپ برحسب کیلولومن

CU : ضریب بهره برداری چراغ

M_F : ضریب نگهداری (بند ۱۰-۱۷-۳-۴ و ۱۰-۱۸)

W_k : عرض معبر برحسب متر

S : فاصله طولی بین دو چراغ متوالی برحسب متر

مقدار CU بستگی به نوع چراغ و همچنین آرایش هندسی نصب سیستم روشنایی دارد. برای محاسبات اولیه و مقدماتی می‌توان از عدد ۰/۴ برای آن استفاده کرد. با در نظر گرفتن مقادیر مناسب برای CU می‌توان رابطه (۱۰-۴) را برای محاسبه شدت روشنایی متوسط تضمینی دیواره‌های تونل به کار برد.

۱۰-۱۷-۳-۳ کنترل خیرگی

پارامتر آستانه افزایش (T_I) که در فصل اول تعریف شده است، برای اندازه‌گیری خیرگی مطلق در تونلها به کار می‌رود. اگر چراغها و دیواره‌های تونل تمیز باشد، مقدار آستانه افزایش در پله‌های مختلف روشنایی و همچنین نواحی مختلف تونل (بجز ناحیه خروج در طول روز) نباید از ۱۵٪ بیشتر باشد. بنابراین حداکثر مقدار قابل قبول، یکی از دو مقدار محاسبه شده توسط روابط (۱۰-۵) و یا (۱۰-۶)، هر یک که بزرگتر باشد، خواهد بود:

برای مقادیر : $\overline{L} \leq 5\ cd/m^2$

$$T_I = \frac{65 L_v.\varphi}{(\overline{L} / M_F)^{0.8}} \qquad (۱۰-۵)$$

برای مقادیر : $\overline{L} > 5\ cd/m^2$

$$T_I = \frac{95 L_v . \varphi}{(\overline{L} | M_F)^{1.05}} \qquad (۶-۱۰)$$

در روابط فوق داریم:

L_v : درخشندگی خیرگی برحسب کاندل بر متر مربع به ازای ۱۰۰۰ لومن لامپ (در فصل سوم تعریف شده است).

ϕ : شار نوری اولیه لامپ برحسب کیلولومن

$\overline{L}$: درخشندگی متوسط تضمینی سطح معبر و دیوارهها برحسب کاندل بر متر مربع

M_F : ضریب نگهداری

۱۰-۱۷-۳-۴ ضریب نگهداری

ضریب نگهداری که در فصل اول تعریف شده، افت عملکرد فتومتریک‌چراغ و لامپ، بر اثر کار و گذشت زمان را نشان می‌دهد. در واقع به مرور، از کیفیت عمل لامپ و چراغ کاسته می‌شود. در مرحله طراحی توصیه می‌شود که به منظور محاسبه درخشندگی و شدت روشنایی روی سطح معبر، ضریب نگهداری ۰/۷ در نظر گرفته شود. در تونلهای با عرض زیاد که تردد وسایل نقلیه به راحتی انجام می‌شود، مقدار ۰/۸۵ برای ضریب نگهداری مناسب است. در عمل درخشندگی دیوارههای تونل سریعتر از درخشندگی سطح معبر کاهش می‌یابد زیرا هم نور خروجی از چراغ و هم ضریب انعکاس دیوارهها کاهش می‌یابد. در فاز طراحی این نکته را می‌توان با تخصیص ضریب نگهداری برابر با ضریب نگهداری شار چراغ، به ضریب انعکاس دیوارهها (R) در نظر گرفت. بنابراین ضریب نگهداری موثر که در محاسبه درخشندگی دیوارهها به کار می‌رود مربع مقدار توصیه شده (۰/۷) بوده که ۰/۵ می‌شود. عملیات نگهداری باید در نهایت چنان برنامه‌ریزی شود که مقدار ضریب نگهداری فرض شده را بدست دهد (بند۱۰-۱۸ ملاحظه شود).

۱۰-۱۷-۳-۵ تداخل انعکاس نور

عموماً مقادیر واقعی شدت روشنایی سطح معبر و دیواره‌های تونل بیش از مقادیر محاسبه شده برای آن است زیرا بخشی از نور که از یک چراغ به سطح برخورد می‌کند به قسمت دیگر سطح منعکس می‌شود و این عمل به همین شکل ادامه می‌یابد. به این پدیده تداخل انعکاس نور یا قسمت غیر مستقیم شدت روشنایی گفته می‌شود و می‌تواند افزایش قابل ملاحظه‌ای در شدت روشنایی مستقیم اعمال کند.

روش محاسبه قسمت غیر مستقیم شدت روشنایی در ضمیمه (۱۰-۴) آورده شده است. در این روش فرض می‌شود کلیه سطوح به صورت منعکس‌کننده همگن عمل نماید. برای تخمین افزایش درخشندگی می‌توان از رابطه (۱۰-۳) استفاده کرد. البته با توجه به این که در رابطه مذکور به نحوه توزیع نور چند بار منعکس شده، اشاره‌ای نشده است، ضرایب یکنواختی باید بر مبنای نور مستقیم محاسبه شود.

۱۰-۱۷-۴ کنترل کلیدزنی، تغذیه الکتریکی و روشنایی اضطراری

تعیین کلید زنی مناسب در هر ناحیه ترجیحاً باید به صورت اتوماتیک و بر اساس سطح روشنایی بیرون از تونل و با استفاده از گیرنده‌های مناسب نور انجام شود.

در ساده‌ترین سیستمها، عمل کلیدزنی بر اساس شدت روشنایی افقی در روز که در نقطه‌ای نزدیک به ورودی تونل اندازه‌گیری می‌شود، انجام می‌گیرد. کلید زنی را همچنین می‌توان با استفاده از آشکارسازهای نور که شدت روشنایی عمودی را نشان می‌دهد، انجام داد. در این صورت حوزه دید آشکار سازها ترجیحاً باید شامل ورودی و نمای تونل باشد. استفاده از یک وسیله اندازه‌گیری درخشندگی موجبات کنترل بهتری را فراهم می‌کند که این مسئله از جنبه کاهش هزینه برق مصرفی در تونلهایی که بار روشنایی آن سنگین است اهمیت زیادی دارد.بعضی تجهیزات مدرن، درخشندگی ناحیه دسترسی تونل را با استفاده از دوربین تلویزیونی نشان می‌دهد.

سیستم کنترل باید قطع و وصل لامپهای داخل تونل را بر مبنای سطح روشنایی روز انجام دهد. ارسال فرمان باید با تأخیر چند دقیقه‌ای همراه باشد تا از قطع و وصلهای غیر ضروری که به واسطه بروز تغییرات گذرا همچون عبور ابرها ایجاد می‌شود، جلوگیری گردد. در صورت استفاده از لامپهای فلورسنت و یا بخار سدیم پرفشار می‌توان با استفاده از تجهیزات لازم نور لامپها را کنترل کرد.

بار روشنایی تونلها باید به شکل مناسب بین دو منبع تغذیه مستقل تقسیم شود تا احتمال قطع کامل برق تونل به حداقل کاهش یابد. در صورت قطع یک منبع تغذیه، سیستم توزیع برق داخل تونل باید اجازه کلیدزنی اتوماتیک را بدهد به نحوی که توزیع نور در داخل تونل به بهترین شکل، توسط منبع تغذیه دیگر انجام گیرد. در این شرایط باید به کاهش سرعت تردد وسایل نقلیه بر اثر سازگار نمودن خود با سطح نور کمتر توجه شود.

اگر تأمین‌کننده برق تونل نتواند اطمینان کافی از بابت تأمین مداوم برق بدهد ممکن است نیاز به نصب دیزل ژنراتور برای تأمین برق اضطراری در صورت قطع برق عادی باشد. دیزل ژنراتور باید بتواند سطح روشنایی مورد نیاز تونل را در روز و شب فراهم کند. البته در صورتی که دیزل ژنراتور برای تأمین برق اضطراری پمپهای موجود در تونل در نظر گرفته شده باشد، برق اضطراری تونل را نیز می‌توان از آن تأمین کرد. در این شرایط نیز هر گونه کاهش در سطح نور تونل کاهش سرعت وسایل نقلیه را در پی خواهد داشت.

در صورتی که به سیستم دیزل ژنراتور نیازی نباشد باید از یک منبع تغذیه اضطراری که توسط باتری تغذیه شده و بتواند حداقل ۱۰ درصد نور مورد نیاز تونل در روز و شب را فراهم کند، استفاده شود. منبع مذکور باید بتواند حداقل به مدت یک ساعت نور لازم را تأمین کند تا زمان لازم برای تخلیه تونل و راه‌اندازی تعمیرات اضطراری در اختیار باشد.

۱۰-۱۷-۵ سرندهای نور روز[1]

به منظور دستیابی به سطوح بالای روشنایی در ناحیه آستانه ممکن است بتوان یک ناحیه آستانه ساختگی در قسمت ورودی به تونل که سطح نور روز در آن به توسط سرند نوری مناسبی ملایم و تعدیل می‌شود، در نظر گرفت.

معمول‌ترین شکل سرند نور روز، جعبه باز با ساختار louvre بوده که معمولاً آلومینیومی است و در بالای معبر قرار می‌گیرد. این سرند به نحوی طراحی می‌شود که از نفوذ مستقیم نور خورشید به معبر زیر آن جلوگیری می‌کند. طراحی این سرند با توجه به عرض جغرافیایی تونل و جهت راه دسترسی به آن صورت می‌گیرد. سرندها باید شکافهایی به عرض حداقل ۲۰۰ میلیمتر داشته باشد تا توسط برق مسدود نشود زیرا در این صورت اثر آن کاهش می‌یابد.

در هوای سرد، برف و باران از میان شکافهای واقع بر سطوح louvre عبور کرده و مستعد یخ زدن بر روی سطح زمین می‌شود زیرا در این حالت تابش مستقیم نور خورشید نیز وجود ندارد. در سطوح louvre، قطعات یخ با اندازه قابل توجه می‌تواند شکل گرفته و در صورت سقوط، موجب بروز خسارت شوند. این سطوح می‌تواند با پراکنده کردن هوای آلوده که از تونل بیرون می‌آید مشکلاتی ایجاد کند.

یک شکل دیگر از سرند نور روز نوع بسته آن است که عموماً از آجرهای شیشه‌ای یا پلاستیک نیم شفاف ساخته می‌شود. این سرندها بر اساس پراکنده کردن و سپس انتقال این نور پراکنده شده،عمل کرده و به این دلیل موثر بودن آن کاملاً وابسته به تمیز بودن آن است. هر چند که نمی‌توان برعدم استفاده از سرندهای نور روز صحه گذاشت ولی بعید است بتوان توجیه مناسبی از نظر اقتصادی برای آن در مقایسه با استفاده از لامپهای با راندمان بالا و عمر زیاد برای دسترسی به سطوح بالای روشنایی در ناحیه آستانه یافت.

1- daylight screens

۱۰-۱۷-۶ کاهش درخشندگی ناحیه دسترسی

به منظور کاهش میزان تطابق مورد نیاز چشم رانندگان توصیه می‌شود که از کلیه موارد و ابزاری که درخشندگی سطوح قابل رویت در ناحیه دسترسی را کاهش می‌دهد، استفاده شود. این مواردعبارتند از:

الف - سطح تیره معبر

ب- تیرگی نمای تونل و دیواره‌های آن (سطوح با ضریب انعکاس کمتر از ۰/۲ باید استفاده شود)

ج- کاشت درخت

د- طراحی نما و محیط اطراف تونل باید به صورتی باشد که اثر تابش خورشید در زوایای کوچک ظاهر شده و در حوزه دید قرار گرفتن آسمان نیز تا حد ممکن کاهش داده شود.

مثال : اگر در تونلی که در مثال ضمیمه (۱۰-۳) نشان داده شده است، درختان یا ساختمانهایی در بالای ورودی تونل و در قسمت عقب آن به نحوی قرار گیرد که سطح آسمان قابل رویت نصف شود، درخشندگی ناحیه دسترسی و در نتیجه ناحیه آستانه ۲۵ درصد کاهش خواهد یافت که این امر صرفه‌جویی زیادی در روشنایی تونل را سبب می‌گردد.

۱۰-۱۸ نگهداری

آلودگی هوای تونلها معمولاً بسیار زیاد است و دیواره‌ها و چراغها به سرعت کثیف می‌شود. بنابراین تمیز کردن آن اهمیت زیادی دارد و لذا باید در دوره‌های زمانی مختلف شسته شود. دوره زمانی واقعی برای تمیز کردن باید در فاز طراحی روشنایی تعیین شود و قاعدتاً مرتبط با ضریب نگهداری که در محاسبات استفاده شده است، می‌باشد. روش تمیز کردن و محل نصب چراغها در تونل باید کاملاً مورد توجه قرار گیرد.

ضریب نگهداری، بیان‌کننده میزان کاهش نور خروجی از چراغها و کاهش ضرایب انعکاس نور از سطوح بر اثر آلودگی محیط تونل است. همان گونه که در بند (۱۰-۱۷-۳-۴) توصیه شد، درنظر گرفتن مقدار ۰/۷ برای این ضریب در مرحله طراحی مناسب است. این امر به این معنی است که درخشندگی

معبر در داخل تونل هیچ گاه نباید کمتر از ۰/۷ مقدار اولیه آن شود و بنابراین دوره زمانی تمیز کردن باید به صورتی تنظیم شود که حد درخشندگی همواره حفظ شود.

تناوب تمیز کردن، دیوارهها و چراغهای تونل بستگی به ضریب نگهداری دارد که خود وابسته به ابعاد تونل، طبیعت و تراکم ترافیک آن و هزینه نگهداری مربوط به سایر هزینههای جاری تونل است. درعمل، فواصل زمانی تمیز کردن بین ۱ هفته تا ۶ ماه قرار دارد. توصیه میشود که در تونلهای با تراکم زیاد ترافیک، دیوارهها و چراغها حداقل هر دو ماه یک بار تمیز شود تا ضریب نگهداری که در فاز طراحی در نظر گرفته شده است محقق شود. چراغهایی که کد حفاظتی (IP) آن حداقل ۵۵ است برای استفاده در تونلها توصیه میشود ولی در جایی که فاصله زمانی تمیز کردن زیاد بوده و یا از سیستمهایی استفاده میشود که فشار زیاد عمل شستن را انجام میدهد، باید از چراغهایی با کد ۶۶ برای IP استفاده شود.

در صورتی که بار الکتریکی روشنایی زیاد باشد، در نظر گرفتن مقدار ۰/۷ (یا کمتر) برای ضریب نگهداری میتواند منجر به افزایش قابل ملاحظه در هزینههای سرمایهگذاری و انرژی برق مصرفی سیستم روشنایی شود. بنابراین باید مقایسهای بین افزایش هزینههای تمیز کردن و کاهش انرژی مصرفی انجام شود زیرا صرفهجویی حاصله در بعضی اوقات به پرداخت هزینه ماشینهای مخصوص تمیز کردن و یا ساعات اضافه کار افراد اختصاص مییابد.

نکته دیگر این است که سطح بالای روشنایی معمولاً در ماههای تابستان لازم است و از آنجا که هزینه برق مصرفی در سطوح پایین روشنایی کاهش مییابد ضریب نگهداری باید بین تابستان و زمستان تغییر کند. عموماً تمیز کردن زیاد در تابستان منجر به ۱۵ درصد کاهش در هزینه انرژی مصرفی میشود و این کار در صورتی حاصل میگردد که ضریب نگهداری بالا در موقع طراحی، انتخاب و در نظر گرفته شود.

موثر بودن دوره تناوب تمیز کردن و برقرار کردن مقدار در نظر گرفته شده برای ضریب نگهداری در عمل میباید با اندازهگیری درخشندگی دیوارهها تحقیق شود. در صورتی که از اندازهگیری شدت روشنایی برای موثر بودن

دوره تناوب تمیز کردن استفاده شود، این عمل حاوی اطلاعاتی در مورد ضریب نگهداری سطح معبر خواهد بود. باید توجه نمود که دیوارهای زیرگذرهایی که سیستم روشنایی ندارد باید به طور منظم تمیز شود تا به رویت مناسب در طول روز کمک شود.

لامپهای فلورسنت پس از حدود ۸۰۰۰ ساعت کار باید کاملاً تعویض شود. در صورت استفاده از چراغهایی با دو لامپ فلورسنت که یکی از آن در طول شب باید روشن باشد، کابل کشی و کلیدزنی باید به صورتی باشد که بار شب به طور متوسط بین دو لامپ تقسیم شود تا حداکثر استفاده از عمر لامپها به عمل آید.

عمر لامپهای بخار سدیم پرفشار و کم فشار برحسب دوره‌های زمانی خاموش و روشن شدن آن به پایان می‌رسد و بنابراین ممکن است بلافاصله پس از معیوب شدن جایگزین شود هیچگاه نباید تعداد لامپهای معیوب در سیستم روشنایی به حدی برسد که به روشنایی داخل تونل آسیب برساند. تناوب تعویض لامپهای معیوب بخار سدیم پرفشار و کم فشار بستگی به فرکانس تناوب قطع و وصل آن دارد. اگر دوره عملکرد در هر مرحله روشنایی ثبت شود، می‌توان تغییر و تعویض لامپها را بر آن اساس انجام داد.

۱۰-۱۹ اثر دود و غبار ناشی از ترافیک

توصیه‌های روشنایی تونلها بر مبنای لزوم رویت یک جسم با یک حداقل مشخص تباین (کنتراست) است. در حالت عادی بهره‌برداری از تونل، توانایی نیل به توصیه‌های مذکور تحت تأثیر ترافیک قرار نمی‌گیرد. معهذا به دلیل تنظیم نبودن موتور اتومبیلها و یا تردد وسایل نقلیه سنگین در تونل، بعضی قسمتها از فضای تونل تیره و تاریک می‌شود. در صورتی که عملکرد سیستمهای تهویه تونل مناسب و صحیح باشد باید به شرایطی که ممکن است منجر به تاریکی داخل تونل در یک دوره زمانی می‌شود، توجه گردد. در غیر این صورت اگر درخشندگی ناحیه داخلی کمتر از ۴/۵ کاندل بر متر مربع باشد کاهش دید اتفاق می‌افتد. در صورتی که فقط یک وسیله نقلیه موجب تیرگی هوا شود، گیرنده‌های حسی (سنسورها) هواکشهای تهویه، آن را حمل

بر وقوع یک حادثه در داخل تونل نکرده و نسبت به آن عکس‌العمل نشان نمی‌دهد. همچنین پاسخ سیستم تهویه به آن حد سریع نیست که دود موجود در تونل را تهویه نماید. در طراحی سیستم روشنایی چنین حالاتی در نظر گرفته نمی‌شود زیرا راننده همزمان با تغییر شرایط راه، شرایط رانندگی خود را تغییر می‌دهد.

هنگام نزدیک شدن به تونل، هوای آلوده و غبار محیط می‌تواند بر کنتراست اجسام در مقابل زمینه آن، وقتی که از یک فاصله مشخص توسط راننده رویت می‌شود، تأثیر گذارد. اگر چنین شرایطی به صورت منظم اتفاق افتد باید سطح درخشندگی ناحیه آستانه افزایش یابد. همچنین باید بررسی شود که آیا شرایط نامناسب در روشن‌ترین روزهای تابستان رخ می‌دهد یا خیر. در صورت مثبت بودن جواب می‌توان با استفاده از آشکارسازهای درخشندگی، میزان سطح روشنایی را سنجیده و سپس نسبت به افزایش آن در ناحیه آستانه و در مواقع بروز شرایط نامناسب اقدام کرده و مشکل را برطرف نمود. در حالت کلی اگر سیستم تهویه تونل متناسب با توصیه‌های روشنایی تونلها طراحی شده باشد بعید است که غبار و هوای آلوده مشکلی در روشنایی تونل ایجاد کند. برای تونلهای موجود نیز باید با انجام اندازه‌گیری اثر دود و غبار را تعیین کرد.

ضمیمه ۱۰-۱- نظریه مورد استفاده در مبانی طراحی روشنایی تونلها

تجارب عملی و آزمایشگاهی برای تعیین درخشندگی ناحیه آستانه با استفاده از یک صفحه با درخشندگی یکنواخت انجام شده است. در این صفحه، یک شکاف تیره با "حوزه دید مربعی" به زاویه یک درجه که نمایانگر ورودی تونل است تعبیه شده و به مدت ۰/۱ ثانیه در معرض دید ناظر قرار داده شده است. در داخل "حوزه دید مربعی"، مربع کوچک دیگری تعبیه شده است که نشان‌دهنده جسم با درخشندگی مشخص می‌باشد و در حقیقت همانند جسمی است که در زمینه ورودی تونل رویت می‌شود. از ناظران در مورد چگونگی رویت جسم سئوال می‌شود. برمبنای رویت جسم به احتمال ۷۵ درصد، روابطی که بیانگر ارتباط درخشندگی لازم برای تونل با درخشندگی صفحه، به ازای مقادیر مختلف درخشندگی جسم باشد، بدست می‌آید. مشاهده شده است که نسبت درخشندگی تونل به درخشندگی صفحه تطابق، تقریبا" با فرض تغییر درخشندگی صفحه بین ۱۰۰ تا ۵۰۰۰ کاندل برمترمربع ثابت است. این نسبت با فرض کنتراست ۲۰ درصد برای جسم، ۰/۱ می‌باشد. در این آزمایش فرض شده است درخشندگی متوسط صفحه همگن می‌تواند نشان‌دهنده سطح تطابق چشم ناظر باشد که آن نیز مستقیما" به چگونگی رویت چشم مربوط می‌شود. مشخص شده است که رویت در ناحیه آستانه به سه عامل بستگی دارد که عبارتند از:

الف- میزان درخشندگی که مستقیما" به چشم ناظر می‌رسد. حال اگر ناظر راننده‌ای باشد که به تونل نزدیک می‌شود درخشندگی مذکور شامل درخشندگی ورودی تونل و سطح معبر پیش‌روی راننده است.

ب- "درخشندگی خیرگی" که توسط محیط اطراف دهانه ورودی تونل ایجاد می‌شود.

ج- اثر گرد و غبار موجود در اتمسفر، دود ناشی از اتومبیلها، ذرات معلق در هوا و غیره که در ایجاد "درخشندگی خیرگی" اضافی نقش دارد.

روشی تعیین شده است که در آن عوامل "الف" و "ب" را، که مقادیر واقعی آن در ورودی تونل اندازه‌گیری می‌شود، می‌توان به میدانی با درخشندگی

یکنواخت و استاندارد که تطابقی همچون تطابق ایجاد شده توسط ورودی تونل را برای راننده ایجاد می‌کند، مرتبط نمود. به این ارتباط "درخشندگی معادل میدان همگن استاندارد" اطلاق می‌شود. این روش، توسط CIE معرفی گردیده است.

اثر عامل "ج" به صورت جداگانه و همان گونه که در بند (۱۰-۱۹) ذکر شد، در نظر گرفته می‌شود. بنابراین با داشتن اطلاعات مربوط به عوامل "الف" و "ب"، استفاده از رابطه اساسی به منظور تعیین درخشندگی ناحیه آستانه تحت شرایط فرض شده برای ناظر و کنتراست جسم امکان‌پذیر است. همچنین مشخص شده است که می‌توان بجای اندازه‌گیری واقعی عوامل "الف" و "ب" در ورودی تونل، که ممکن است امکان‌پذیر نباشد، درخشندگی معادل میدان همگن استاندارد را ۱/۵ برابر درخشندگی ناحیه دسترسی در نظر گرفت ($1.5\ L_{20}$).

ضرایبی که در بند (۱۰-۶) به منظور ضرب آن در L_{20} و بدست آوردن L_{th} توصیه شد در ضریب ۱/۵ که به آن اشاره رفت، لحاظ شده است.

پس از عبور از نقطه تطابق، در فاصله‌ای برابر فاصله دید توقف (SSD) در پیش روی راننده، نواحی انتقال آغاز می‌شود. در این نواحی درخشندگی از مقدار آن در انتهای ناحیه آستانه به مقدار مربوط به ناحیه داخلی کاهش می‌یابد. حداکثر نرخ کاهش درخشندگی از طریق آزمایش به این صورت بدست می‌آید که زمانی که درخشندگی صفحه از ۸۰۰۰ کاندل بر متر مربع کمتر می‌شود، جسم قابل رویت باقی بماند. منحنی منتجه، که رابطه زمان و درخشندگی را نشان می‌دهد، مبنای ترسیم منحنیهای کاهش درخشندگی در شکل (۱۰-۳) است.

ضمیمه ۱۰-۲- روش اندازه‌گیری مستقیم درخشندگی ناحیه دسترسی در محل (سایت)[1]

دقیقترین روش تعیین درخشندگی ناحیه دسترسی (L_{20})، اندازه‌گیری مستقیم آن در زمانی از سال است که بیشترین مقدار خود را دارا باشد. به این منظور باید از یک اندازه‌گیر درخشندگی با حوزه دید ۲۰ درجه استفاده شود. دستگاه باید در ارتفاع ۱/۵ متری از سطح معبر بر روی سه پایه‌ای دروسط معبر نصب شود و حوزه دید آن بر روی ورودی تونل تنظیم گردد. ابتدا به منظور اندازه‌گیری ($L_{20}(SP)$، سه پایه و دستگاه باید به فاصله‌ای برابر فاصله دید توقف از ورودی تونل قرار گیرد. این عمل باید چندین روز متوالی و به هنگامی که خورشید در آسمان است انجام شود. در شرایط وجود ابرهای سفید در آسمان نیز اندازه‌گیری باید انجام شود زیرا در این شرایط ممکن است مقدار L_{20} افزایش یابد. اگر خورشید در حوزه دید دستگاه (۲۰ درجه) قرار گیرد اندازه‌گیری به دلیل افزایش بیش از حد درخشندگی نباید انجام شود. در صورت وقوع چنین حالتی برای راننده، او معمولاً چشمهای خود را تنگ می‌کند.

اندازه‌گیریهای متوالی در دو دهانه تونل و در زمانهایی که مقدار L_{20} به حداکثر خود می‌رسد باید انجام و نتایج به صورت منحنی برحسب زمان ترسیم شود. در تونلهای شرقی - غربی احتمال دارد که حداکثر L_{20} به هنگام صبح در ورودی شرقی رخ دهد و زمان وقوع حداکثر L_{20} در ورودی غربی، بعدازظهر باشد. البته در عمل باید زمان وقوع حداکثر L_{20} را تعیین کرد. پس از تعیین حداکثر مقدار ($L_{20}(SP)$، اندازه‌گیری L_{20} در چندین نقطه نزدیکتر به ورودی تونل به منظور تعیین نقطه تطابق (A) باید انجام شود (شکل ۱۰-۱ ملاحظه شود).

در این اندازه‌گیری، دستگاه اندازه‌گیر درخشندگی باید در مقاطع مختلف به سمت ورودی تونل برده شود. فاصله این مقاطع از هم، بزرگترین مقدار از بین دو مقدار زیر خواهد بود:

الف-۱۰ درصد فاصله دید توقف (SSD)

1- Site

ب- ۱۰ متر

پس از انجام اندازه‌گیری و تهیه منحنی L_{20} برحسب فاصله، نقطه‌ای از آن منحنی که در آن، L_{20} به مقدار قابل توجهی کاهش می‌یابد، نقطه (A) است. به هنگامی که توسط دستگاه اندازه‌گیر درخشندگی، نقاط مختلف آزمایش می‌شود میزان شدت روشنایی افقی در آن نقاط به منظور کنترل مقادیر اندازه‌گیری شده باید تعیین شود. از آنجا که شرایط نور روز به هنگام اندازه‌گیری تعدادی L_{20}، می‌تواند به سرعت تغییر کند ممکن است لازم باشد مقادیر قرائت شده، بر حسب حداکثر شدت روشنایی نرمالیزه شود. همچنین با توجه به احتمال تغییر درخشندگی بخشی از آسمان که در حوزه دید دستگاه، در زمان اندازه‌گیری تعدادی L_{20} قرار می‌گیرد، باید به تعیین محل دقیق نقطه تطابق (A) توجه شود.

اگر دستگاه اندازه‌گیری درخشندگی با حوزه دید ۲۰ درجه در دسترس نباشد می‌توان از دستگاهی با حوزه دید کمتر (۳ درجه یا ۱ درجه) استفاده کرد. در این صورت باید اندازه‌گیری درخشندگی در چندین نقطه بالای حوزه دید ۲۰ درجه اندازه‌گیری شده و با متوسط گیری از آن مقدار L_{20} تعیین شود (مطابق با توضیحات ضمیمه (۱۰-۳).

مطالبی که تا کنون ذکر شده است مربوط به تونلهای ساخته شده می‌باشد. اندازه‌گیری L_{20} برای تونلهایی که قرار است ساخته شود باید در نقاطی که بر روی راه جدید منتهی به تونل قرار دارد انجام شده و محل دستگاه اندازه‌گیر درخشندگی نیز باید با هدف اندازه‌گیری در دهانه تونل مشخص شود. البته ممکن است نتوان به دلیل وجود موانع مختلف همچون درختان دستگاه را در محل دقیق نصب کرد که در این صورت باید بهترین محل تعیین شود. اگر این راه نیز ممکن نباشد باید L_{20} را نه از راه اندازه‌گیری، بلکه با روشی که در ضمیمه (۱۰-۳) آورده شده، تعیین نمود. در صورت اندازه‌گیری برای تونلهای ساخته نشده، ممکن است نیاز به اصلاح نتایج به دلیل وجود معابر مختلف در اطراف محل اندازه‌گیری باشد. این کار را می‌توان با اندازه‌گیری درخشندگی متوسط محوطه‌ای که توسط راه جدید اشغال خواهد شد و مقایسه آن با درخشندگی یکی از راههای مجاور و یا استفاده از ضمیمه

(۱۰-۳) و انتخاب یک درخشندگی مناسب انجام داد. در صورت وجود اختلاف قابل توجه، تصحیح لازم باید به کمک تعیین درخشندگی متوسط برای راه، براساس فضایی که اشغال می‌کند (در حوزه دید ۲۰ درجه) انجام شود.

ضمیمه۱۰-۳- تعیین درخشندگی ناحیه دسترسی با روش شبکه

درخشندگی ناحیه دسترسی (L_{20}) را می‌توان با استفاده از روش شبکه، چه در مرحله طراحی اولیه و یا اینکه در موقع تعیین حداکثر درخشندگی برای یک تونل موجود، محاسبه کرد. در این روش حوزه دید به نواحی کوچکی تقسیم شده و با محاسبه درخشندگی هر ناحیه کوچک، درخشندگی متوسط حوزه دید بدست می‌آید. تصویر تونل، از فاصله‌ای برابر فاصله دید توقف از ورودی آن (SSD) را می توان با رسم پرسپکتیو یا استفاده از مدل کامپیوتری و یا عکس گرفتن از آن تهیه نمود. پس از استفاده از هر یک از روشهای مذکور و تهیه تصویر تونل، نقطه دید باید در مرکز معبر و در ارتفاع ۱/۵ متری تعیین شود. باید توجه کرد که حوزه دید، ۲۰ درجه باشد. اگر از عکس استفاده شود، داشتن یک جسم مرجع در حوزه دید برای تعیین مقیاس زاویه‌ای، مناسب است. برای یک تونل موجود، ارتفاع آن (H) مرجع مناسبی است که با استفاده از آن و فاصله‌ای که عکس از آن گرفته شده است (S_{SD}) درجه‌بندی زاویه‌ای عکس را به طریق زیر می‌توان انجام داد:

$$\omega = tg^{-1}(\frac{H}{S_{SD}}) \qquad (۱۰-۷)$$

در این رابطه:

ω : زاویه‌ای که خط دید منتهی به بالای تونل و سطح معبر دو ضلع آن است.

در صورتی که تونل ساخته نشده باشد، یک جسم با طول مشخص می‌باید در یک فاصله مشخص در عکس وجود داشته باشد. در غیر این صورت ارتفاع زاویه‌ای چاپ از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$\omega_p = 2tg^{-1}(\frac{h}{2f}) \qquad (۱۰-۸)$$

در رابطه فوق داریم:

ω_p : ارتفاع زاویه‌ای چاپ

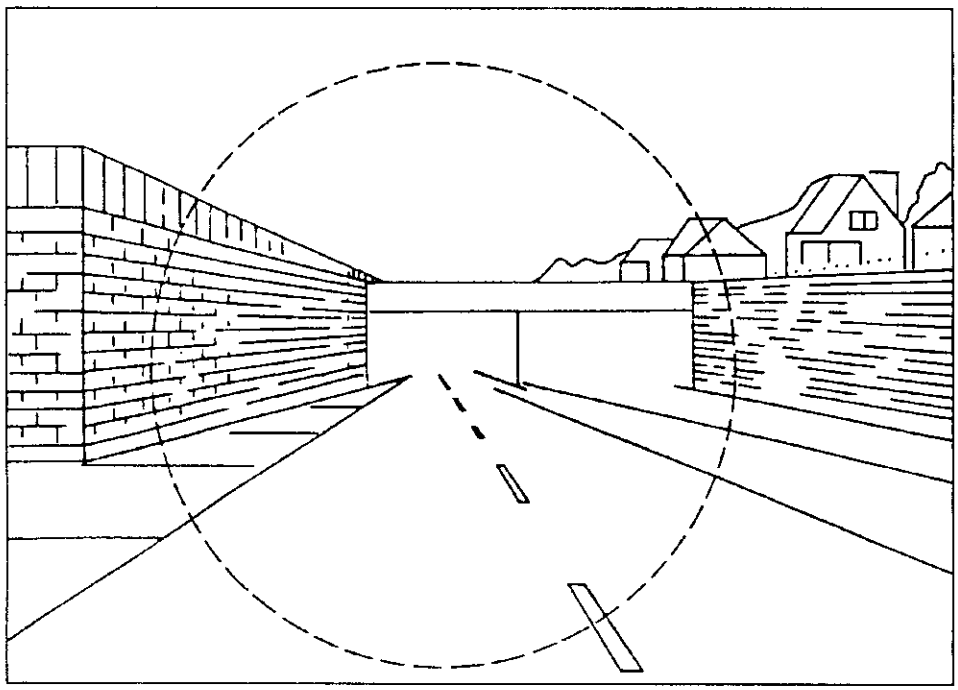
h : ارتفاع نگاتیو فیلم چاپ شده برحسب میلیمتر

f : فاصله کانونی عدسی دوربین برحسب میلیمتر

با استفاده از یک روکش می‌توان ورودی تونل را برعکس تونل مشخص نمود (با استفاده از مقیاس مناسب). همچنین کناره‌های معبر، دیواره‌ها،

چهارچوبهای نصب علائم و سایر اجسامی که قسمت انتهایی ناحیه دید را تشکیل می‌دهد، می‌توان بر روی عکس مشخص کرد. تغییر سطح راه نیز باید در نظر گرفته شود. صحت کل ترسیمات انجام شده چندان بحرانی نبوده و در واقع کلیه قسمتها (شامل اجسام و محیط اطراف تونل) را با یک مقیاس تقریبی مشخص می‌کند. محاسبه L_{20} از روی عکس، نقشه یا مدل کامپیوتری نیز به روش زیر انجام می‌شود:

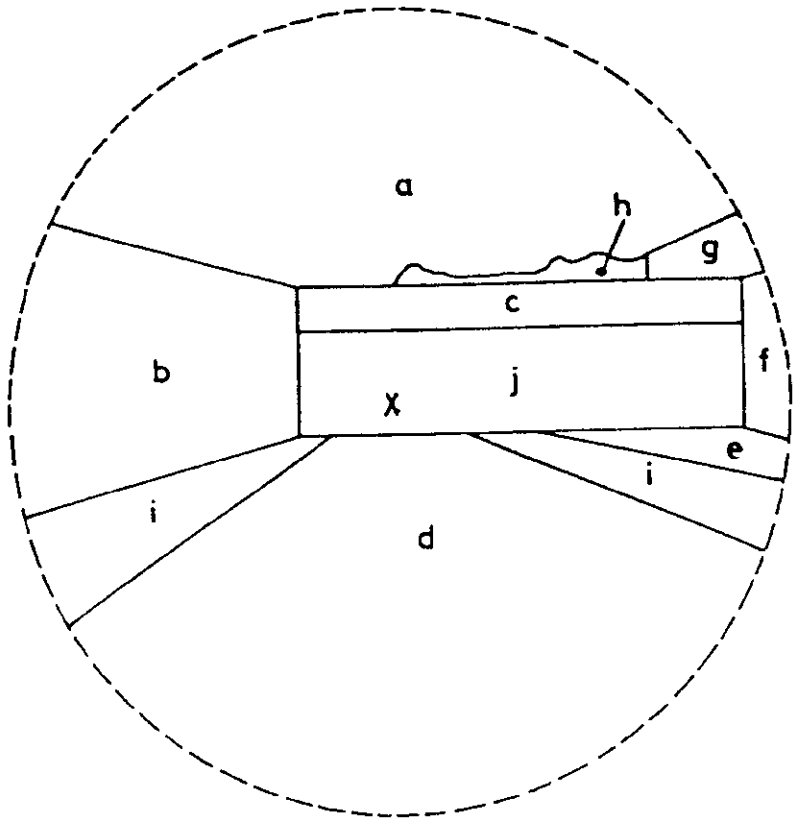
الف- در محدوده میدان دید، دایره‌ای که نشان‌دهنده زاویه دید ۲۰ درجه باشد، در ارتفاع ۱/۵ متری از سطح معبر و در وسط آن (در روبروی ورودی تونل) به تصویر اضافه شود. (شکل ۱۰-۹).



شکل ۱۰-۹- نمای پرسپکتیو ورودی تونل با دایره نشان‌دهنده زاویه دید ۲۰ درجه

ب- میدان دید ۲۰ درجه به چندین ناحیه تقسیم شده و هر ناحیه با یک حرف یا شماره مشخص می‌شود (شکل ۱۰-۱۰). به هر ناحیه با مساحت A، مقداری برای درخشندگی آن تخصیص می‌یابد. مقدار درخشندگی، از روی نتایج اندازه‌گیری در سایت و یا انتخاب آن از مقادیر معمول داده شده در

جدول (۱۰-۵) تعیین می‌شود.



شکل ۱۰-۱۰- حوزه دید ۲۰ درجه که به سطوحی با مشخصات متفاوت تقسیم شده است

ج- در مرحله بعد، جدولی برای ناحیه‌ها مطابق آنچه که در جدول (۱۰-۶) آمده است، تشکیل می‌شود. مجموع مقادیر Λ و Λ.L در جدول مزبور، نشان‌دهنده سطح کل ناحیه و مجموع کل درخشندگی است. مقدار L_{20} (درخشندگی متوسط) را نیز می‌توان با تقسیم این دو مقدار بر هم، بدست آورد.

د- می‌توان اثر تغییر درخشندگی بعضی از اجسام را که در حوزه دید قرار می‌گیرد، بررسی کرد. چنین امکانی به تعیین نوع روکش ورودی و دیواره‌های تونل کمک می‌نماید. روکش تاثیر زیادی بر روی درخشندگی ناحیه دسترسی می‌تواند داشته باشد (بند ۱۰-۱۷-۶ ملاحظه شود).

از روش شبکه می‌توان به منظور تعیین میزان تطابق، در صورتی که حوزه دید به هنگام نزدیک شدن به تونل تغییر کند، استفاده کرد. به این ترتیب، محل

نقطه تطابق، برای محاسبات ناحیه آستانه تعیین می‌شود. در نهایت باید توجه نمود که روش شبکه، روشی تقریبی است و صحت آن بستگی به مقادیر درخشندگی داشته که در محاسبات استفاده می‌شود. جدول (۱۰-۵) مقادیر معمول در اروپا را نشان می‌دهد ولی هر جا که امکان داشته باشد باید اندازه‌گیری واقعی در محل انجام شود (ضمیمه ۱۰-۲)، به خصوص زمانی که تونل به نحوی طراحی و ساخته شده باشد که نتایج متفاوتی برای هر یک از ورودیهای آن حاصل شود.

جدول ۱۰-۵- مقادیر هنجار[1] و معمول درخشندگی

زمینه	درخشندگی (L) cd/m²
آسمان تمیز و شفاف	۸۰۰۰
آسمان غبارآلود به هنگامی که در جهت جنوب نگاه شود	۲۰۰۰۰
چمن	۲۰۰۰
تپه (صخره، سنگریزه)	۳۵۰۰
شن روی زمین	۳۵۰۰
درخت	۱۰۰۰
ورودی تونل (تیره)	۱۰۰۰
دیواره (تیره)	۱۰۰۰
دیواره (روشن)	۶۰۰۰
سطح معبر (آسفالت)	۴۰۰۰
سطح معبر (آسفالت) در نورخورشید به هنگامی که در جهت جنوب نگاه شود	۶۰۰۰
سطح معبر (بتن)	۸۰۰۰
ساختمان (آجری)	۳۵۰۰

توجه : این مقادیر، برای وسط تابستان که خورشید به طور کامل می‌درخشد و شدت روشنایی افقی نیر ۱۰۰۰۰۰ لوکس می‌باشد، داده شده است. زمانی که L_{20} در حداکثر مقدار خود بوده و سطح نیز (بغیر از آسمان) سایه باشد، مقادیر جدول باید در ۰/۲۵ ضرب شود.

1- Norm

جدول ۱۰-۶- مثالی از محاسبه درخشندگی ناحیه دسترسی (L_{20}) مربوط به شکل (۱۰-۱۰)

ناحیه	زمینه	مساحت (A) (مترمربع)	L (cd/m²)	A.L
a	آسمان (تمیز)	۲۶۰۰	۸۰۰۰	۲۰/۸۰۰/۰۰۰
b	دیواره تیره	۱۱۵۰	۱۰۰۰	۱/۱۵۰/۰۰۰
c	دیواره تیره روی ورودی	۳۰۰	۱۰۰۰	۳۰۰/۰۰۰
d	معبر (آسفالت) در نور خورشید	۳۳۰۰	۴۰۰۰	۱۳/۲۰۰/۰۰۰
e	معبر در سایه	۸۰	۱۰۰۰	۸۰/۰۰۰
f	دیواره تیره در سایه	۱۲۸	۲۵۰	۳۲/۰۰۰
g	ساختمان (آجری) در سایه	۱۳۰	۸۷۵	۱۱۴/۰۰۰
h	درختان	۹۰	۱۰۰۰	۹۰/۰۰۰
i	مناطق شنی	۸۰۰	۳۵۰۰	۲/۸۰۰/۰۰۰
j	داخل تونل	۹۲۲	–	–
	مجموع	۹۵۰۰		۳۸/۵۶۶/۰۰۰

$$\text{درخشندگی متوسط } (L_{20}) = \frac{\sum A.L}{\sum A} = ۴۰۶۰ cd/m^2$$

ضمیمه ۱۰-۴- محاسبه انعکاس نور در داخل تونل

روشی که برای محاسبه ارائه می‌شود بر مبنای روش محاسبه انعکاس نور در روشنایی داخلی است. در این روش مقدار نهایی دائمی درخشندگی دیوار، سقف و سطح راه بدست می‌آید. به منظور محاسبه، دانستن شدت روشنایی متوسط اولیه (بدون اثر تداخل نور) دیوارها، سقف و سطح راه و ضرایب انعکاس آن لازم است. در این روش ضریب نگهداری سطح دیواره‌ها و سقف در نظر گرفته می‌شود (بند ۱۰-۱۷-۳-۴ ملاحظه گردد). نمادهای زیر برای استفاده در روابط آتی معرفی می‌شود:

E_0 (....) بیان‌کننده شدت روشنایی متوسط اولیه (یا مستقیم) یک سطح است، به عنوان مثال E_0 (road) نشان‌دهنده شدت روشنایی متوسط سطح معبر است که در فاصله بین دو دیواره وجود دارد؛

E (....) بیان‌کننده شدت روشنایی متوسط نهایی بر روی یک سطح است، به عنوان مثال E (walls) نشان‌دهنده شدت روشنایی متوسط نهایی بر روی دیوارها است؛

R (....) بیان‌کننده ضریب انعکاس یکنواخت یک سطح است، به عنوان مثال R (roof) نشان‌دهنده ضریب انعکاس سقف تونل است.

اگر H و W نشان‌دهنده ارتفاع و پهنای تونل (برحسب متر) باشد، شدت روشنایی متوسط نهایی (شامل مستقیم و اثر انعکاس) بر روی سطح معبر، دیوارها و سقف توسط روابط زیر بدست می‌آید:

$$E(road) = \frac{[(G - F.C).E_0(road) + 2H.F.(1+D).E_0(walls)/W + (F.C + G.D).E_0(roof)]}{G.(1 - B.D) - F.[A.(1+D) + C.(1-B)]} \quad (۹-۱۰)$$

$$E(walls) = \frac{[W.(A + B.C).E_0(road) + 2H.(1 - B.D).E_0(walls) + W.(C + A.D).E_0(roof)]}{2H.[G.(1 - B.D) - F.[A.(1+D) + C.(1+B)]]} \quad (۱۰-۱۰)$$

$$E(roof) = \frac{[(A.F + B.G).E_0(road) + 2H.F.(1+B).E_0(walls)/W + (G - F.A).E_0(roof)]}{G.(1 - B.D) - F.[A.(1+D) + C.(1+B)]} \quad (۱۱-۱۰)$$

در روابطه فوق داریم:

$$A = [1\text{-}H/W) - \sqrt{[(H/W)^2 + 1]}\,] \,.\, R\,(road) \qquad (۱۲-۱۰)$$

$$B = [\sqrt{[(H/W)^2 + 1]} - (H/W)] \,.\, R\,(road) \qquad (۱۳-۱۰)$$

$$C = A\left[\frac{R(roof)}{R(road)}\right] \qquad (۱۴-۱۰)$$

$$D = B\left[\frac{R(roof)}{R(road)}\right] \qquad (۱۵-۱۰)$$

$$F = \frac{A.W}{2H}\left[\frac{R(walls)}{R(road)}\right] \qquad (۱۶-۱۰)$$

$$G = 1 - R(walls)\left[1 - \frac{A.W}{H}\left[\frac{1}{R(road)}\right]\right] \qquad (۱۷-۱۰)$$

شدت روشنایی متوسط ناشی از انعکاس نور را می‌توان از تفاضل مقادیر شدت روشنایی نهایی واولیه برای هر سطح محاسبه نمود. سپس درخشندگی اضافی ناشی از انعکاس نور را نیز می‌توان از رابطه داده شده در بند (۱۰-۱۷-۳-۱) تخمین زد.

در روش محاسبه‌ای که توضیح داده شد، فرض می‌شود که انعکاس نور از هر سطح به صورت یکنواخت انجام می‌شود و دیگر اینکه تونل، مستقیم و سطح مقطع آن به صورت قائم است. همچنین فرض می‌شود کلیه سطوح به صورت یکنواخت روشن شده باشد، در واقع شدت روشنایی غیر یکنواخت که می‌تواند به عنوان مثال بر اثر روشن‌تر بودن قسمتهای پایین دیوار از قسمتهای بالای آن ایجاد شود اثر کمی بر روی انعکاس نور و افزایش درخشندگی سطح معبر دارد و بنابراین از آن صرفنظر می‌شود. شدت روشنایی مستقیم روی دیوارها (E_0 (walls)) باید مقدار متوسط آن برروی کل سطح دیوار باشد. تخمینی از توزیع نور منعکس شده را می‌توان به این شکل بدست آورد که با

توجه به شکل (۱۰-۱۱)، شدت روشنایی ناشی از انعکاس چند باره نور در هر نقطه P بر سطح معبر را می‌توان توسط رابطه زیر محاسبه کرد:

$$E_p = \frac{\pi . L_W}{2}(2 - \cos\gamma_1 - \cos\gamma_2) + \frac{\pi . L_R}{2}(\cos\gamma_1 + \cos\gamma_2) \quad (۱۸-۱۰)$$

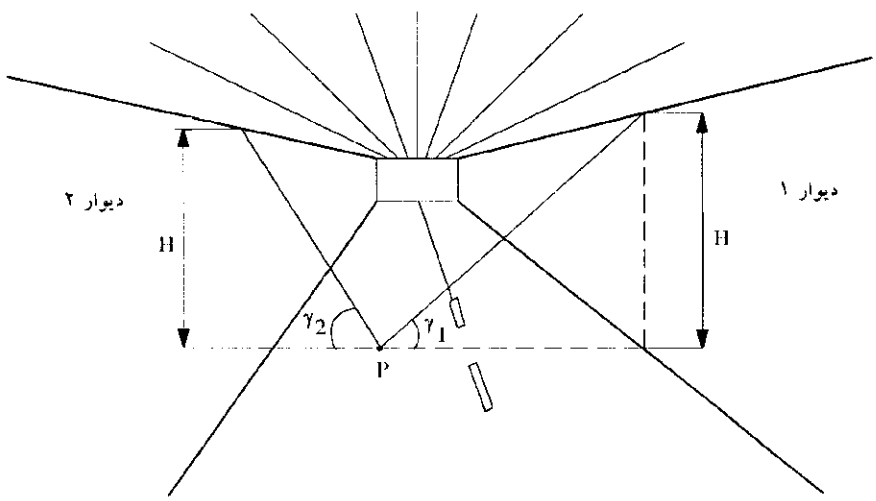
در رابطه فوق داریم:

L_W : درخشندگی متوسط نهایی دیوارها (cd/m^2)

L_R : درخشندگی متوسط نهایی سقف (cd/m^2)

γ_2 , γ_1 : زاویه اندازه‌گیری شده از هر یک از دیوارها

به طریق مشابه می‌توان توزیع نور چند بار منعکس شده را بر روی دیوارها محاسبه نمود.



شکل ۱۰-۱۱- محاسبه انعکاس نور در نقطه P در داخل تونل

فصل یازدهم

روشنایی راهها در مجاورت محلهای ویژه

۱-۱۱ دامنه کاربرد

این فصل، حاوی توصیه‌هایی در خصوص تأمین روشنایی راهها در مجاورت مکانهایی همچون فرودگاه، خطوط راه‌آهن، بارانداز و راههای آبی قابل کشتیرانی می‌باشد. مفاد این فصل، همراه با توصیه‌های ارائه شده در سایر فصول، برای تأمین روشنایی راههای مذکور باید مدنظر قرار گیرد.

۲-۱۱ تعریفها

۱-۲-۱۱ سطح افقی گذرنده از چراغ

عبارت از سطحی است که از مرکز فتومتریک چراغ عبور کرده و موازی با سطح راه باشد.

۳-۱۱ روشنایی راهها در مجاورت فرودگاه

از آنجایی که نحوه تأمین روشنایی معابر در مجاورت فرودگاهها ممکن است باعث ایجاد خطراتی برای پرواز هواپیماها شود لذا در این موارد باید با هماهنگی مسئولین فرودگاه مربوطه عمل شود. به همین منظور، در صورتی که راه مورد نظر در شعاع ۴/۸ کیلومتری از مرز فرودگاه قرار گرفته باشد، برای طراحی و تامین روشنایی آن، باید قبلاً با مسئولین فرودگاه هماهنگی صورت گرفته و محدودیتها و مقادیر مجاز برای تأمین روشنایی اخذ شود. این محدودیتها ممکن است درخصوص نحوه استقرار سیستم روشنایی، ارتفاع نصب، رنگ نور و نحوه پخش نور چراغ در بالای سطح افقی باشد.

در مورد نحوه پخش نور در بالای سطح افقی گذرنده از چراغ باید محدودیت جدول (۱۱-۱) رعایت شود.

جدول ۱۱-۱- پخش نور مجاز چراغهای روشنایی در مجاورت فرودگاهها

زاویه پخش نور نسبت به صفحه عمودی رو به پایین گذرنده از مرکز چراغ	حداکثر شدت نور مجاز چراغ بر مبنای cd در موقعی که لامپ، حداکثر فلو را داشته باشد.
۹۰°	۷۵۰
۹۲°	۳۰۰
۹۴°	۹۵
۹۶°	۷۵
۱۰۰°	۶۰
۱۱۰°	۴۰
۱۲۰° و بالاتر	۳۰

۱۱-۴ سیستم روشنایی منتخب برای راههای مجاور خطوط آهن، باراندازها و راههای آبی قابل کشتیرانی می‌باید طوری انتخاب شود که تداخلی با علائم و راهنماهای نصب شده برای هدایت قطارها و کشتیها وجود نداشته باشد.

۱۱-۵ برای طراحی سیستم روشنایی در مجاورت چنین مکانهایی، باید قبلاً با مسئولین مربوطه هماهنگی صورت گیرد تا تعارضی با محدودیتهای تعریف شده در این مکانها، وجود نداشته باشد.

۱۱-۶ انتخاب رنگ نور

در انتخاب سیستم روشنایی در مجاورت چنین مکانهایی، باید دقت شود که رنگ نور این سیستم با رنگ علائم نوری نصب شده در آنجا، تداخلی نداشته و باعث اخلال در کار علائم نوری هشداردهنده نگردد. همچنین در انتخاب محل نصب چراغهای روشنایی نیز باید دقت شود که چنین مشکلی پیش نیاید.

۱۱-۷ کنترل خیرگی

محل نصب بعضی از چراغها ممکن است طوری باشد که راستای پخش نور آن با راستای شعاع نوری علامت هشداردهنده یکی بوده و نتیجتاً باعث ایجاد خیرگی و عدم رویت علامت نوری هشداردهنده شود. در چنین مواقعی، در صورت امکان باید محل چراغ را جابجا کرده و در غیر این صورت باید نسبت به استفاده از چراغهایی که باعث ایجاد خیرگی نگردد، اقدام شود.

فصل دوازدهم

مشخصات فنی و استاندارد تجهیزات مورد استفاده

در چراغهای روشنایی راههای شهری

مقدمه

این فصل، حاوی مشخصات فنی و استاندارد تجهیزات مورد استفاده در چراغهای روشنایی معابر اعم از لامپ، بالاست و ایگنیتور، خازن جبران‌ساز و قاب چراغ می‌باشد.

۱-۱۲ تعریفها

تعریفهای زیر مربوط به اصطلاحات رایج در لامپها، بالاست و ایگنیتور می‌باشد.

۱-۱-۱۲ توان نامی لامپ

توان نامی لامپ مقداری است که روی لامپ حک شده است.

۲-۱-۱۲ ولتاژ راه اندازی لامپ

ولتاژ موثری که باید در دو سر لامپ قرار گیرد، تا لامپ شروع به کار نماید.

۳-۱-۱۲ حداقل ولتاژ مدار باز برای عملکرد پایدار لامپ

حداقل ولتاژ مدار بازی که باید توسط بالاست برای عملکرد پایدار لامپ ایجاد شود.

۱۲-۱-۴ شار نوری نامی

شار نوری لامپ بر حسب لومن است که توسط کارخانه سازنده تعیین می‌شود.

۱۲-۱-۵ علامتگذاری روی لامپ

توان نامی، ولتاژ نامی و نام کارخانه سازنده لامپ (یا علامت تجارتی آن) باید روی لامپ حک شده باشد.

۱۲-۱-۶ بالاست

وسیله‌ای که بین منبع تغذیه و لامپهای تخلیه قرار داده می‌شود و به منظور محدود کردن جریان لامپ و تنظیم آن در حد مورد نظر در تمام اوقات کار لامپ اعم از راه‌اندازی و کار دائم آن به کار می‌رود.

۱۲-۱-۷ بالاست مستقل

اگر بالاست به نحوی طراحی شده باشد که بتوان آن را به صورت مستقل، و بدون قرار دادن در یک محفظه اضافی نصب کرد به آن بالاست مستقل اطلاق می‌شود.

۱۲-۱-۸ بالاست مجتمع

اگر بالاست به نحوی طراحی شده باشد که ساخت آن در یک محفظه یا جعبه باشد به آن بالاست مجتمع گفته می‌شود.

۱۲-۱-۹ بالاست ضد نفوذ آب

اگر بالاست به نحوی طراحی شده باشد که قطرات آب که به صورت عمودی حرکت می‌کند نتواند وارد آن شود، به آن بالاست ضد نفوذ آب گفته می‌شود.

۱۲-۱-۱۰ ولتاژ تغذیه بالاست

به ولتاژی گفته می‌شود که به مدار متشکل از لامپ و بالاست اعمال شود.

۱۲-۱-۱۱ ولتاژ کار

بیشترین ولتاژی است که ممکن است به هنگام وقوع شرایط مدار باز در زمان عملکرد لامپ ایجاد شود.

۱۲-۱-۱۲ ایگنیتور

عبارت از وسیله‌ای است که به تنهایی و یا همراه با تجهیزات دیگر، به منظور ایجاد پالس ولتاژ برای راه‌اندازی لامپهای تخلیه‌ای که فاقد پیش گرمکن برای الکترودها می‌باشد، استفاده می‌شود.

۱۲-۲ مشخصات فنی و استاندارد لامپها

با توجه به مطالب عنوان شده در فصول قبلی، برای تأمین روشنایی معابر شهری، استفاده از دو نوع لامپ بخار سدیم کم فشار و پرفشار توصیه گردیده است. لذا در این فصل نیز، مشخصات فنی و استاندارد این دو نوع لامپ همراه با تجهیزات جانبی هر یک بیان می‌شود. البته از آنجا که در فصول قبلی، استفاده از سایر انواع لامپها، با رعایت محدودیتهای قید شده بلامانع بوده لذا با توجه به طول عمر و راندمان بالای لامپهای بخار جیوه پرفشار، مشخصات فنی و استاندارد این لامپها همراه با تجهیزات جانبی آن نیز در این فصل آورده می‌شود. استفاده از سایر انواع لامپها نیزبه دلیل راندمان و طول عمر کم، در کلیه معابر شهری (باستثناء تونلها) جایز نبوده و توصیه نمی‌شود. دلیل مستثنی بودن این امر در مورد روشنایی تونلها، مجاز بودن استفاده از لامپ فلورسنت، علاوه بر لامپهای مذکور، در آن می‌باشد. لذا در صورت کاربرد لامپ فلورسنت درروشنایی تونلها، مشخصات فنی لامپ و تجهیزات جانبی آن باید مطابق با استانداردهای مربوطه به شماره‌های ۸۱، ۸۲، ۱۵۵، ۴۵۸ و ۵۶۶ ([۱۶]،[۲۲]، [۲۳]، [۲۴] و [۲۵]) و یا استانداردهای BS یا DIN معادل، باشد.

۱۲-۲-۱ لامپهای بخار سدیم کم فشار

۱۲-۲-۱-۱ دامنه کاربرد

این بخش، استاندارد و مشخصات فنی لامپهای بخار سدیم کم فشار U شکل و خطی را که با چوک (بالاست) استاندارد مربوطه، در سیستمهای برق متناوب ۲۳۰/۴۰۰ ولت، ۵۰ و ۶۰ هرتز به کار می‌رود، در بر می‌گیرد.

۱۲-۲-۱-۲ ابعاد لامپ

ابعاد لامپ باید با مقادیر ذکر شده در بند (۱۲-۲-۱-۴) سازگار باشد.

۱۲-۲-۱-۳ سرپیچ لامپ

سرپیچ لامپ باید مطابق با شرایط استاندارد IEC شماره ۶۱ باشد [۲۷].

۱۲-۲-۱-۴ مشخصات فنی و آزمون لامپها

مشخصات فنی و آزمون لامپها باید براساس استاندارد IEC شماره ۱۹۲ باشد [۱۷]. برطبق این استاندارد، مشخصات فنی و ابعاد لامپهای بخار سدیم کم فشار، برای لامپهای به شرح جداول (۱۲-۱-۱) الی (۱۲-۱-۸) ارائه می‌شود.

۱۲-۲-۲ لامپهای بخار سدیم پرفشار

۱۲-۲-۲-۱ دامنه کاربرد

این بخش، استاندارد و مشخصات فنی لامپهای بخار سدیم و پرفشار را که با چوک (بالاست) و ایگنیتور استاندارد مربوطه، در سیستمهای برق متناوب ۲۳۰/۴۰۰ ولت، ۵۰ و ۶۰ هرتز به کار می‌رود، در بر می‌گیرد.

۱۲-۲-۲-۲ ابعاد

ابعاد لامپ باید با مقادیر ذکر شده در بند (۱۲-۲-۲-۴) سازگار باشد.

۱۲-۲-۲-۳ سرپیچ لامپ

سرپیچ لامپ باید مطابق با اندازه‌های ذکر شده در استاندارد IEC شماره ۶۱ باشد [۲۷].

۱۲-۲-۲-۴ مشخصات فنی و آزمون لامپها

مشخصات فنی و آزمون لامپها باید بر اساس استاندارد IEC شماره ۶۶۲ باشد [۱۸]. برطبق این استاندارد، مشخصات فنی و ابعاد لامپهای بخار سدیم پرفشار، به شرح جداول (۱۲-۲-۱) الی (۱۲-۲-۸) ارائه می‌شود.

۱۲-۲-۳ لامپهای بخار جیوه پرفشار

۱۲-۲-۳-۱ دامنه کاربرد

این بخش، استاندارد و مشخصات فنی لامپهای جیوه‌ای پرفشار، با یا بدون پوشش فلوئورسانس را که با چوک (بالاست) استاندارد مربوطه، در سیستمهای برق متناوب ۲۳۰/۴۰۰ ولت، ۵۰ و ۶۰ هرتز به کار می‌رود، در بر می‌گیرد.

۱۲-۲-۳-۲ ابعاد

ابعاد لامپ باید با مقادیر ذکر شده در بند (۱۲-۲-۳-۴) سازگار باشد.

۱۲-۲-۳-۳ سرپیچ لامپ

سرپیچ لامپ باید مطابق با استاندارد IEC شماره ۶۱ باشد [۲۷].

۱۲-۲-۳-۴ مشخصات فنی و آزمون لامپها

مشخصات فنی و آزمون لامپها باید بر اساس استاندارد IEC شماره ۱۸۸ باشد [۱۵]. برطبق این استاندارد، مشخصات فنی و ابعاد لامپهای جیوه‌ای پرفشار، برای لامپهایی به شرح جداول (۱۲-۳-۱) الی (۱۲-۳-۸) ارائه می‌شود.

۱۲-۲-۴ اطلاعات سازنده

اطلاعات زیر، حداقل اطلاعاتی است که باید توسط سازنده لامپ ارائه شود:

الف- کلیه موارد مطرح شده در بندهای (۱۲-۲-۱)، (۱۲-۲-۲) و (۱۲-۲-۳).

ب- شار نوری اولیه لامپ (مطابق با تعریف بند ۱-۲-۲۰).

ج- ضریب نگهداری شار لامپ به صورت منحنیهایی که تابع زمان کارکرد لامپ و تناوب زمانی کلیدزنی لامپ باشد (مطابق با تعریف بند ۱-۲-۲۳).

د- عمر لامپ

هـ- ترکیب رنگ نور لامپ

و- ضریب بهره نوری لامپ (مطابق با تعریف بند ۱-۲-۱۶).

جدول ۱۲-۱-۱- لامپ بخار سدیم کم فشار

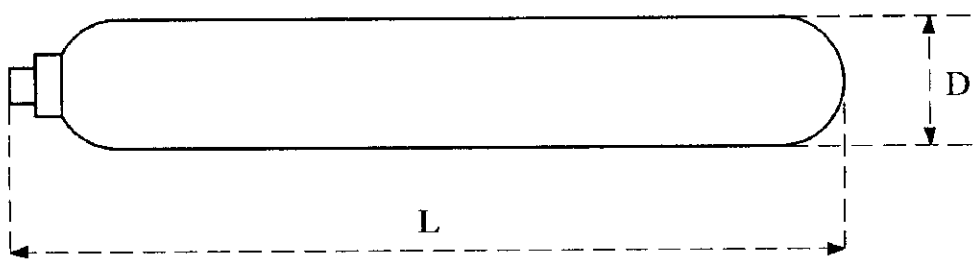
توان نامی : ۳۵ وات

محفظه تشکیل قوس : U شکل

مشخصات راه‌اندازی و عملکرد دائم- فرکانس ۵۰ و ۶۰ هرتز

	حداکثر	مطلوب
ولتاژ راه‌اندازی لامپ (ولت)	۳۹۰	-
توان لامپ (وات)	۴۲	۳۷
ولتاژ در ترمینالهای لامپ (ولت)	۸۰	۷۰
جریان لامپ (آمپر)	-	۰/۶

ابعاد (میلیمتر)		سرپیچ
حداکثر طول کل لامپ (L)	حداکثر قطر حباب (D)	
۳۱۱	۵۴	BY22d



جدول ۱۲-۱-۲- لامپ بخار سدیم کم فشار

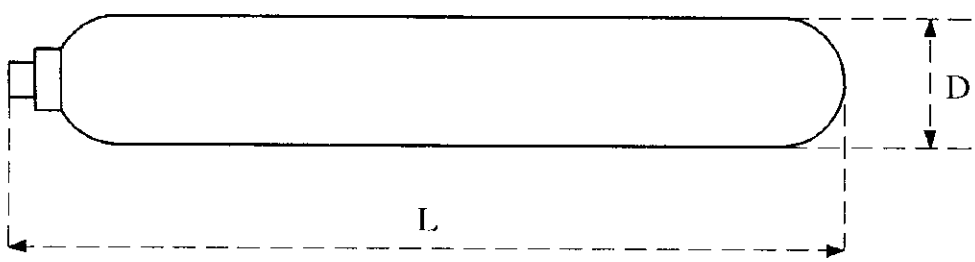
توان نامی : ۵۵ وات

محفظه تشکیل قوس : U شکل

مشخصات راه‌اندازی و عملکرد دائم- فرکانس ۵۰ و ۶۰ هرتز

	حداکثر	مطلوب
ولتاژ راه‌اندازی لامپ (ولت)	۴۱۰	-
توان لامپ (وات)	۶۲	۵۶
ولتاژ در ترمینالهای لامپ (ولت)	۱۲۰	۱۰۹
جریان لامپ (آمپر)	-	۰/۵۹

ابعاد (میلیمتر)		سرپیچ
حداکثر طول کل لامپ (L)	حداکثر قطر حباب (D)	
۴۲۵	۵۴	BY22d



جدول ۱۲-۱-۳- لامپ بخار سدیم کم فشار

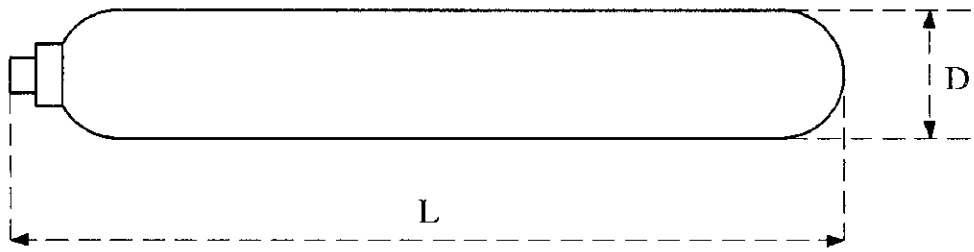
توان نامی : ۹۰ وات

محفظه تشکیل قوس : U شکل

مشخصات راه‌اندازی و عملکرد دائم- فرکانس ۵۰ و ۶۰ هرتز

	حداکثر	مطلوب
ولتاژ راه‌اندازی لامپ (ولت)	۴۲۰	-
توان لامپ (وات)	۱۰۴	۹۱
ولتاژ در ترمینالهای لامپ (ولت)	۱۲۵	۱۱۲
جریان لامپ (آمپر)	-	۰/۹۴

ابعاد (میلیمتر)		سرپیچ
حداکثر طول کل لامپ (L)	حداکثر قطر حباب (D)	
۵۲۸	۶۸	BY22d



جدول ۱۲-۱-۴- لامپ بخار سدیم کم فشار

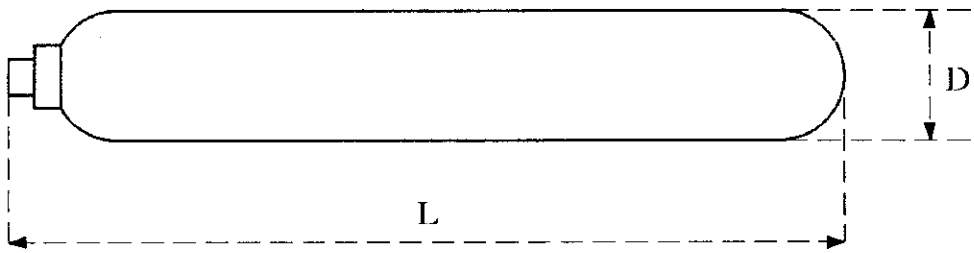
توان نامی : ۱۳۵ وات

محفظه تشکیل قوس : U شکل

مشخصات راه‌اندازی و عملکرد دائم- فرکانس ۵۰ و ۶۰ هرتز

	حداکثر	مطلوب
ولتاژ راه‌اندازی لامپ (ولت)	۵۴۰	-
توان لامپ (وات)	۱۵۳	۱۳۵
ولتاژ در ترمینالهای لامپ (ولت)	۱۸۵	۱۶۴
جریان لامپ (آمپر)	-	۰/۹۵

ابعاد (میلیمتر)		سرپیچ
حداکثر طول کل لامپ (L)	حداکثر قطر حباب (D)	
۷۷۵	۶۸	BY22d



جدول ۱۲-۱-۵- لامپ بخار سدیم کم فشار

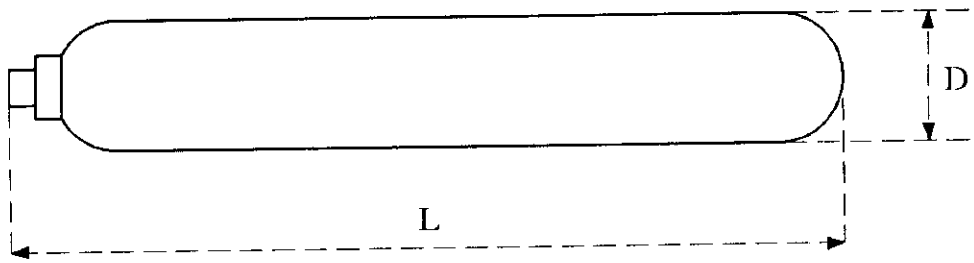
توان نامی : ۱۸۰ وات

محفظه تشکیل قوس : U شکل

مشخصات راه‌اندازی و عملکرد دائم- فرکانس ۵۰ و ۶۰ هرتز

	حداکثر	مطلوب
ولتاژ راه‌اندازی لامپ (ولت)	۵۷۵	-
توان لامپ (وات)	۲۱۰	۱۸۵
ولتاژ در ترمینالهای لامپ (ولت)	۲۷۰	۲۴۰
جریان لامپ (آمپر)	-	۰/۹۱

ابعاد (میلیمتر)		سرپیچ
حداکثر طول کل لامپ (L)	حداکثر قطر حباب (D)	
۱۱۲۰	۶۸	BY22d



جدول ۱۲-۱-۶- لامپ بخار سدیم کم فشار

توان نامی : ۶۰ وات

محفظه تشکیل قوس : خطی

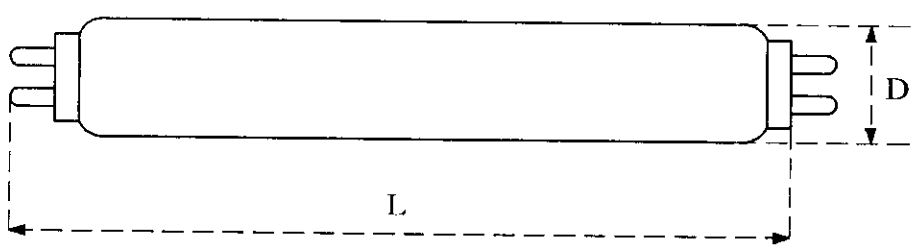
مشخصات راه‌اندازی و عملکرد دائم- فرکانس ۵۰ و ۶۰ هرتز

	حداکثر	مطلوب
ولتاژ راه‌اندازی لامپ (ولت)	۵۱۰ *	-
توان لامپ (وات)	۶۴	۶۰
ولتاژ در ترمینالهای لامپ (ولت)	۹۲	۸۲
جریان لامپ (آمپر)	-	۰/۸۳

* زمانی که لامپ همراه با ترانسفورماتور و بدون راه‌انداز به کار برده می‌شود.

سرپیچ	ابعاد (میلیمتر)		
	قطر حباب (D)	طول (L)	
	حداکثر	حداکثر	حداقل
G13 **	۳۹/۵	۴۱۹	۴۱۶

** نوع مخصوص



جدول ۱۲-۱-۷- لامپ بخار سدیم کم فشار

توان نامی : ۱۴۰ وات

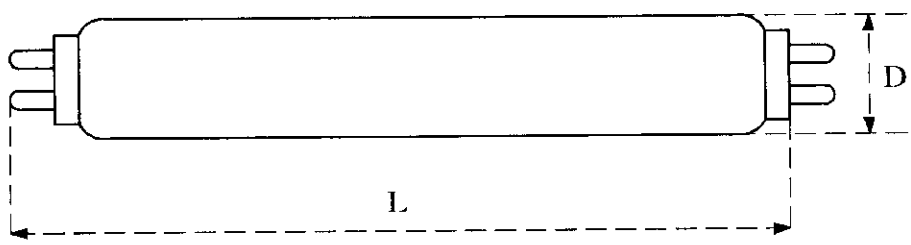
محفظه تشکیل قوس : خطی

مشخصات راه‌اندازی و عملکرد دائم- فرکانس ۵۰ و ۶۰ هرتز

	حداکثر	مطلوب
ولتاژ راه‌اندازی لامپ (ولت)	۴۳۰	-
توان لامپ (وات)	۱۵۵	۱۴۰
ولتاژ در ترمینالهای لامپ (ولت)	۱۹۵	۱۷۵
جریان لامپ (آمپر)	-	۰/۹

سرپیچ	ابعاد (میلیمتر)		
	قطر حباب (D)	طول (L)	
	حداکثر	حداکثر	حداقل
* G13	۳۹/۵	۹۰۱/۷	۸۹۵

* نوع مخصوص



جدول ۱۲-۱-۸- لامپ بخار سدیم کم فشار

توان نامی : *۲۰۰ وات

محفظه تشکیل قوس : خطی

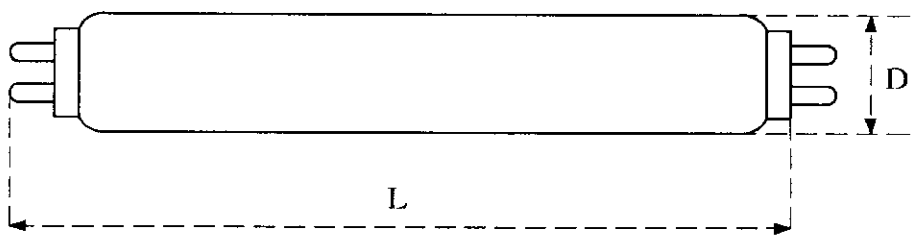
مشخصات راه‌اندازی و عملکرد دائم- فرکانس ۵۰ و ۶۰ هرتز

	حداکثر	مطلوب
ولتاژ راه‌اندازی لامپ (ولت)	۴۲۰	-
توان لامپ (وات)	۲۱۵	۲۰۰
ولتاژ در ترمینالهای لامپ (ولت)	۱۶۰	۱۴۵
جریان لامپ (آمپر)	-	۱/۶

سرپیچ	ابعاد (میلیمتر)		
	قطر حباب (D)	طول (L)	
	حداکثر	حداکثر	حداقل
**G13	۳۹/۵	۹۰۱/۷	۸۹۵

* با راه‌انداز[1] به کار می‌افتد.

** نوع مخصوص



1- Starter

جدول ۱۲-۲-۱- لامپ بخار سدیم پر فشار (با ایگنیتور خارجی)

توان نامی : ۱۰۰ وات

نوع حباب : لوله‌ای

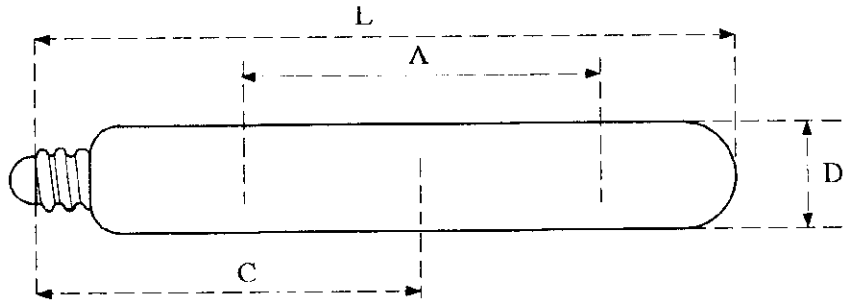
مشخصات عملکرد دائم- فرکانس ۵۰ و ۶۰ هرتز

	حداقل	حداکثر	مطلوب
ولتاژ راه‌اندازی لامپ (ولت)	-	۱۹۸	-
توان لامپ (وات)	-	-	۱۰۰
ولتاژ دو سر لامپ (ولت)	۸۵	۱۱۵	۱۰۰
جریان لامپ (آمپر)	-	-	۱/۲

ابعاد (میلیمتر)

طول قوس A	طول مرکزنور C	حداکثر طول لامپ L	حداکثر قطر حباب D	سرپیچ
۴۱	۱۳۲±۱۰	۲۱۱	۵۳	E40

حداکثر افزایش مجاز ولتاژ در دو سر لامپ: ۷ ولت



جدول ۱۲-۲-۲- لامپ بخار سدیم پر فشار (با ایگنیتور خارجی)

توان نامی : ۱۰۰ وات

نوع حباب : بیضوی

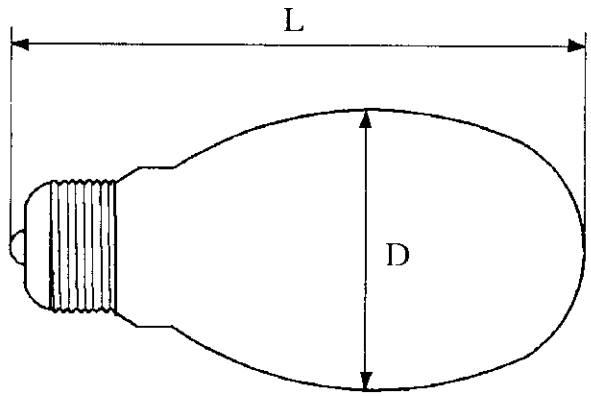
مشخصات عملکرد دائم- فرکانس ۵۰ و ۶۰ هرتز

	حداقل	حداکثر	مطلوب
ولتاژ راه‌اندازی لامپ (ولت)	-	۱۹۸	-
توان لامپ (وات)	-	-	۱۰۰
ولتاژ دو سر لامپ (ولت)	۸۵	۱۱۵	۱۰۰
جریان لامپ (آمپر)	-	-	۱/۲

ابعاد (میلیمتر)

طول قوس A	طول مرکزنور C	حداکثر طول لامپ L	حداکثر قطر حباب D	سرپیچ
-	-	۱۸۶	۷۶	E40

حداکثر افزایش مجاز ولتاژ در دو سر لامپ: ۷ ولت



جدول ۱۲-۲-۳- لامپ بخار سدیم پر فشار (با ایگنیتور خارجی یا راه‌انداز داخلی)

توان نامی : ۱۵۰ وات

نوع حباب : لوله‌ای

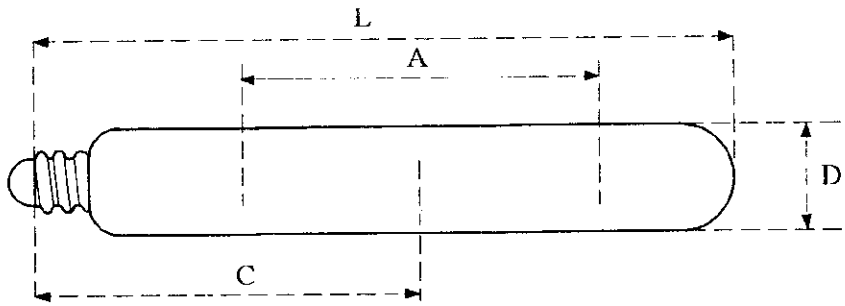
مشخصات عملکرد دائم- فرکانس ۵۰ و ۶۰ هرتز

	حداقل	حداکثر	مطلوب
ولتاژ راه‌اندازی لامپ (ولت)	-	۱۹۸	-
توان لامپ (وات)	-	-	۱۵۰
ولتاژ دو سر لامپ (ولت)	۸۵	۱۱۵	۱۰۰
جریان لامپ (آمپر)	-	-	۱/۸

ابعاد (میلیمتر)

طول قوس A	طول مرکزنور C	حداکثر طول لامپ L	حداکثر قطر حباب D	سرپیچ
۵۸	۱۳۲±۱۰	۲۱۱	۵۳	E40یاE39

حداکثر افزایش مجاز ولتاژ در دو سر لامپ: ۷ ولت



جدول ۱۲-۲-۴- لامپ بخار سدیم پر فشار (با ایگنیتور خارجی یا راه‌انداز داخلی)

توان نامی : ۱۵۰ وات

نوع حباب : بیضوی

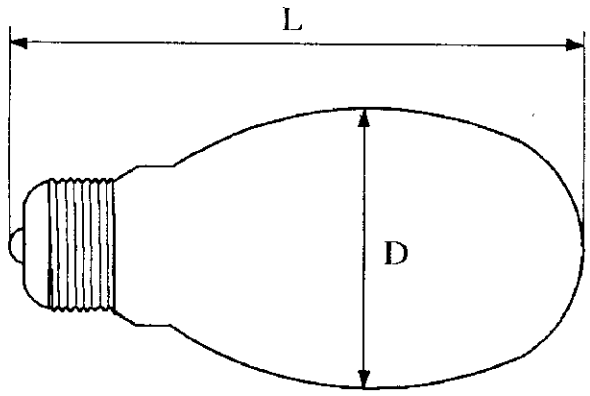
مشخصات عملکرد دائم- فرکانس ۵۰ و ۶۰ هرتز

	حداقل	حداکثر	مطلوب
ولتاژ راه‌اندازی لامپ (ولت)	-	۱۹۸	-
توان لامپ (وات)	-	-	۱۵۰
ولتاژ دو سر لامپ (ولت)	۸۵	۱۱۵	۱۰۰
جریان لامپ (آمپر)	-	-	۱/۸

ابعاد (میلیمتر)

طول قوس A	طول مرکزنور C	حداکثر طول لامپ L	حداکثرقطرحباب D	سرپیچ
-	-	۲۲۷	۹۱	E39 یا E40

حداکثر افزایش مجاز ولتاژ در دو سر لامپ: ۵ ولت



جدول ۱۲-۲-۵- لامپ بخار سدیم پر فشار

توان نامی : ۲۵۰ وات

نوع حباب : لوله‌ای

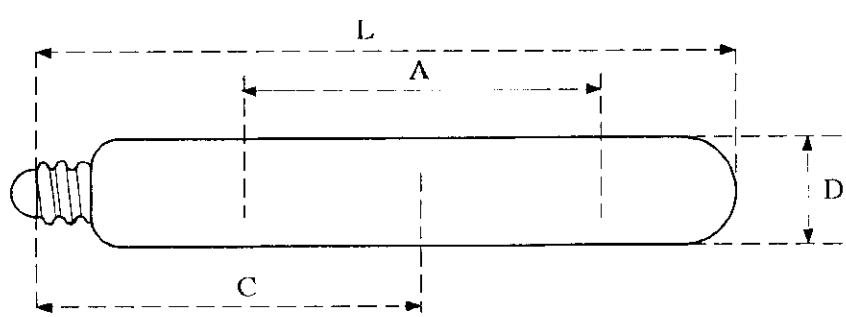
مشخصات عملکرد دائم- فرکانس ۵۰ و ۶۰ هرتز

	حداقل	حداکثر	مطلوب
ولتاژ راه‌اندازی لامپ (ولت)	-	۱۹۸	-
توان لامپ (وات)	-	-	۲۵۰
ولتاژ دو سر لامپ (ولت)	۸۵	۱۱۵	۱۰۰
جریان لامپ (آمپر)	-	-	۳

ابعاد (میلیمتر)

طول قوس A	طول مرکزنور C	حداکثر طول لامپ L	حداکثرقطرحباب D	سرپیچ
-	-	۲۲۷	۹۱	E39 یا E40

حداکثر افزایش مجاز ولتاژ دو سر لامپ: ۱۰ ولت



جدول ۱۲-۲-۶- لامپ بخار سدیم پر فشار

توان نامی : ۲۵۰ وات

نوع حباب : بیضوی

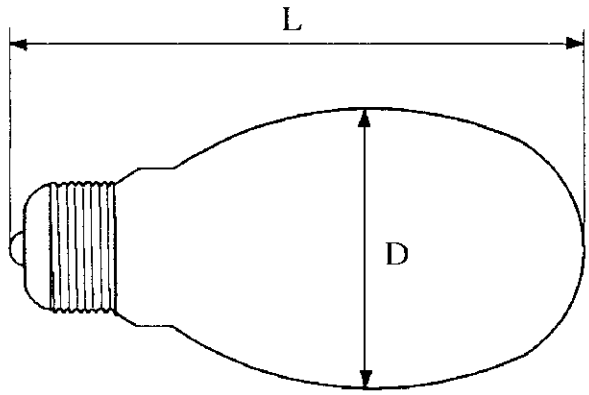
مشخصات عملکرد دائم- فرکانس ۵۰ و ۶۰ هرتز

	حداقل	حداکثر	مطلوب
ولتاژ راه‌اندازی لامپ (ولت)	-	۱۹۸	-
توان لامپ (وات)	-	-	۲۵۰
ولتاژ دو سر لامپ (ولت)	۸۵	۱۱۵	۱۰۰
جریان لامپ (آمپر)	-	-	۳

ابعاد (میلیمتر)

طول قوس A	طول مرکزنور C	حداکثر طول لامپ L	حداکثرقطرحباب D	سرپیچ
-	-	۲۲۷	۹۱	E39 یا E40

حداکثر افزایش مجاز ولتاژ در دو سر لامپ: ۱۰ ولت



جدول ۱۲-۲-۷- لامپ بخار سدیم پر فشار

توان نامی : ۴۰۰ وات

نوع حباب : لوله‌ای

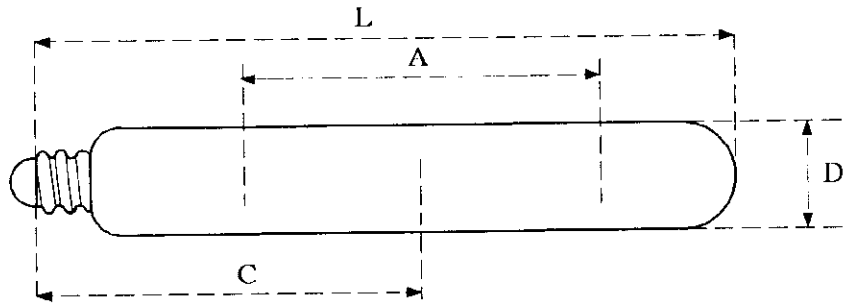
مشخصات عملکرد دائم- فرکانس ۵۰ و ۶۰ هرتز

	حداقل	حداکثر	مطلوب
ولتاژ راه‌اندازی لامپ (ولت)	-	۱۹۸	-
توان لامپ (وات)	-	-	۳۹۲
ولتاژ دو سر لامپ (ولت)	۷۴	۱۱۷	۱۰۰
جریان لامپ (آمپر)	-	-	۴/۶

ابعاد (میلیمتر)

طول قوس A	طول مرکزنور C	حداکثر طول لامپ L	حداکثرقطرحباب D	سرپیچ
۸۵±۵	۱۶۳+۲۰	۲۹۲	۶۰	E39 یا E40

حداکثر افزایش مجاز ولتاژ دو سر لامپ: ۱۲ ولت



جدول ۱۲-۲-۸- لامپ بخار سدیم پر فشار

توان نامی : ۴۰۰ وات

نوع حباب : بیضوی

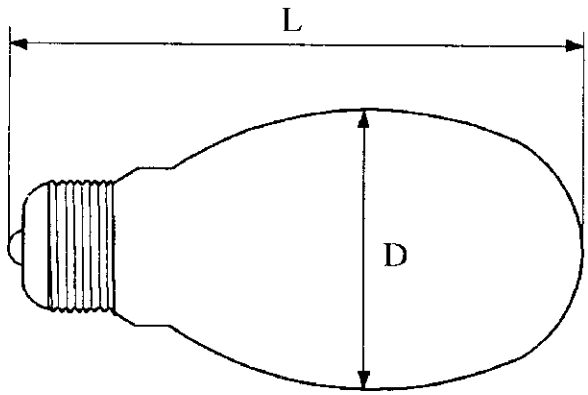
مشخصات عملکرد دائم- فرکانس ۵۰ و ۶۰ هرتز

	حداقل	حداکثر	مطلوب
ولتاژ راه‌اندازی لامپ (ولت)	-	۱۹۸	-
توان لامپ (وات)	-	-	۴۰۰
ولتاژ دو سر لامپ (ولت)	۹۰	۱۲۰	۱۰۵
جریان لامپ (آمپر)	-	-	۴/۴۵

ابعاد (میلیمتر)

طول قوس A	طول مرکزنور C	حداکثر طول لامپ L	حداکثرقطرحباب D	سرپیچ
-	-	۲۹۲	۱۲۲	E39 یا E40

حداکثر افزایش مجاز ولتاژ دو سر لامپ: ۷ ولت



جدول ۱۲-۳-۱- لامپ بخار جیوه پر فشار

توان نامی : ۵۰ وات

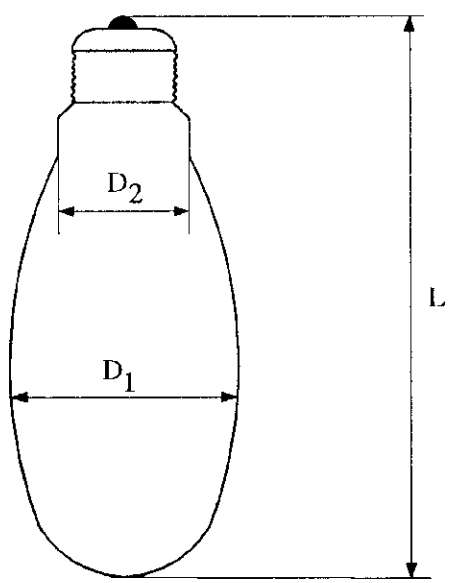
مشخصات راه‌اندازی و عملکرد دائم- فرکانس ۵۰ و ۶۰ هرتز

	حداقل	حداکثر	مطلوب
ولتاژ راه‌اندازی لامپ (ولت)	-	۱۸۰	-
حداقل ولتاژ عملکرد دائم (ولت)	۱۹۸	-	-
توان لامپ (وات)	-	۵۳	۵۰
ولتاژ دو سر لامپ (ولت)	۸۵	۱۰۵	۹۵
جریان لامپ (آمپر)	-	-	۰/۶۱

ابعاد (میلیمتر)

طول کل لامپ (حداکثر) L	قطر حباب (حداکثر) D1	قطر گردن (حداکثر) D2	طول گردن (حداقل)	سرپیچ
۱۳۰	۵۶	۳۵	*	E26
۱۳۰	۵۶	۳۵	۳۶/۵	E27

* تحت بررسی است.



جدول ۱۲-۳-۲- لامپ بخار جیوه پر فشار

توان نامی : ۸۰ وات

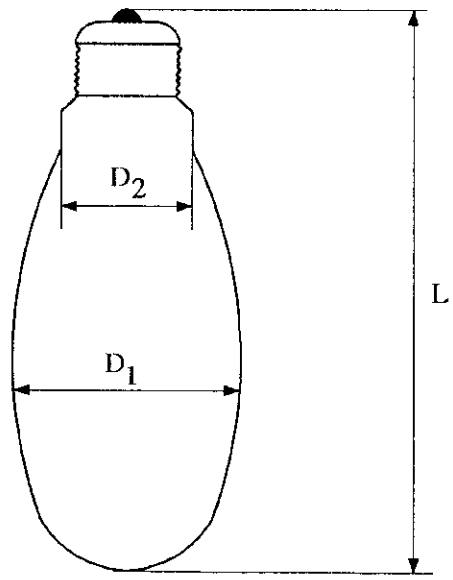
مشخصات راه‌اندازی و عملکرد دائم- فرکانس ۵۰ و ۶۰ هرتز

	حداقل	حداکثر	مطلوب
ولتاژ راه‌اندازی لامپ (ولت)	-	۱۸۰	-
حداقل ولتاژ عملکرد دائم (ولت)	۱۹۸	-	-
توان لامپ (وات)	-	۸۴	۸۰
ولتاژ دو سر لامپ (ولت)	۱۰۰	۱۳۰	۱۱۵
جریان لامپ (آمپر)	-	-	۰/۸

ابعاد (میلیمتر)

طول کل لامپ (حداکثر) L	قطر حباب (حداکثر) D1	قطر گردن (حداکثر) D2	طول گردن (حداقل)	سرپیچ
*	*	*	*	E26
۱۶۶	۷۱	۴۰	۳۹/۵	E27

* ابعاد در مورد E26 استاندارد نشده است.



جدول ۱۲-۳-۳- لامپ بخار جیوه پر فشار

توان نامی : ۱۲۵ وات

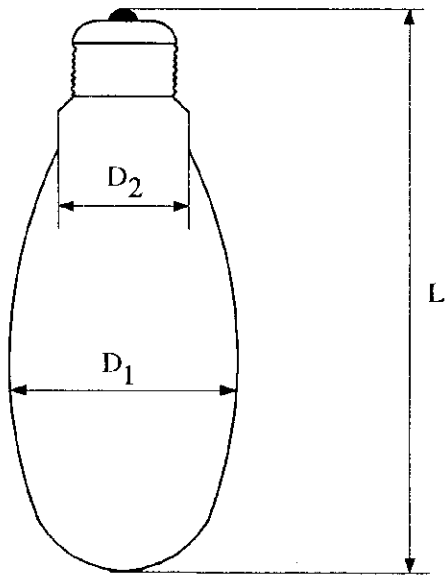
مشخصات راه‌اندازی و عملکرد دائم- فرکانس ۵۰ و ۶۰ هرتز

	حداقل	حداکثر	مطلوب
ولتاژ راه‌اندازی لامپ (ولت)	-	۱۸۰	-
حداقل ولتاژ عملکرد دائم (ولت)	۱۹۸	-	-
توان لامپ (وات)	-	۱۳۲	۱۲۵
ولتاژ دو سر لامپ (ولت)	۱۱۰	۱۴۰	۱۲۵
جریان لامپ (آمپر)	-	-	۱/۱۵

ابعاد (میلیمتر)

طول کل لامپ (حداکثر) L	قطر حباب (حداکثر) D1	قطر گردن (حداکثر) D2	طول گردن (حداقل)	سرپیچ
*	*	*	*	E26
۱۷۸	۷۶	۴۳	۴۷/۵	E27

* تحت بررسی است.



جدول ۱۲-۳-۴- لامپ بخار جیوه پر فشار

توان نامی : ۱۷۵ وات

مشخصات راه‌اندازی و عملکرد دائم- فرکانس ۵۰ و ۶۰ هرتز

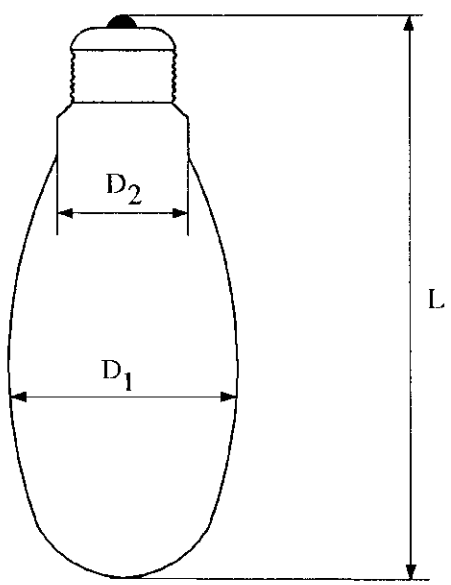
	حداقل	حداکثر	مطلوب
ولتاژ راه‌اندازی لامپ (ولت)	-	۱۹۰	-
حداقل ولتاژ عملکرد دائم (ولت)	۲۱۰	-	-
توان لامپ (وات)	-	۱۸۴	۱۷۵
ولتاژ دو سر لامپ (ولت)	۱۱۵	۱۴۵	۱۳۰
جریان لامپ (آمپر)	-	-	۱/۵

ابعاد (میلیمتر)

طول کل لامپ L(حداکثر)	قطر حباب D1(حداکثر)	قطر گردن D2(حداکثر)	طول گردن (حداقل)	سرپیچ
۲۱۱	۸۹	۵۳	*	E39
**	**	**	**	E40

* تحت بررسی است.

** ابعاد در مورد E40 استاندارد نشده است.



جدول ۱۲-۳-۵- لامپ بخار جیوه پر فشار

توان نامی : ۲۵۰ وات

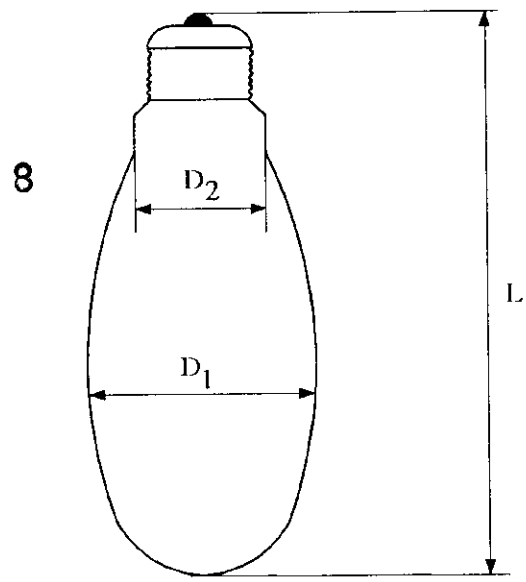
مشخصات راه‌اندازی و عملکرد دائم- فرکانس ۵۰ و ۶۰ هرتز

	حداقل	حداکثر	مطلوب
ولتاژ راه‌اندازی لامپ (ولت)	-	۱۸۰	-
حداقل ولتاژ عملکرد دائم (ولت)	۱۹۸	-	-
توان لامپ (وات)	-	۲۶۳	۲۵۰
ولتاژ دو سر لامپ (ولت)	۱۱۵	۱۴۵	۱۳۰
جریان لامپ (آمپر)	-	-	۲/۱۳

ابعاد (میلیمتر)

طول کل لامپ L(حداکثر)	قطر حباب D1(حداکثر)	قطر گردن D2(حداکثر)	طول گردن (حداقل)	سرپیچ
۲۲۸	۹۱	۵۳	*	E39
۲۲۸	۹۱	۵۳	۶۰	E40

* تحت بررسی است.



جدول ۱۲-۳-۶- لامپ بخار جیوه پر فشار

توان نامی : ۴۰۰ وات

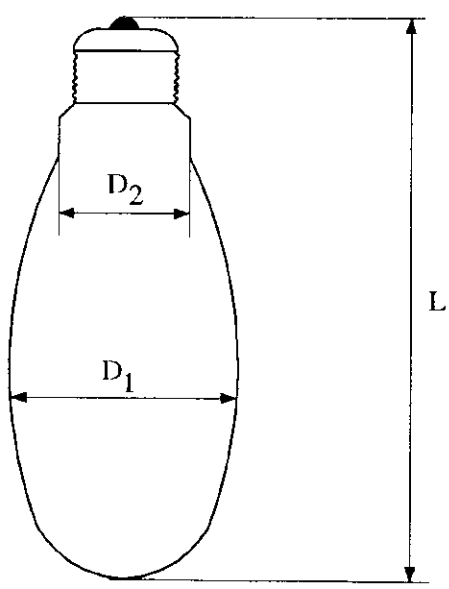
مشخصات راه‌اندازی و عملکرد دائم- فرکانس ۵۰ و ۶۰ هرتز

	حداقل	حداکثر	مطلوب
ولتاژ راه‌اندازی لامپ (ولت)	-	۱۸۰	-
حداقل ولتاژ عملکرد دائم (ولت)	۱۹۸	-	-
توان لامپ (وات)	-	۴۲۰	۴۰۰
ولتاژ دو سر لامپ (ولت)	۱۲۰	۱۵۰	۱۳۵
جریان لامپ (آمپر)	-	-	۳/۲۵

ابعاد (میلیمتر)

طول کل لامپ L(حداکثر)	قطر حباب D1(حداکثر)	قطر گردن D2(حداکثر)	طول گردن (حداقل)	سرپیچ
۲۹۲	۱۲۲	۵۸	*	E39
۲۹۲	۱۲۲	۵۸	۶۰	E40

* تحت بررسی است.



جدول ۱۲-۳-۷- لامپ بخار جیوه پر فشار

توان نامی : *۷۰۰ وات

مشخصات راه‌اندازی و عملکرد دائم- فرکانس ۵۰ و ۶۰ هرتز

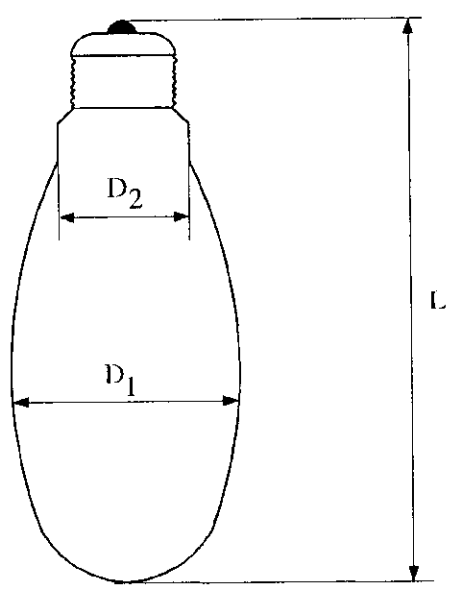
	حداقل	حداکثر	مطلوب
ولتاژ راه‌اندازی لامپ (ولت)	-	۱۸۰	-
حداقل ولتاژ عملکرد دائم (ولت)	۱۹۸	-	-
توان لامپ (وات)	-	۷۳۵	۷۰۰
ولتاژ دو سر لامپ (ولت)	۱۲۵	۱۵۵	۱۴۰
جریان لامپ (آمپر)	-	-	۵/۴

ابعاد (میلیمتر)

طول کل لامپ L(حداکثر)	قطر حباب D1(حداکثر)	قطر گردن D2(حداکثر)	طول گردن (حداقل)	سرپیچ
**	**	**	**	E39
۳۵۷	۱۵۲	۶۶	۶۰	E40

* تحت بررسی است.

** ابعاد در مورد E39 استاندارد نشده است.



جدول ۱۲-۳-۸- لامپ بخار جیوه پر فشار

توان نامی : *۱۰۰۰ وات

مشخصات راه‌اندازی و عملکرد دائم- فرکانس ۵۰ و ۶۰ هرتز

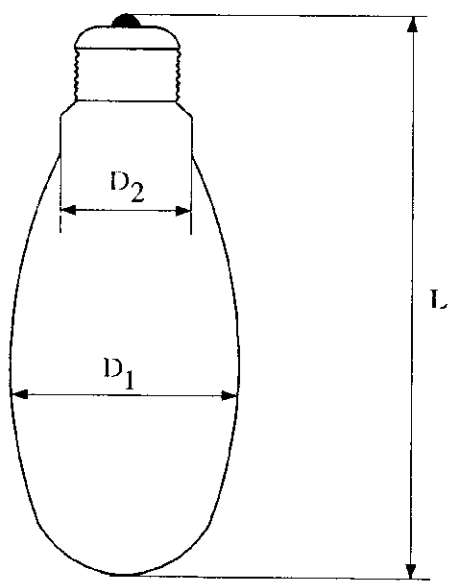
	حداقل	حداکثر	مطلوب
ولتاژ راه‌اندازی لامپ (ولت)	-	۱۸۰	-
حداقل ولتاژ عملکرد دائم (ولت)	۱۹۸	-	-
توان لامپ (وات)	-	۱۰۵۰	۱۰۰۰
ولتاژ دو سر لامپ (ولت)	۱۳۰	۱۶۰	۱۴۵
جریان لامپ (آمپر)	-	-	۷/۵

ابعاد (میلیمتر)

طول کل لامپ L(حداکثر)	قطر حباب D1(حداکثر)	قطر گردن D2(حداکثر)	طول گردن (حداقل)	سرپیچ
**	**	**	**	E39
۴۱۱	۱۶۷	۶۶	۷۰	E40

* این لامپ در ایران مورد استفاده قرار نمی‌گیرد.

** ابعاد در مورد E39 استاندارد نشده است.



۱۲-۳ مشخصات فنی و استاندارد بالاست و ایگنیتور

۱۲-۳-۱ بالاست لامپهای بخار سدیم کم فشار

۱۲-۳-۱-۱ هدف

هدف از تهیه این بخش، تعیین شرایطی است که بالاستهای القایی به منظور عملکرد صحیح مدار کامل لامپهای بخار سدیم باید دارا باشد.

۱۲-۳-۱-۲ دامنه کاربرد

این بخش، استاندارد و مشخصات فنی بالاست لامپهای بخار سدیم کم فشاری که دارای مشخصات ذکر شده در بند (۱۲-۲-۱) باشد را برای استفاده در سیستم برق متناوب ۲۳۰/۴۰۰ ولت، ۵۰ و ۶۰ هرتز در بر می‌گیرد.

۱۲-۳-۱-۳ علامتگذاری

بر روی بالاست علائم زیر باید درج شده باشد:

الف- علامت تجارتی مربوط به کارخانه سازنده، یا نام کارخانه سازنده و یا نام شرکت فروشنده

ب- نوع بالاست

ج- ولتاژ، جریان و فرکانس تغذیه

د- توان اسمی لامپ و یا در صورت لزوم ذکر لامپ یا لامپهایی که بالاست برای آن طراحی شده است. در شرایطی که بالاست برای استفاده با بیش از یک لامپ طراحی شده باشد، تعداد و توان اسمی لامپها باید مشخص شود.

هـ- علامت IP22 (مطابق با استاندارد IEC شماره ۱۴۴ مرجع شماره [۲۸]) و یا نماد ▲ برای بالاست نوع ضدنفوذ آب

و- نماد برای بالاست نوع مستقل

۱۲-۳-۱-۴ ساختمان بالاست

۱۲-۳-۱-۴-۱ طراحی بالاست باید به نحوی باشد که اثر رطوبت هوا و تغییرات حرارت، برروی کار آن حداقل باشد.

۱۲-۳-۱-۴-۲ بالاست نوع مستقل که برای نصب روی قسمت اصلی پایه‌های روشنایی به کار می‌رود باید به نحوی طراحی شود که در صورت نصب صحیح روی پایه شرایط زیر را برآورده نماید:

الف- آلودگی ایجاد شده روی سطح بالاست نباید به ترمینالها منتقل شود.

ب- هیچ گونه شکاف یا حفره‌ای که رطوبت بتواند در آن جمع شود، نداشته باشد.

ج- ترمینالها باید در دسترس و مشخص باشد.

۱۲-۳-۱-۴-۳ تجهزات و وسایل محکم‌کننده باید به حد کافی برای نصب بالاست پیش‌بینی شده باشد.

۱۲-۳-۱-۵ ترمینالهای بالاست

۱۲-۳-۱-۵-۱ سطح مقطع هادیهایی که به ترمینالها متصل می‌شود باید بین ۰/۷۵ تا ۲/۵ میلیمتر مربع باشد.

۱۲-۳-۱-۵-۲ در شرایطی که یک بالاست بیش از دو ترمینال داشته باشد (بدون احتساب ترمینال زمین)، ترمینالها و ولتاژ اسمی آن باید کاملاً مشخص شده باشد. این امر می‌تواند به شکل شماره‌گذاری، یا با استفاده از حروف و یا رنگهای مختلف برای ترمینالها انجام شود.

۱۲-۳-۱-۵-۳ ترمینال زمین (در صورت وجود) باید کاملاً مشخص باشد.

۱۲-۳-۱-۵-۴ ترمینالها باید به نحوی طراحی شده باشد که هسته هادی بین دو سطح فلزی آن قرار گرفته و اتصال با فشار کافی به گونه‌ای که به هادی صدمه نزند برقرار شود.

۱۲-۳-۱-۵-۵ ترمینالها باید به گونه‌ای طراحی شده باشد که هادی در هنگام محکم نمودن پیچ از داخل ترمینال به بیرون نلغزد. همچنین ترمینالها نباید برای اتصال هادیهای مخصوص طراحی شده باشد.

۱۲-۳-۱-۵-۶ هر ترمینالی که برای اتصال خارجی پیش بینی شده است باید به گونه‌ای در بالاست قرار گیرد که در صورت اتصال صحیح هادی به آن، ریسک ایجاد اتصال تصادفی بین قسمتهای برقدار با پلاریته مختلف و یا بین قسمتهای برقدار و قسمتهای فلزی وجود نداشته باشد.

۱۲-۳-۱-۵-۷ محل ترمینالهای خارجی باید به گونه‌ای باشد که اتصال هادی به آن به راحتی امکان‌پذیر بوده و در صورتی که ترمینالها پوشش داشته باشد، محکم کردن پوشش به هادی صدمه نزند.

۱۲-۳-۱-۵-۸ ترمینال زمین (در صورت وجود) باید از نوعی باشد که هادی توسط پیچ در آن محکم شود. این ترمینال باید نزدیک ترمینالهای اصلی قرار داشته و با علامت (⏚) مشخص شده باشد. اتصال کامل الکتریکی بین قطعات فلزی و ترمینال زمین باید وجود داشته باشد. فلز ترمینال زمین باید در مقابل خوردگی ناشی از اتصال با مس هادی زمین، کاملاً مقاوم باشد.

۱۲-۳-۱-۵-۹ پیچ یا دیگر قطعات ترمینال زمین باید از برنج و یا دیگر مواد ضدزنگ ساخته شده باشد. و سطوح اتصال باید از فلز بدون پوشش باشد. باز کردن پیچ ترمینال بدون استفاده از ابزار نباید امکان‌پذیر باشد.

۱۲-۳-۱-۵-۱۰ از ترمینال زمین فقط برای زمین کردن بالاست باید استفاده شود.

۱۲-۳-۱-۶ مشخصات الکتریکی

در صورتی که بالاست برای کار تحت ولتاژهای تغذیه مختلف طراحی شده باشد، باید کلیه شرایط کار مربوط به هر یک از ولتاژهای تعیین شده را، داشته باشد.

۱۲-۳-۱-۷ استاندارد بالاست

بالاست لامپهای بخار سدیم کم فشار باید شرایط ذکر شده در استانداردIEC شماره ۴۵۹ را دارا باشد [۲۱].

۱۲-۳-۲ بالاست و ایگنیتور لامپهای بخار سدیم پرفشار

برای راه‌اندازی و عملکرد مطمئن لامپهای بخار سدیم پرفشار، بالاست و ایگنیتور لامپ باید دارای شرایط زیر باشد.

۱۲-۳-۲-۱ ولتاژ مدار باز

حداقل ولتاژ موثر مدار باز در فرکانس ۵۰ هرتز باید ۱۹۸ ولت باشد.

۱۲-۳-۲-۲ مشخصات پالس راه انداز

۱۲-۳-۲-۲-۱ ایگنیتور باید لامپ را مطابق آزمون راه اندازی لامپ که در برگه مشخصات لامپ توضیح داده شده است، روشن نماید.

۱۲-۳-۲-۲-۲ ارتفاع پالس باید متناسب با اطلاعات بالاست لامپ، که در برگه مشخصات لامپ ذکر شده است، باشد.

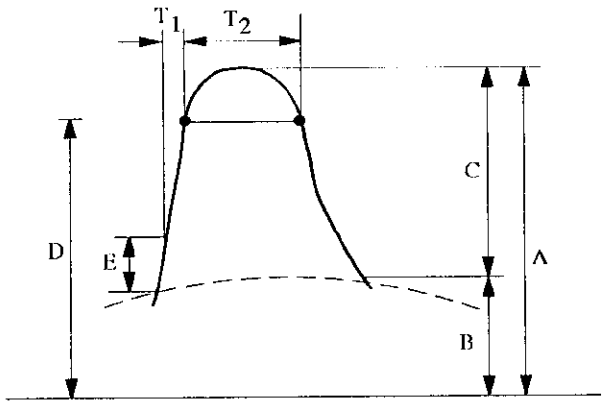
۱۲-۳-۲-۲-۳ در طراحی و انتخاب ایگنیتور باید به مسأله تضعیف پالس بر اثر وجود کابل رابط بین ایگنیتور و لامپ توجه نمود.

۱۲-۳-۲-۲-۴ عموماً پالسی با پیک مثبت ۲۸۰۰ ولت که به ازای ولتاژ ۲۵۰۰ ولت دارای پهنای یک میکروثانیه باشد، برای راه‌اندازی لامپ مناسب است.

۱۲-۳-۲-۲-۵ زمانی که نرخ تکرار پالس کمتر از یک در هر سیکل ولتاژ باشد، پهنای پالس باید افزایش یابد.

۱۲-۳-۲-۳ شکل موج پالس ولتاژ راه انداز

شکل موج پالس ولتاژ راه‌انداز باید به صورت نشان داده شده در شکل (۱۲-۱) باشد.



A : ارتفاع پالس
B : ۱۹۸ $\sqrt{۲}$
C : A - B
D : ۰/۹ A
E : ۰/۳ C
T1 : زمان صعود
T2 : زمان تداوم

شکل ۱۲-۱- شکل موج پالس ولتاژ راه‌انداز لامپهای بخار سدیم پرفشار

۱۲-۳-۲-۴ مشخصات پالس ولتاژ راه‌انداز برای لامپهای ۱۰۰، ۱۵۰، ۲۵۰ و ۴۰۰ وات

۱۲-۳-۲-۴-۱ مشخصات پالس ولتاژ راه‌انداز برای لامپهای ۱۰۰ و ۱۵۰ وات بخار سدیم پرفشار به شرح زیر است:

ارتفاع پالس : ۲۵ ± ۲۷۷۵ ولت

شکل موج : سینوسی

جهت : یک پالس مثبت در نیم سیکل مثبت موج ولتاژ

اختلاف فاز : ۹۰ درجه با ولتاژ مدار باز

حداکثر زمان صعود (T_1) : ۱ میکروثانیه

زمان تداوم پالس(T_2) : ۰/۰۵ + ۱/۹۵ میکروثانیه

نرخ تکرار : یک پالس در یک سیکل

۱۲-۳-۲-۴-۲ مشخصات پالس ولتاژ راه‌انداز برای لامپهای ۲۵۰ و ۴۰۰ وات بخار سدیم پرفشار به شرح زیر است:

ارتفاع پالس : ۲۵ ± ۲۷۷۵ ولت

شکل موج : سینوسی

جهت : یک پالس مثبت در نیم سیکل مثبت موج ولتاژ

اختلاف فاز : ۸۰ تا ۹۰ درجه با ولتاژ مدار باز

حداکثر زمان صعود (T_1) : ۰/۶ میکروثانیه

زمان تداوم پالس (T_2) : ۰/۰۵ ± ۰/۹۵ میکروثانیه

نرخ تکرار : یک پالس در یک سیکل

۱۲-۳-۳ بالاست لامپهای بخار جیوه پرفشار

۱۲-۳-۳-۱ دامنه کاربرد

این بخش، استاندارد و مشخصات فنی بالاست لامپهای بخار جیوه پرفشاری که دارای مشخصات ذکر شده در بند (۱۲-۲-۳) می‌باشد را برای استفاده در سیستم برق متناوب ۲۳۰/۴۰۰ ولت، ۵۰ و ۶۰ هرتز در بر می‌گیرد.

۱۲-۳-۳-۲ علامتگذاری

بر روی بالاست علائم زیر باید درج شده باشد:

الف- علامت تجارتی مربوط به کارخانه سازنده، یا نام کارخانه سازنده و یا نام شرکت فروشنده

ب- نوع بالاست

ج- ولتاژ، جریان و فرکانس تغذیه

د- توان اسمی لامپ و یا در صورت لزوم ذکر لامپ یا لامپهایی که بالاست برای آن طراحی شده است. در شرایطی که بالاست برای استفاده با بیش از یک لامپ طراحی شده باشد، تعداد و توان اسمی لامپها باید مشخص شود.

هـ- نماد ◆ برای بالاست ضد نفوذ آب

و- نماد برای بالاست مستقل

۱۲-۳-۳-۳ ترمینالها

۱۲-۳-۳-۳-۱ در شرایطی که یک بالاست بیش از دو ترمینال داشته باشد (بدون احتساب ترمینال زمین)، ترمینالها و ولتاژ اسمی آن باید کاملاً مشخص شده باشد. این امر می‌تواند توسط شماره‌گذاری، یا استفاده از حروف و یا رنگهای مختلف برای ترمینالها انجام شود.

۱۲-۳-۳-۳-۲ ترمینال زمین (در صورت وجود) باید کاملاً مشخص باشد.

۱۲-۳-۳-۳-۳ ترمینال زمین (در صورت وجود) باید از نوعی باشد که هادی زمین توسط پیچی که در شرایط بهره‌برداری از بالاست شل نشود به آن متصل گردد. این ترمینال باید با علامت مشخص شده (⏚) و با قسمتهای فلزی بالاست دارای اتصال کافی بوده و جنس آن نیز از نوعی باشدکه در اثر تماس با هادی مسی دچار خوردگی نشود.

۱۲-۳-۳-۳-۴ سطح مقطع هادیهائی که به ترمینالها متصل می‌شود باید طبق جدول (۱۲-۴) باشد:

جدول ۱۲-۴- حدود سطح مقطع هادیهایی که به ترمینالها متصل می‌شود.

توان نامی (وات)	سطح مقطع هادی	
	mm^2	in^2
۵۰ ۸۰ ۱۲۵	۰/۷۵-۲/۵	۰/۰۰۱۲-۰/۰۰۳۹
۱۷۵ ۲۵۰ ۴۰۰ ۷۰۰ ۱۰۰۰ ۲۰۰۰	۱/۵-۴	۰/۰۰۲۳-۰/۰۰۶۲

۱۲-۳-۳-۴ ساختمان بالاست

۱۲-۳-۳-۴-۱ طراحی بالاست باید به گونه‌ای باشد که اثرات رطوبت هوا و تغییرات حرارت بر روی کار آن حداقل باشد.

۱۲-۳-۳-۴-۲ یک بالاست مستقل که برای نصب روی قسمت اصلی پایه‌های روشنایی به کار می‌رود. باید به نحوی طراحی شود که در صورت نصب صحیح روی پایه شرایط زیر را برآورده نماید:

الف- آلودگی ایجاد شده روی سطح بالاست نباید به ترمینالها منتقل شود.

ب- هیچ‌گونه شکاف یا حفره‌ای که رطوبت بتواند در آن جمع شود نداشته باشد.

ج - ترمینالها باید در دسترس و مشخص باشد.

۱۲-۳-۳-۵ محکم‌کننده‌ها

تجهیزات و وسایل محکم‌کننده بالاست باید به حد کافی برای بالاست پیش‌بینی شده باشد.

۱۲-۳-۳-۶ مشخصات الکتریکی

۱۲-۳-۳-۶-۱ در صورتی که یک بالاست برای کار تحت ولتاژهای تغذیه مختلف طراحی شده باشد، باید کلیه شرایط کار مربوط به هر یک از ولتاژهای تعیین شده را، داشته باشد.

۱۲-۳-۳-۶-۲ در شرایطی که بالاست تحت فرکانس نامی و ولتاژی بین ۹۲٪ و ۱۰۶٪ ولتاژ نامی آن قرار گیرد، حداقل ولتاژ مدار باز آن باید مطابق با مقادیر ذکر شده در جدول (۱۲-۵) باشد.

جدول ۱۲-۵- حداقل ولتاژ مدار باز بالاست (فرکانس کار لامپ، ۵۰ هرتز)

توان اسمی (وات)	حداقل ولتاژ مدار باز (ولت)
۵۰	۱۹۸
۸۰	۱۹۸
۱۲۵	۱۹۸
۲۵۰	۱۹۸
۴۰۰	۱۹۸
۷۰۰	۱۹۸
۱۰۰۰	۱۹۸
۲۰۰۰	۳۴۰

۱۲-۳-۳-۷ استاندارد بالاست

بالاست لامپهای بخار جیوه پرفشار باید شرایط ذکر شده در استاندارد IEC شماره ۲۶۲ را دارا باشد [۲۹].

۱۲-۴ مشخصات فنی و استاندارد خازنهای تصحیح‌کننده ضریب توان

۱۲-۴-۱ دامنه کاربرد

این بخش، مشخصات فنی و استاندارد خازنهای AC، با قدرت راکتیو حداکثر ۲/۵ کیلووار و ظرفیت بیش از ۰/۱ میکروفاراد و ولتاژ اسمی کمتر از ۱۰۰۰ ولت که در مدارهای لامپهای تخلیه با فرکانس ۵۰ و ۶۰ هرتز به کار می‌رود را در بر می‌گیرد. این خازنها، شامل خازنهایی است که به شکل سری یا موازی و به منظور تصحیح ضریب توان، در مدار لامپهای تخلیه استفاده می‌شود. دی‌الکتریک خازنهای مورد بحث باید از جنس کاغذ، لایه پلاستیک و یا ترکیبی از آن دو باشد. همچنین الکترودهای آن باید فلزی و یا دارای پوشش فلزی باشد. این خازنها باید شرایط ذکر شده در استاندارد IEC شماره ۵۶۶ را دارا باشد [۲۵].

۱۲-۴-۲ تعریفها

۱۲-۴-۲-۱ ولتاژ نامی

مقدار موثر ولتاژ سینوسی، که روی خازن ذکر می‌شود، ولتاژ نامی آن است.

۱۲-۴-۲-۲ حداکثر درجه حرارت نامی

حداکثر درجه حرارتی که گرمترین قسمت بدنه خازن در هنگام کار می‌تواند به آن برسد، حداکثر درجه حرارت نامی خازن است.

۱۲-۴-۲-۳ حداقل درجه حرارت نامی

حداقل دمایی که هر قسمت از بدنه خازن باید داشته باشد تا بتوان آن را برقدار نمود حداقل درجه حرارت نامی خازن است.

۱۲-۴-۲-۴ مقاومت تخلیه

مقاومتی که برای کاهش ضربه الکتریکی ناشی از بار ذخیره شده در خازن در دو سر آن بسته می‌شود مقاومت تخلیه نام دارد.

۱۲-۴-۲-۵ تغییر ظرفیت خازن با تغییرات دما

نرخ تغییر ظرفیت خازن با درجه حرارت، که در حداکثر و حداقل درجه حرارت نامی اندازه‌گیری می‌شود، بیانگر تغییرات ظرفیت با تغییرات درجه حرارت است که برحسب درصد بیان می‌شود.

۱۲-۴-۲-۶ تانژانت زاویه تلفات (tgδ)

تانژانت زوایه تلفات برابر است با نسبت قدرت تلف‌شده در خازن، به قدرت راکتیو آن تحت ولتاژ سینوسی با فرکانس مشخص.

۱۲-۴-۳ مشخصات مکانیکی

خازنها باید دارای استحکام مکانیکی کافی بوده و به نحوی طراحی و ساخته شود که در هنگام کار اثرات رطوبت و تغییرات دمای محیط در آن حداقل

باشد. قسمتهای فلزی که در معرض هوا قرار دارد باید از مواد غیرآهنی ساخته شود و در غیر این صورت باید در مقابل زنگ‌زدگی محافظت شود.

۱۲-۴-۴ اتصالات

اتصال به خازن باید از طریق ترمینال (با استفاده از پیچ یا لحیم) انجام گیرد. ترمینالها باید متناسب با ظرفیت خازن قابلیت پذیرش سیمهای هادی را داشته باشد.

طراحی و مواد به کار رفته برای ساخت ترمینالها باید به گونه‌ای باشد که اتصالات، تحت شرایط کارعادی شل و یا داغ نشود و از نظر الکتریکی و مکانیکی پایدار و مستحکم باشد.

بدنه خازن در صورتی که فلزی باشد باید مجهز به ترمینال زمین بوده و یا قابلیت زمین شدن توسط تجهیزات مربوطه را داشته باشد. در حالت اخیر قسمتی از بدنه که توسط کلمپ به زمین متصل می‌شود نباید دارای رنگ و یا دیگر مواد عایق باشد.

۱۲-۴-۵ تحمل ولتاژ

خازنها باید قابلیت تحمل ولتاژی که از ۱۱۰ درصد ولتاژ نامی (در محدوده درجه حرارت نامی) آن تجاوز نکند را برای زمان طولانی داشته باشد.

۱۲-۴-۶ فیوز

در صورتی که از فیوز داخلی خازن استفاده شود، فیوز باید به حد کافی، برای جلوگیری از وقوع اتصالی با بدنه فلزی، محافظت و عایقبندی شده باشد.

۱۲-۴-۷ مقاومت تخلیه

برای هر خازن تصحیح ضریب قدرت باید از مقاومت تخلیه در دو سر آن استفاده شود. این مقاومت باید بتواند پیک ولتاژ متناوب (AC) دو سر خازن را، پس از قطع مدار تغذیه آن، در طی یک دقیقه به ۵۰ ولت و یا کمتر

برساند.

۱۲-۴-۸ علامتگذاری

علائم زیر باید به صورت خوانا روی خازن درج شده باشد:

الف- نام یا علامت تجارتی کارخانه سازنده و یا شرکت فروشنده

ب- شماره کاتالوگ یا مدل کارخانه سازنده

ج- ظرفیت نامی و حدود تغییرات آن

د- ولتاژ نامی

هـ- در صورتی که از مقاومت تخلیه استفاده شده است، علامت

و- در صورتی که از فیوز استفاده شده است، علامت

ز- فرکانس نامی یا حدود آن

ح- حداکثر و حداقل درجه حرارت نامی

ط- تاریخ تولید

ی- برای خازنهای با دی الکتریک پلاستیک و الکترود فلزی با ولتاژ نامی تا ۲۵۰ ولت، که حداکثر درجه حرارت نامی آن کمتر از ۸۵ درجه سانتیگراد باشد، حرف D

۱۲-۴-۹ انتخاب ظرفیت خازن

۱۲-۴-۹-۱ خازن تصحیح ضریب توان باید در کلیه چراغهای روشنایی معابر با لامپهای تخلیه گازی، پیش بینی و نصب شود. ظرفیت این خازن باید طوری انتخاب گردد که ضریب توان مجموعه چراغ (شامل لامپ، بالاست، خازن و غیره) از ۰/۸۵ کمتر نباشد.

۱۲-۴-۹-۲ برای انتخاب ظرفیت خازن مورد نیاز از رابطه (۱۲-۱) ممکن است استفاده شود:

$$Q_c = P\,(\tan \phi_1 - \tan\phi_2) \qquad (۱-۱۲)$$

در این رابطه:

$Q_c = (VAR)$: ظرفیت راکتیو خازن مورد نیاز

$P = (W)$: توان اکتیو مصرفی مجموعه چراغ

$\cos \phi_1$: ضریب توان مجموعه چراغ قبل از نصب خازن

$\cos \phi_2$: ضریب توان مجموعه چراغ پس از نصب خازن

از رابطه بالا، ظرفیت راکتیو خازن مورد نیاز برای اصلاح ضریب توان از مقدار $\cos \phi_1$ به مقدار $\cos \phi_2$ بدست می‌آید.

۱۲-۵ مشخصات فنی و استاندارد چراغ

۱۲-۵-۱ دامنه کاربرد

این بخش، مشخصات فنی و استاندارد چراغهایی که همراه با لامپهای رشته‌ای، فلورسنت و دیگر لامپهای تخلیه و تجهیزات جانبی آن به کار برده شده و با ولتاژ کمتر از ۱۰۰۰ ولت تغذیه می‌شود را در برمی‌گیرد. این چراغها باید شرایط ذکر شده در استاندارد IEC شماره ۵۹۸ را دارا باشد[۱۴].

۱۲-۵-۲ تعریفها

تعریفهای اصطلاحات مختلف مربوط به چراغها در این قسمت ذکر می‌شود. در هر کجا که از ولتاژ و جریان صحبت می‌شود منظور مقادیر موثر آن است.

۱۲-۵-۲-۱ چراغ

وسیله‌ای که شار نوری یک یا چند لامپ را توزیع، فیلتر و یا تبدیل می‌نماید و از قسمتهای مختلفی برای نگهداری، محکم کردن و حفاظت لامپ و تجهیزات جانبی آن تشکیل شده است.

۱۲-۵-۲-۲ چراغ معمولی

به چراغی اطلاق می‌شود که در برابر گرد و خاک و رطوبت حافظت خاصی برای آن پیش‌بینی نشده باشد.

۱۲-۵-۲-۳ چراغ چند منظوره

به چراغی گفته می‌شود که برای هدف خاصی طراحی نشده باشد.

۱۲-۵-۲-۴ چراغ قابل تنظیم

چراغی است که قسمتی از آن توسط اتصالات یا تجهیزاتی، قابل حرکت و یا چرخش است.

۱۲-۵-۲-۵ چراغ ثابت

چراغی است که به راحتی نمی‌توان آن را جابجا نمود. این چراغها معمولاً برای اتصال دائمی به یک منبع تغذیه طراحی می‌شود.

۱۲-۵-۲-۶ چراغ قابل حمل

به چراغی گفته می‌شود که می‌توان آن را در زمانی که متصل به منبع تغذیه است جابه‌جا نمود.

۱۲-۵-۲-۷ ولتاژ نامی

ولتاژ یا ولتاژهایی است که توسط سازنده برای چراغ تعیین شده است.

۱۲-۵-۲-۸ وات نامی

تعداد و قدرت نامی لامپهایی است که چراغ برای آن طراحی شده است.

۱۲-۵-۲-۹ حداکثر دمای نامی محیط

حداکثر دمایی است که شرایط کار عادی چراغ در آن می‌تواند حفظ شود و توسط سازنده تعیین می‌شود.

۱۲-۵-۳ علامتگذاری

اطلاعات مشخصی که باید روی چراغ حک شود شامل موارد زیر است:

۱۲-۵-۳-۱ کارخانه سازنده

یک علامت تجارتی و یا علامت مربوط به کارخانه سازنده باید روی چراغ حک شده باشد.

۱۲-۵-۳-۲ ولتاژ نامی

ولتاژ یا ولتاژهای نامی چراغ باید روی آن حک شود.

۱۲-۵-۳-۳ حداکثر درجه حرارت نامی محیط

در صورتی که حداکثر درجه حرارت نامی محیط غیر از ۲۵^{o} C باشد، باید روی چراغ حک شود.

۱۲-۵-۳-۴ طبقه‌بندی چراغ بر اساس نوع حفاظت

طبقه‌بندی چراغ براساس نوع حفاظت در مقابل شوک الکتریکی و یا درجه حفاظت در مقابل ورود گرد و خاک و رطوبت باید روی چراغ مشخص شده باشد.

۱۲-۵-۳-۵ شماره مدل و نوع چراغ

شماره مدل و نوع چراغ توسط سازنده باید روی چراغ مشخص شده باشد.

۱۲-۵-۳-۶ توان نامی لامپ (لامپها) به وات

نوع، تعداد و توان لامپهایی که قابل استفاده در چراغ است باید روی چراغ مشخص شده باشد.

۱۲-۵-۳-۷ زاویه نصب

حدود مجاز زاویه نصب چراغ نسبت به محور افق باید مشخص شده باشد. هر قدر این زاویه بیشتر باشد شدت روشنایی در نقاطی از معبر که بیشترین فاصله را از چراغ دارد بیشتر می‌شود.

۱۲-۵-۳-۸ وزن

وزن چراغ و ملحقات آن باید مشخص شده باشد.

۱۲-۵-۳-۹ ابعاد

ابعاد قسمتهای مختلف چراغ باید مشخص شده باشد.

۱۲-۵-۳-۱۰ ناحیه‌ای که تحت فشار باد قرار می‌گیرد

در صورت نیاز، برای ارتفاع نصب بیش از ۸ متر، حداکثر سطحی از چراغ که تحت فشار باد قرار می‌گیرد باید مشخص شود.

۱۲-۵-۴ اعداد مربوط به کدهای حفاظتی

دو نوع طبقه‌بندی در این زمینه وجود دارد که به ترتیب عبارتند از:

۱۲-۵-۴-۱ حفاظت اشخاص

در این طبقه‌بندی، حفاظت اشخاص در صورت تماس و یا نزدیک شدن به قسمتهای برقدار چراغ و همچنین حفاظت چراغ در مقابل ورود اشیاء صلب خارجی مورد نظر است.

۱۲-۵-۴-۲ حفاظت در مقابل ورود آب

در این طبقه‌بندی، حفاظت چراغ در مقابل نفوذ قطرات آب به داخل آن موردنظر است.

۱۲-۵-۴-۳ شرح علائم

علائم نشان‌دهنده درجه حفاظت از دو حرف (IP) که به دنبال آن دو رقم قرار می‌گیرد تشکیل می‌شود. رقم اول بیانگر درجه حفاظت اشخاص و رقم دوم بیانگر درجه حفاظت در مقابل ورود قطرات آب به داخل چراغ است [۱۳]. توضیحات مربوط به ارتباط درجه حفاظت با ارقام مذکور، در جداول (۱۲-۶) و (۱۲-۷) آورده شده است.

۱۲-۵-۴-۴ حداقل حفاظت در برابر ورود قطرات آب

چراغهایی که در سیستم روشنایی معابر به کار می‌رود باید از حداقل درجه حفاظت 3 (IPX3) برخوردار باشد.

۱۲-۵-۵ حفاظت در برابر خوردگی

چراغهای مورد استفاده در معابر و در محلهای با رطوبت زیاد باید مقاومت کافی در برابر خوردگی داشته باشد. باید توجه داشت که گازهای خورنده‌ای مانند دی اکسید گوگرد در هوا وجود دارد که در صورت مرطوب بودن هوا، در دراز مدت اثرات خوردگی ایجاد می‌کند.

محفظه بیرونی چراغ همواره بیش از قسمت داخلی آن در معرض خوردگی قرار دارد. موادی که مقاومت کافی در برابر خوردگی دارد و بهتر است از آن در ساخت چراغ استفاده شود عبارتند از :

الف- مس و برنز، یا برنج که بیش از ۸۰ درصد مس داشته باشد.

ب- فولاد ضدزنگ

ج- آلومینیوم (ورق، تزریقی یا ریخته‌گری شده) یا روی دایکاست (تزریقی تحت فشار).

د- آهن ریخته‌گری شده یا چکش‌خوار (نرم) با ضخامت حداقل ۳/۲ میلیمتر که دارای پوششی از روی به ضخامت حداقل ۰/۰۵ میلیمتر روی سطح خارجی آن باشد.

هـ- ورق فولادی با پوشش روی به ضخامت حداقل ۰/۰۲ میلیمتر

و- مواد پلیمری و پلاستیک.

باید توجه شود تا قطعات فلزی که در تماس با یکدیگر خوردگی الکترولیتی ایجاد می‌کند در مجاورت هم قرار نگیرد. بعنوان مثال، برنج یا دیگر آلیاژهای مس نباید در تماس با آلومینیوم وآلیاژهای آن باشد در حالی که هر یک از این دو گروه را می‌توان با فولاد ضدزنگ در تماس قرار داد بدون آنکه پدیده خوردگی الکترولیتی اتفاق افتد.

مواد پلاستیکی باید از انواعی انتخاب شود که مشخصات آن پس از کارکرد تغییر نکند مانندآکریلیک. مواد سلولوزی عموماً" برای محلهایی که رطوبت

بالایی دارد مناسب نمی‌باشد. همچنین موادی مانند پلی استرن، که برای استفاده در داخل مناسب است، در محیط آزاد بازده خوبی نداشته و تحت تأثیر رطوبت و تابش خورشید مشخصات خود را از دست می‌دهد.

۱۲-۵-۶ حفاظت در برابر خوردگی در محلهایی که گازهای شیمیایی وجود دارد

چراغهایی که در محلهایی با وجود گازها یا بخارات شیمیایی خورنده به کار گرفته می‌شود، باید علاوه بر مشخصات ذکر شده در بند (۱۲-۵-۵)، نکات زیر نیز در مورد آن رعایت شود:

الف- عموماً چراغهایی که بدنه آن با ریخته‌گری یک فلز مقاوم در برابر خوردگی ساخته شود بهتر از چراغهایی است که از ورق فلزی ساخته شده باشد.

ب- فلزی که در ساخت چراغ استفاده می‌شود باید نسبت به گازهای شیمیایی خورنده‌ای که در محل نصب چراغ وجود دارد مقاوم باشد. برای اغلب موارد استفاده از آلومینیوم دایکاست (تزریقی تحت فشار) نتیجه خوبی دارد.

ج- رنگ و سایر سیستمهای محافظ نیز باید نسبت به گازهای شیمیایی خورنده‌ای که در محل نصب چراغ وجود دارد مقاوم باشد. بعنوان مثال رنگهایی که مقاومت بالایی در برابر اسید دارد نمی‌تواند در مقابل بعضی از آلکیلها مقاومت کند.

د- پلاستیکها مانند آکریلیک، پی‌وی‌سی و پلی استرن در برابر اغلب اسیدهای غیرآلی و آلکیلها مقاوم است ولی در برابر تعدادی از اسیدهای آلی مایع و بخار چندان مقاوم نمی‌باشد و میزان مقاومت آن بستگی به نوع اسید و نوع پلاستیک دارد. بنابراین در این موارد نوع پلاستیک باید باتوجه به گازهای شیمیایی موجود در محل نصب چراغ انتخاب شود.

هـ- مواد شیشه‌ای لعابدار در برابر اغلب گازهای شیمیایی خورنده مقاوم است. البته باید توجه داشت که پوشش لعاب باید کاملاً یکدست، صاف و بدون درز و خلل و فرج باشد.

۱۲-۵-۷ حباب چراغ

حباب چراغ باید از جنسی باشد که در دمای بالای ناشی از لامپ، قابلیت کار مداوم را داشته باشد همچنین در ساخت آن باید از موادی استفاده شود که در اثر شکسته شدن، به ذرات ریز با گوشه‌های گرد و غیر برنده تبدیل شود. قابلیت عبور نور از حباب نیز نباید از ۰/۸۵ کمتر باشد.

۱۲-۵-۸ منعکس‌کننده

منعکس‌کننده باید از جنس آلومینیوم (پرداخت شده و یا آندیک) باشد و ضریب انعکاس آن نباید از ۰/۶۵ کمتر باشد.

۱۲-۵-۹ راندمان چراغ

نسبت کل شار نوری خارج شده از چراغ به شار نوری تولید شده توسط لامپ داخل چراغ را راندمان چراغ گویند. راندمان چراغ نباید از ۰/۵۵ کمتر باشد.

۱۲-۵-۱۰ سایر مشخصات عمومی

علاوه بر توصیه‌های ذکر شده در این بخش، سایر مشخصات عمومی مربوط به چراغهای روشنایی معابر و طریقه نصب آن باید بر اساس توصیه‌های بخش ۴ از فصل چهارم مرجع شماه [۹] انتخاب شود.

۱۲-۵-۱۱ اطلاعت سازنده

سازنده چراغ علاوه بر موارد قید شده در بند (۱۲-۵-۳) حداقل، اطلاعات زیر را نیز باید ارائه نماید:

الف- ضریب بهره یا راندمان چراغ (مطابق با تعریف بند ۱۲-۵-۹)

ب- درصد خروج بسمت پایین نور از چراغ (مطابق با تعریف بند ۵-۲-۴)

ج- جداول شدت نور چراغ (مطابق با توصیه‌های بند ۳-۱۲-۶)

د- منحنی ضریب بهره (مطابق با تعریف بند ۱-۲-۳۳)

هـ- توان مصرف لامپ با چوک در نقطه کار نامی

و- ضریب توان لامپ با چوک در نقطه کار نامی

ز- ضریب بهره نوری لامپ با چوک در نقطه کار نامی

کلیه اطلاعات ارائه شده توسط سازنده، باید به صورت نتایج آزمایشی باشد که در مورد چراغ و در یک آزمایشگاه روشنایی معتبر صورت گرفته است.

جدول ۱۲-۶- درجه حفاظت که توسط اولین رقم بعد از IP مشخص می‌شود.

اولین رقم بعد از IP	درجه حفاظت
۰	حفاظت نشده
۱	حفاظت در برابر اشیاء صلب خارجی با قطر بیش از ۵۰ میلیمتر
۲	حفاظت در برابر انگشتان و یا موارد مشابه با طول کمتر از ۸۰ میلیمتر، حفاظت در برابر اشیاء صلب خارجی با قطر بیش از ۱۲ میلیمتر
۳	حفاظت در برابر سیم و ابزارآلات با قطر یا ضخامت بیش از ۲/۵ میلیمتر، حفاظت در برابر اجسام صلب خارجی با قطر بیش از ۲/۵ میلیمتر
۴	حفاظت در برابر سیمهای با ضخامت بیش از یک میلیمتر، حفاظت در برابر اجسام صلب خارجی با قطر بیش از یک میلیمتر
۵	حفاظت در برابر ورود گرد و خاک به داخل چراغ تا حدی که مانع کار عادی آن نشود.
۶	حفاظت کامل در برابر ورود گرد و خاک

جدول ۱۲-۷- درجه حفاظت که توسط دومین رقم بعد از IP مشخص می‌شود.

دومین رقم بعد از IP	درجه حفاظت
۰	حفاظت نشده
۱	حفاظت در برابر قطرات آب ناشی از رطوبت هوا که به صورت عمودی به محفظه چراغ برخورد می‌کند.
۲	حفاظت در برابر چکیدن قطرات آب در صورتی که چراغ حداکثر زاویه ۱۵ درجه با محور قائم ساخته باشد.
۳	حفاظت در برابر بارش باران در صورتی که حداکثر تحت زاویه ۶۰ درجه نسبت به محور قائم به چراغ برخورد کند.
۴	حفاظت در برابر ترشح آب از هر سمت
۵	حفاظت در برابر فوران آب از طریق یک نازل از هر سمت
۶	حفاظت در برابر ورود آب دریای مواج به داخل محفظه
۷	حفاظت کامل در برابر ورود آب به داخل محفظه در شرایط غوطه‌ور شدن در آب به مدت مشخص و تحت فشار مشخص آب
۸	حفاظت در برابر ورود آب به داخل محفظه در شرایط غوطه‌ور شدن در آب به صورت دائمی و تحت فشار مشخص آب

فصل سیزدهم

مشخصات فنی و استاندارد پایه‌های روشنایی معابر، متعلقات و روش نصب آن

مقدمه

این فصل، حاوی مشخصات فنی و استاندارد انواع پایه‌های مورد استفاده در روشنایی معابر (اعم از فولادی، آلومینیومی و بتنی) و چگونگی نصب آن (به صورت دفن در زمین و یا با استفاده از فونداسیون بتنی پیش‌ساخته) و همچنین متعلقات مربوط به هر یک از پایه‌ها (همانند براکت فلزی برای پایه‌های بتنی و جعبه تقسیم (جعبه ترمینال) برای پایه‌های فلزی) می‌باشد. علاوه برآن، در هر مورد نیز طرحهای نمونه‌ای ارائه می‌شود.

۱-۱۳ مشخصات فنی و استاندارد ساخت پایه‌های روشنایی معابر همراه با طرحهای نمونه

۱-۱-۱۳ دامنه کاربرد

این بخش، مشخصات فنی و استاندارد ساخت انواع مختلف پایه‌های روشنایی دارای بازو، با ارتفاع کوچکتر یا مساوی ۱۸ متر و بدون بازو، با ارتفاع کوچکتر یا مساوی ۲۰ متر را در بر گرفته و بر مبنای استاندارد اروپایی شماره ۴۰[1] (معادل استانداردهای مراجع [۳۱] و [۳۳]) تهیه شده است.

1- EN40, "Lighting colums"

۱۳-۱-۲ استاندارد مواد به کار گرفته شده در ساخت پایه و شرایط آن برای جوشکاری

۱۳-۱-۲-۱ پایه‌های فولادی

فولادی که در ساخت پایه به کار می‌رود باید قابل جوش بوده و برای گالوانیزه شدن به منظورحفاظت سطح آن مناسب باشد. همچنین نوع آن نیز باید حداقل مشابه با استاندارد EN25-72، کلاس Fe360B باشد. لوله‌های مورد استفاده برای این کار باید از نوع سراسر درز جوش و یا بی درز، کاملاً سالم و بدون هیچ نوع خوردگی باشد.

۱۳-۱-۲-۲ پایه‌های آلومینیومی

وضعیت آلیاژ آلومینیومی که در ساخت پایه استفاده می‌شود باید حداقل مشابه شرایط ذکر شده در استانداردهای ISO/R 164 , ISO/R 209 , ISO/R 2136 و ISO/R 827 بوده و در مقابل خوردگی مقاومت زیادی داشته باشد.

۱۳-۱-۲-۳ پایه‌های بتنی

موادی که در ساخت پایه‌های بتنی به کار می‌رود باید شرایط ذکر شده در بخش ۱۹ از استاندارد EN 40 را داشته باشد و یا اینکه مطابق با شرایط عنوان شده در مرجع شماره [۱۰] باشد.

۱۳-۱-۲-۴ پیچهای فونداسیون

فولادی که در ساخت پیچهای فونداسیون به کار می‌رود باید شرایط ذکر شده در استاندارد EN 25-72 کلاس Fe 360 B را داشته باشد.

۱۳-۱-۲-۵ جوشکاری

۱۳-۱-۲-۵-۱ جوشکاری قوس الکتریک توسط الکترود فلزی باید متناسب با شرایط ذکر شده در استاندارد BS 5135 باشد.

۱۳-۱-۲-۵-۲ میله و یا تسمه‌های پرکننده که برای جوشکاری قوس الکتریک تحت گاز خنثی برای آلومینیوم یا آلیاژهای آن به کار می‌رود باید شرایط ذکر شده در قسمت چهارم از استاندارد BS 2901 را داشته باشد.

۱۳-۱-۲-۵-۳ جوشکاری قوس الکتریک باید همخوان با شرایط ذکر شده در استانداردهای BS 3019 و BS 3571 باشد.

۱۳-۱-۳ حفاظت پایه‌های فلزی در برابر خوردگی

۱۳-۱-۳-۱ قسمتهای مختلف پایه که در برابر خوردگی باید حفاظت شود.

برای حفاظت در برابر خوردگی، پایه به سه قسمت تقسیم می‌شود:

الف - سطح ۱ : سطح خارجی پایه از بالاترین قسمت آن تا ۰/۲۵ متر از سطح زمین یا در مورد پایه‌های فلنج دار تمامی سطوح خارجی پایه

ب- سطح ۲ : سطح خارجی قسمت زمینی پایه تا ارتفاع ۰/۲۵ متر از سطح زمین

ج- سطح ۳ : سطح داخلی پایه

۱۳-۱-۳-۲ حفاظت پایه‌های فولادی در برابر خوردگی

معیارها و ضوابط زیر برای حفاظت پایه‌های فولادی در برابر خوردگی توصیه می‌شود.

۱۳-۱-۳-۲-۱ گالوانیزه کردن

گالوانیزه کردن سطوح سه گانه پایه (مستقل از ضخامت هر قسمت) باید متناسب با شرایط ذکر شده در استانداردهای ISO 1460, ISO 1459 و ISO 1461 باشد. حداقل ضخامت پوشش روی برای فولادهای با ضخامت بین ۱ تا۵ میلیمتر در جدول (۱۳-۱) نشان داده شده است.

جدول ۱۳-۱- حداقل ضخامت پوشش روی

ضخامت فولاد (میلیمتر)	حداقل پوشش روی (دریکطرف)	
	μm	g/m^2
۱ تا ۲	۳۵۰	۵۰
بزرگتر از ۲ تا ۵	۴۵۰	۶۵

۱۳-۱-۳-۲-۲ پوشش فلز و رنگ، تحت حرارت و با فشار

آماده کردن سطوح اول و دوم پایه برای پوشانده شدن فلز باید طبق استاندارد سوئد (SIS 05 5900) انجام شود.پوشش فلزی روی یا آلومینیوم باید حداقل دارای ۸۰ میکرومتر ضخامت باشد. پس از پوشانده شدن با فلز مراحل زیر باید انجام شود:

الف- سطح ۱ : پوشش آستری با رنگ مقاوم در برابر خوردگی - غیر الزامی

ب- سطح ۲ : پوشش آستری با رنگ مقاوم در برابر خوردگی، یا پوشش قیر (قیراندود کردن)

ج- سطح ۳ : پوشش قیر (قیراندودکردن)

۱۳-۱-۳-۲-۳ فسفاته و رنگ کردن

برای فسفاته کردن سطوح پایه ابتدا باید سطوح سه گانه تا زمان جدا شدن یک لایه نازک از آن، نمک سود شود. سپس عمل فسفاته کردن تا زمانی که یک لایه فسفات روی سطوح ایجاد شود ادامه می‌یابد. سپس مراحل زیر باید انجام شود:

الف- سطح ۱ : پوشش آستری با رنگ مقاوم در برابر خوردگی

ب- سطح ۲ : پوشش آستری با رنگ مقاوم در برابر خوردگی، یا پوشش قیر

ج- سطح ۳ : پوشش قیر

۱۳-۱-۳-۲-۴ رنگ کردن

سطوح اول و دوم پایه برای پوشانده شدن با رنگ باید طبق استاندارد سوئد (SIS 05 5900) آماده شده و سپس مراحل زیر باید انجام شود:

الف- سطح ۱ : پوشش آستری با رنگ مقاوم در برابر خوردگی

ب- سطح ۲ : پوشش آستری با رنگ مقاوم در برابر خوردگی و (یا) پوشش قیر

ج- سطح ۳ : پوشش قیر

۱۳-۱-۳-۳ حفاظت پایه‌های آلومینیومی در برابر خوردگی

برای حفاظت سطوح سه گانه پایه‌های آلیاژی آلومینیوم در برابر خوردگی به صورت زیر عمل می‌شود:

الف- سطح ۱ : احتیاج به حفاظت ندارد

ب- سطح ۲ : پوشش قیر (عایق از نظر الکتریکی) بدون خلل و فرج به ضخامت حداقل ۲۵۰میکرومتر. قیر اندود کردن باید پس از گریس‌زدایی و پرداخت اولیه سطح برای اطمینان از چسبیدن قیر به سطح انجام شود.

ج- سطح ۳ : حفاظت آن، همانند سطح ۲ است با این تفاوت که به پرداخت اولیه سطح احتیاجی نیست.

۱۳-۱-۴ اتصال الکتریکی کابل تغذیه به پایه‌های فلزی

۱۳-۱-۴-۱ جعبه تقسیم و مسیر کابل ورودی به پایه

الف- ابعاد جعبه تقسیم شامل ارتفاع، پهنا و عمق آن باید توسط سازنده مشخص شود.

ب- درب جعبه تقسیم باید از موادی که در قسمت سوم از استاندارد EN40 ذکر شده، ساخته شود و دربرابر خوردگی مقاوم و یا محافظت شده باشد. درب نصب شده بر پایه‌های فلزی، همچون بقیه قسمتهای پایه باید در برابر خوردگی حفاظت شده و از نظر رعایت ایمنی نباید به راحتی باز شود. نحوه نصب درب باید متناسب با درجه حفاظت IP33 باشد [۱۳].

برای اتصال درب جعبه تقسیم به بدنه ممکن است از دو لولای مقاوم در برابر

زنگ‌زدگی که به بدنه و درب جوش می‌شود، استفاده کرد. برای قفل کردن درب ممکن است از یک پیچ آلن نمره ۸ در سمت مخالف لولاها استفاده نمود. همچنین به کارگیری قفلهایی که در صنعت تابلوسازی کاربرد دارد بلامانع است. برای آب‌بندی درب باید از یک واشر لاستیکی مناسب و مقاوم در برابر حرارت که توسط چسب یا وسیله دیگری به بدنه درب محکم شده باشد، استفاده کرد. به منظور جلوگیری از تجمع آب در بالای درب و یا نفوذ آب به داخل جعبه تقسیم پیشنهاد می‌شود که در بالای درب، مفتولی کمانی شکل و با قطر مناسب و طول بزرگتر از عرض درب جوش داده شود.

ج- اگر اتصالات الکتریکی از طریق سینی فلزی در داخل جعبه تقسیم انجام شود، سینی باید در برابر خوردگی مقاوم و یا حفاظت شده باشد. در صورتی که اتصالات الکتریکی از طریق برد[1] (فیبراستخوانی) انجام شود، جنس برد باید جاذب رطوبت نبوده و در برابر پوسیدگی مقاوم بوده و استقامت مکانیکی لازم برای نصب ترمینال (در صورت استفاده) را داشته باشد.

د- مسیر عبور کابل تغذیه از جعبه تقسیم تا چراغ باید حداقل ۱۸ میلیمتر قطر داشته باشد. حداقل قطر مسیر ورودی کابل تغذیه به جعبه تقسیم باید ۵۰ میلیمتر باشد. کلیه مسیرهای عبور کابل باید هموار، بدون لبه و عاری از دندانه‌های تیز باشد تا کابل زخمی نشود.

۱۳-۱-۴-۲ درجه حفاظت

قسمتهایی از پایه که بالای سطح زمین است (به استثنای درب جعبه تقسیم) باید درجه حفاظت IP 23 را دارا باشد [۱۳].

۱۳-۱-۴-۳ ترمینالهای زمین

پایه‌ها توسط ترمینال زمین که روی پایه و یا داخل جعبه تقسیم قرار دارد مطابق با استاندارد سیستم زمین شبکه‌های توزیع [۴]، زمین می‌شود و موارد زیر باید در مورد آن رعایت شود:

1- Board

الف- ترمینال زمین باید کمی بالاتر از سطح زمین (بین سطح زمین و جعبه تقسیم) و بنحوی که قابل رویت باشد نصب شود.

ب- ترمینال زمین باید در برابر خوردگی مقاوم بوده و سطح کنتاکتهای آن برای اتصال به سیم زمین مناسب باشد. همچنین این ترمینال باید در دسترس باشد.

ج- بین کلیه قسمتهای فلزی پایه و بازو و ترمینال زمین باید اتصال الکتریکی مطمئن وجود داشته باشد.

د- اتصال قسمت ثابت ترمینال باید به صورتی باشد که از چرخش آن در هنگام حرکت کلمپ جلوگیری شود.

هـ- در صورتی که قسمت ثابت ترمینال از پیچ تشکیل شده باشد، قطر پیچ باید بزرگتر از M8 و جنس آن از برنج باشد.

و- کلمپ باید به نحوی طراحی شود که از صدمه دیدن سیم زمین و یا عایق آن به هنگام باز و بسته کردن، جلوگیری شود.

ز- در کنار ترمینال زمین باید علامت ⏚ درج شده باشد.

۱۳-۱-۵ بارگذاری پایه‌ها برای طراحی آن

۱۳-۱-۵-۱ بارهای مختلف

۱۳-۱-۵-۱-۱ بار مرده

بار مرده شامل جرم بازو، چراغ، لامپ و ملحقات آن است.

۱۳-۱-۵-۱-۲ فشار باد

الف- فشار باد طراحی، q_{hB}، با اعمال ضرایب مختلف به فشار باد استاندارد، بدست می‌آید.

این ضرایب عبارتند از:

الف-۱- ضریب α، مربوط به ارتفاع پایه از سطح زمین

الف-۲- ضریب δ، مربوط به ارتفاع نامی پایه

الف-۳- ضریب β، مربوط به رفتار دینامیکی در نتیجه وزش تند باد (باد ناگهانی)

الف-۴- ضریب K، مربوط به ناحیه‌ای که پایه در آن نصب می‌شود و همچنین سرعت بادهای رایج در آن ناحیه

ب- فشار باد استاندارد در ارتفاع ۱۰ متری از سطح زمین، N/m^2 ۵۰۰ است.

ج- برای محاسبه فشار باد در هر ارتفاع از سطح زمین، به استثنای ارتفاع ۱۰ متر، فشار باد استاندارد باید در ضریب α که از رابطه زیر محاسبه می‌شود، ضرب شود:

$$\alpha = 1 + 0.02\,(h_B - 10) \qquad (۱-۱۳)$$

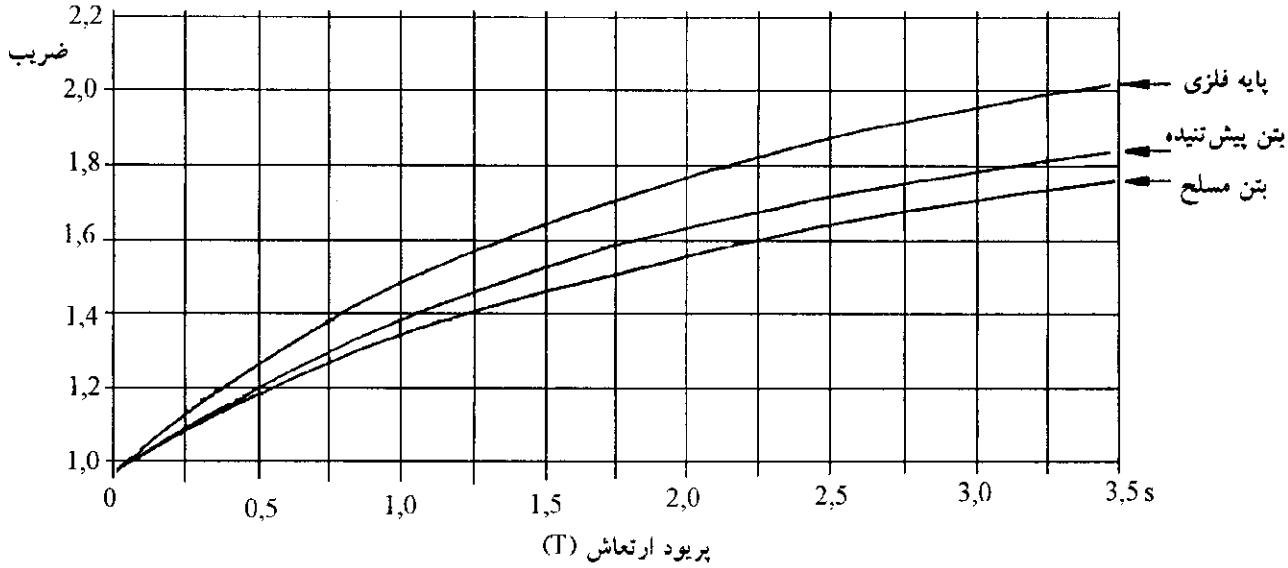
h_B ارتفاع نقطه اثر مورد نظر بر پایه روشنایی، از سطح زمین و برحسب متر است.

د- ضریب δ، که بستگی به سطح بادخور پایه داشته، به ارتفاع نامی آن (h) مربوط بوده و از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$\delta = 1 + 0.01\,h \qquad (۲-۱۳)$$

هـ - ضریب β به مدت (پریود) ارتعاش پایه (T) و میرایی سیستم متشکل از پایه و چراغ بستگی دارد و در حقیقت افزایش بار وارد شده به پایه بر اثر رفتار دینامیکی پایه در نتیجه ورزش ناگهانی باد وتندباد را نشان می‌دهد. منحنی داده شده در شکل (۱۳-۱) نحوه محاسبه این ضریب بر حسب پریود ارتعاش پایه را نشان می‌دهد.

و- ضریب K مربوط به مشخصات ناحیه‌ای است که پایه در آنجا نصب می‌شود. این ضریب، درفشار باد استاندارد ضرب شده و مقدار آن در استانداردهای ملی کشور باید مشخص شود.



شکل ۱۳-۱- ضریب β برحسب پریود ارتعاش پایه

ز- فشار باد طراحی q_{hB}، در هر ارتفاعی از سطح زمین (h_B) از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$q_{hb} = 500\ \alpha\ .\ \beta\ .\ K \qquad (۳-۱۳)$$

۱۳-۱-۵-۱-۳ ضریب شکل پایه و بازو

ضریب شکل پایه‌ها و بازوهای با سطح مقطع دایره‌ای (C) از منحنی داده شده در شکل (۱۳-۲) بدست می‌آید.

۱۳-۱-۵-۲ نیروهای وارده به پایه

الف- نیروی افقی که به صورت عمود بر محور پایه، به هر قسمت از آن وارد می‌شود برابر است با:

$$F_e = A_e\ .\ C\ .\ q_{hB} \qquad (۴-۱۳)$$

در این رابطه:

F_e : نیروی افقی وارده به سطح مشخص از پایه در اثر فشار باد، N

A_e : سطح ناحیه بادخور که عمود بر جهت وزش باد قرار دارد، m^2

C : ضریب شکل پایه

q_{hB} : فشار باد طراحی که به پایه وارد می‌شود، N / m^2

ب- نیروی افقی که به هر قسمت از بازو وارد می‌شود برابر است با:

$$F_b = A_b \cdot C \cdot q_{hB} \qquad (۵-۱۳)$$

در این رابطه:

F_b : نیروی افقی وارده به بازو در اثر فشار باد، N

A_b : سطح ناحیه بادخور که عمود بر جهت وزش باد قرار دارد، m^2

C : ضریب شکل بازو

q_{hB} : فشار باد طراحی که به بازو وارد می‌شود، N / m^2

ج- نیروهای وارد بر چراغ از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$F_l = A_l \cdot C \cdot q_{hB} \qquad (۶-۱۳)$$

در این رابطه:

F_l : نیروی افقی یا عمودی وارده به چراغ در اثر فشار باد، N

A_l : سطح ناحیه بادخور که عمود بر جهت وزش باد قرار دارد، m^2

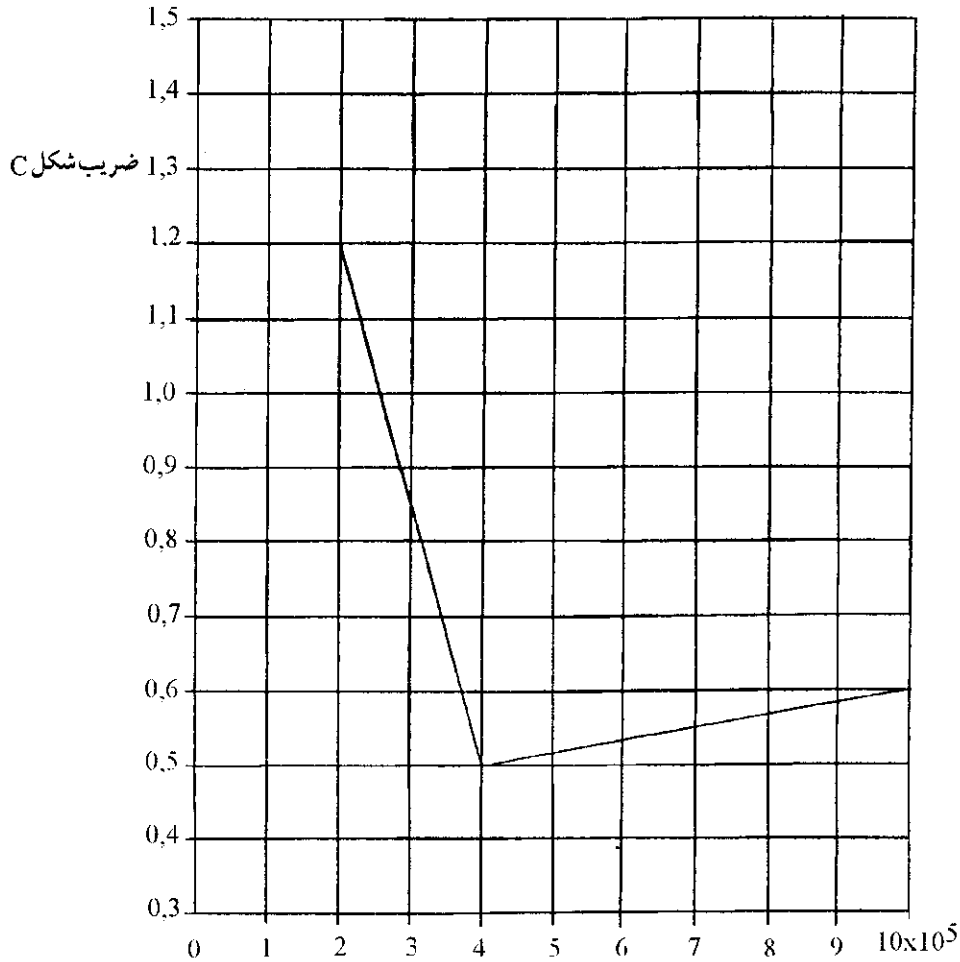
C : ضریب شکل چراغ که از آزمایش تونل باد باید محاسبه شود

q_{hB} : فشار باد طراحی که به مرکز چراغ وارد می‌شود، N/m^2

د- نیروهای عمودی وارد بر پایه بر اثر جرم بازو و چراغ باید با فرض عمل کردن در مرکز ثقل بازو و چراغ در نظر گرفته شود.

۱۳-۱-۵-۳ گشتاور حاصله بر اثر فشار باد و بارهای مرده

با فرض اینکه اتصال پایه به زمین و بازو به پایه به صورت کامل انجام شده است، گشتاورهای خمشی ناشی از فشار باد طراحی و بارهای مرده باید به نحوی محاسبه شود که حداکثر مکان خمشی که در اثر نیروهای گسترده وارده به پایه، بازو و چراغ ایجاد می‌شود را نشان دهد. همچنین ممان پیچشی نیز برای کلیه مقاطع بحرانی پایه باید محاسبه شود.



$$Re = \frac{VD}{v}$$

V : سرعت باد، m/s

D : قطر پایه یا بازو، m

v : ویسکوزیته سینماتیکی هوا در ۲۰°c ، m^2/s

$$V = ۱/۲۸\sqrt{\frac{q_{hB}}{\delta\beta}}$$

$$v = ۱۵/۱ \times ۱۰^{-۶}$$

شکل ۱۳-۲- ضریب شکل پایه و بازو

توجه : به علت اینکه تا کنون از سوی مرجع معتبری در کشور، مقداری برای K ارائه نشده، لذا تا مشخص شدن ضریب K، بجای روش گفته شده در این بخش، می‌توان از نشریه شماره ۵۱۹ موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران تحت عنوان "حداقل بار وارده بر ساختمانها و ابنیه فنی" به عنوان مرجع برای محاسبات پایه‌های فولادی روشنایی استفاده کرد.

۱۳-۱-۶ روشهای تایید مشخصات ساختمان پایه از طریق آزمون

۱۳-۱-۶-۱ گزارش آزمون

گزارش آزمون باید روش آزمون را همراه با جزئیات آن بیان نموده و اطلاعاتی را که در جداول (۱۳-۲) و (۱۳-۳) آمده است مشخص نماید (ابعاد پایه باید بر روی نقشه پایه، که به گزارش آزمون ضمیمه می‌شود، مشخص گردد).

جدول ۱۳-۲- گزارش آزمون پایه

نوع پایه : شماره سریال: تاریخ تولید:

ارتفاع نامی (متر): طول بازو (متر): نوع چراغ:

K :

: ضریب بار نهایی

نیروهای مورد نیاز برای شبیه سازی بارهای طراحی

نقطه اثر نیرو	جهت	نیروها		
		K=1	۱۰۰ درصد بار طراحی (N)	بار نهایی (N)
محل اتصال چراغ	افقی			
محل اتصال چراغ	عمودی			
نقاط مختلف بازو	افقی			
نقاط مختلف بازو	عمودی			
محل اتصال بازو	افقی			
نقاط با فواصل مختلف از سطح زمین	افقی			

جدول ۱۳-۳- گشتاورهای طراحی و حاصل از آزمون و تغییر شکلهای حاصله

نیروهای عمودی (تغییر مکان عمودی نقطه اتصال چراغ بر اثر نیروهای عمودی برحسب متر:

نیروهای افقی:

درصد بار طراحی	نوع گشتاور	گشتاور در محل اتصال بازو N.m	گشتاور در ارتفاع .... متر از سطح زمین N.m	گشتاور در لبه پایینی شکاف جعبه تقسیم N.m	گشتاور در سطح زمین N.m	تغییر مکان بار m	تغییرمکان دائمی پس از برداشتن بار m
K=1	گشتاور خمشی طراحی						
	گشتاور پیچشی طراحی						
	گشتاور خمشی حاصل از آزمون						
	گشتاور پیچشی حاصل از آزمون						
۱۰۰ درصد	گشتاور خمشی طراحی						
	گشتاور پیچشی طراحی						
	گشتاور خمشی حاصل از آزمون						
	گشتاور پیچشی حاصل از آزمون						
بار نهایی	گشتاور خمشی حاصل از آزمون						
	گشتاور پیچشی حاصل از آزمون						

در صورتی که نتایج آزمون قابل قبول باشد در انتهای برگه نتایج آزمون، مشخصات ساختمانی پایه تایید می‌شود. همچنین ابعاد پایه نیز به برگه نتایج آزمون ضمیمه خواهد شد.

در هنگام آزمون پایه‌های بتنی نباید بیش از ۳۵ روز از تاریخ تولید آن گذشته باشد.

۱۳-۱-۶-۲ فراهم کردن شرایط آزمون

پایه‌ها را می‌توان در حالت افقی یا عمودی مورد آزمون قرار داد. در صورتی که پایه‌ها در حالت افقی قرار گیرد باید اثر بار مرده که در این شرایط ایجاد می‌شود را در نظر گرفت. در زمان آزمون، پایه باید کاملاً پایدار و بدون حرکت باشد. قبل از شروع آزمون بهتر است پایه یک مرتبه تحت بارقرار گیرد که مقدار بار نباید بیش از مقدار محاسبه شده در رابطه (۱۳-۳)، با فرض K=1، باشد.

۱۳-۱-۶-۳ پریود نوسان

پریود نوسان برای تعیین ضریب β (شکل ۱۳-۱) باید از طریق محاسبه و یا آزمون بدست آید. مقدار حاصله باید برای محاسبه بارهای مختلف، که در بندهای (۱۳-۱-۵-۱) و (۱۳-۱-۵-۲) مشخص شده است، به کار رود.

۱۳-۱-۶-۴ نیروها

نیروهای وارده به پایه باید به طور همزمان به آن اعمال شود به نحوی که گشتاورهای وارده به نقاط بحرانی پایه حداقل برابر با گشتاور محاسبه شده در اثر بار طراحی شود. در بقیه نقاط، گشتاورهای اعمال شده نباید کمتر از ۹۵ درصد گشتاور حاصله از بارهای طراحی باشد. در صورت صلاحدید سازنده پایه می‌توان بارهای اعمالی به پایه را به صورتی تنظیم کرد که گشتاورهای حاصله بیش از گشتاورهای ناشی از بارهای طراحی باشد. نیروها باید از طریق وزنهای مرده یا توسط تجهیزات دقیق با عملکرد صحیح اعمال شود.

در پایه‌هایی که دارای بازو است، نیروهای عمودی ناشی از جرم چراغ و آن قسمت از بازو که ازحالت عمودی انحراف دارد باید اول اعمال شود. انحراف عمودی محل اتصال چراغ در اثرنیروهای عمودی باید اندازه‌گیری و در گزارش آزمون درج شود.

برای شبیه‌سازی بار طراحی، نیروهای افقی باید حداقل در ۵ مرحله، با افزایش یکسان تا رسیدن به مقدار حداکثر وارد شود. بارگذاری در یکی از مراحل باید برابر باری باشد که با در نظر گرفتن مقدار واحد برای K حاصل

می‌شود. در این شرایط و همچنین به هنگام اعمال بار کامل طراحی، انحراف افقی محل اتصال چراغ باید اندازه‌گیری و در گزارش آزمون درج شود.

نیروها باید در دوره زمانی حداقل یک دقیقه، قبل از اندازه‌گیری انحرافات به پایه وارد شود. پس از برداشتن بار از روی پایه، انحراف دائمی افقی پایه باید ثبت شود.

۱۳-۱-۶-۵ آزمون بار نهایی

نیروهایی که به منظور شبیه‌سازی بارهای افقی و عمودی طراحی به پایه اعمال می‌شود باید تا زمانی که پایه قابلیت تحمل بار بیشتر را نداشته باشد کم کم افزایش یابد در گواهی تست پایه نتایج آزمون باید به شرح مندرج در جدول (۱۳-۴) جمع‌آوری شود.

جدول ۱۳-۴- نمونه نتایج آزمون پایه

نوع پایه: ارتفاع نامی (متر):	شماره سریال: طول بازو (متر):	تاریخ تولید: نوع چراغ:
K : : ضریب بار نهایی : تعداد بازوهای پایه		
نتایج:		
تغییر شکل عمودی در محل اتصال چراغ:		
تغییر شکل افقی در محل اتصال چراغ با در نظر گرفتن مقدار یک برای K :		
تغییر شکل افقی در محل اتصال چراغ بر اثر بار طراحی:		
تغییر شکل باقی‌مانده در محل اتصال چراغ پس از برداشتن بار طراحی از روی پایه:		
درصد برگشت به موقعیت اولیه پس از برداشتن بار طراحی از روی پایه:		
درصد بار نهایی بر حسب بار طراحی:		

۱۳-۱-۶-۶ معیارهای مناسب بودن طراحی پایه

در صورتی که کلیه موارد ذکر شده در ذیل برآورده شود نتیجه آزمون پایه مثبت خواهد بود و لذا طراحی آن مورد تائید است:

الف- انحراف عمودی محل اتصال چراغ به پایه که بر اثر نیروهای عمودی

ایجاد می‌شود نباید بیش از 0.25 W باشد. W فاصله افقی محل اتصال چراغ به پایه تا محور پایه است.

ب- انحراف افقی محل اتصال چراغ به پایه در مرحله شبیه‌سازی بار طراحی که در اثر نیروهای افقی و به ازاء مقدار واحد برای ضریب K ایجاد می‌شود نباید بیش از (h + W) 0.4 باشد. h ارتفاع نامی پایه و W فاصله افقی محل اتصال چراغ به پایه تا محور پایه است.

ج- در پایه فولادی و آلیاژ آلومینیومی، انحراف باقیمانده پس از برداشتن بار طراحی نباید بیش از ۱۰ درصد انحراف ناشی از بار طراحی باشد.

د- در پایه‌های بتنی، انحراف باقیمانده پس از برداشتن بار طراحی نباید بیش از ۲۰ درصدانحراف ناشی از بار طراحی باشد.

هـ- بار نهایی نباید کمتر از حاصلضرب ضریب بار نهایی (γ_u) و بار طراحی باشد. ضریب γ_u طبق رابطه (۱۳-۷) محاسبه می‌شود:

(۱۳-۷)

$$\gamma_u = \gamma_t \cdot \frac{\text{ممان اینرسی پایه مورد آزمون}}{\text{ممان اینرسی پایه در طراحی}} \times \frac{\text{مقاومت ماده موجود در پایه مورد آزمون}}{\text{مقاومت ماده در طراحی پایه}}$$

در رابطه فوق اگر نسبتها کمتر از یک باشد γ_u برابر γ_t فرض می‌شود.

مقدار γ_t معمولاً بین ۱ تا ۱/۵ می‌باشد (مقدار این ضریب باید توسط استانداردهای ملی هر کشور تعیین شود). اگر در ساخت پایه بیش از یک ماده مورد استفاده قرار گرفته شده باشد، نسبتهای موجود در رابطه (۱۳-۷) به ازاء بدترین حالت باید محاسبه شود. به این معنی که مشخصات هریک از مواد که حاصل نسبتها را بیشتر کند در رابطه قرار می‌گیرد.

مقاطع بحرانی پایه عبارتند از:

الف- نقطه‌ای که پایه در آن ثابت می‌شود. این نقطه معمولاً نقطه اتصال پایه به سطح زمین است.

ب- لبه پایینی شکاف مربوط به جعبه تقسیم

ج- نقطه‌ای که بازو به پایه متصل می‌شود، و یا در صورتی که پایه و بازو یکپارچه باشد نقطه شروع بازو

د- نقاطی در پایه که در آن تغییر قطر پایه اتفاق می‌افتد.

هـ - هر نقطه بحرانی دیگر، بعنوان مثال نقطه‌ای که در آن تغییر ضخامت اتفاق می‌افتد.

برای پایه‌های فلزی، مقاومت فلز باید برابر تنش تسلیم آن باشد. برای پایه‌های بتنی، مقاومت بتن از آزمون همزمان پایه و بتنی که پایه از آن ساخته شده است، بدست می‌آید.

۱۳-۱-۶-۷ تغییر در پایه پس از مثبت بودن نتایج آزمون

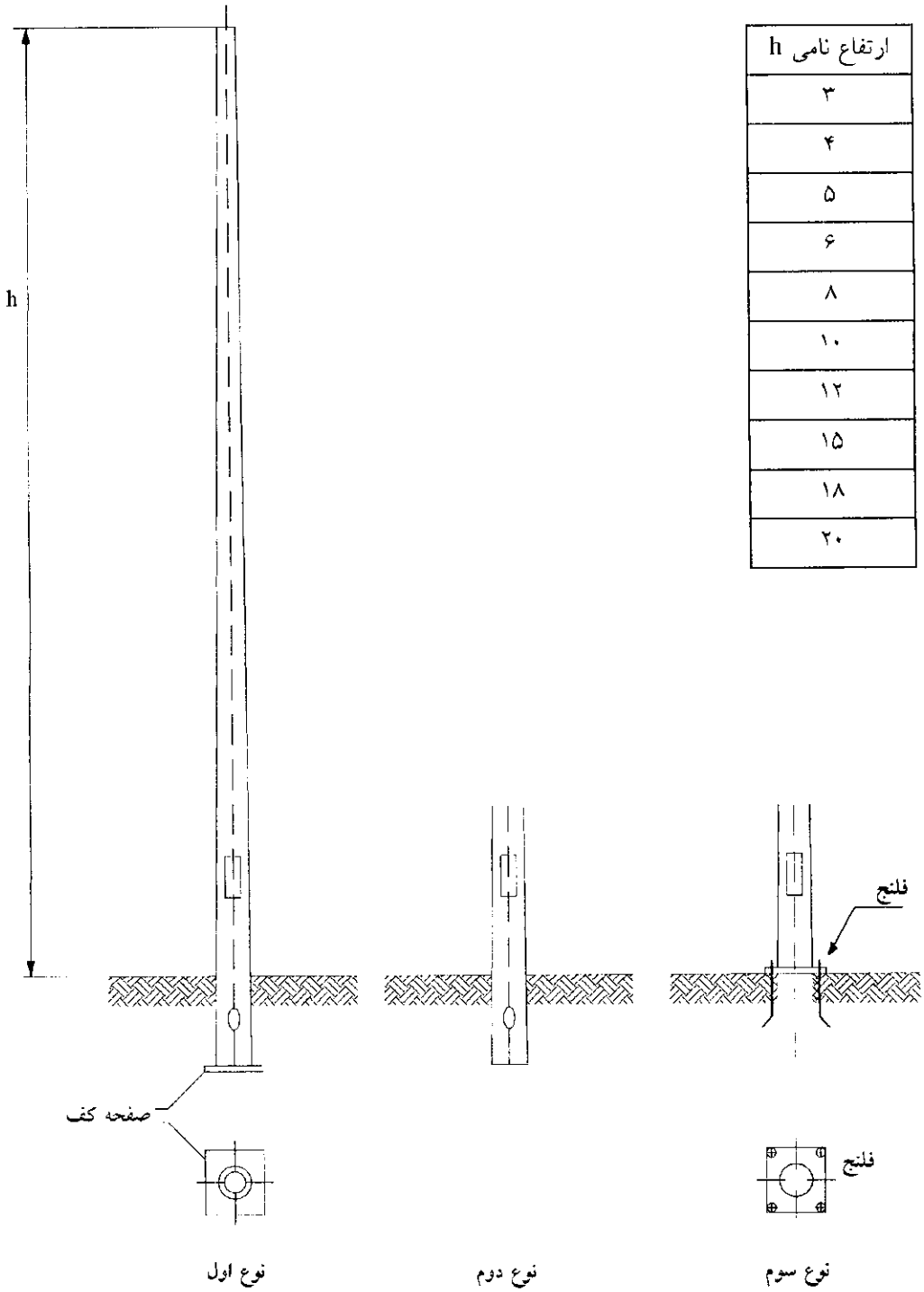
اگر بارهای عمده و موثر وارده به پایه، بر اثر تغییر بار باد یا سطح چراغ متفاوت با بارهای طراحی باشد لنگر خمشی و پیچشی باید طبق روابط بندهای(۱۳-۱-۵-۲) و (۱۳-۱-۵-۳) محاسبه شود. این محاسبه باید دو بار انجام شود که در مرتبه اول ضریب K برابر مقدار پیش‌بینی شده در طراحی در نظر گرفته می‌شود و در مرتبه دوم محاسبه، مقدار این ضریب یک فرض می‌گردد. در صورتی که مقادیر گشتاورهای خمشی و پیچشی حاصله در نقاط مختلف پایه، از مقادیر متناظر آن در آزمون بیشتر نشود، نتایج آزمون معتبر خواهد بود.

۱۳-۱-۷ ابعاد پایه‌های روشنایی

در این بخش، ابعاد قسمتهای مختلف پایه‌های فلزی روشنایی، با یا بدون بازو، مورد بررسی قرار می‌گیرد. ابعاد پایه‌های بتنی نیز باید مطابق با مندرجات مرجع [۱۰] باشد.

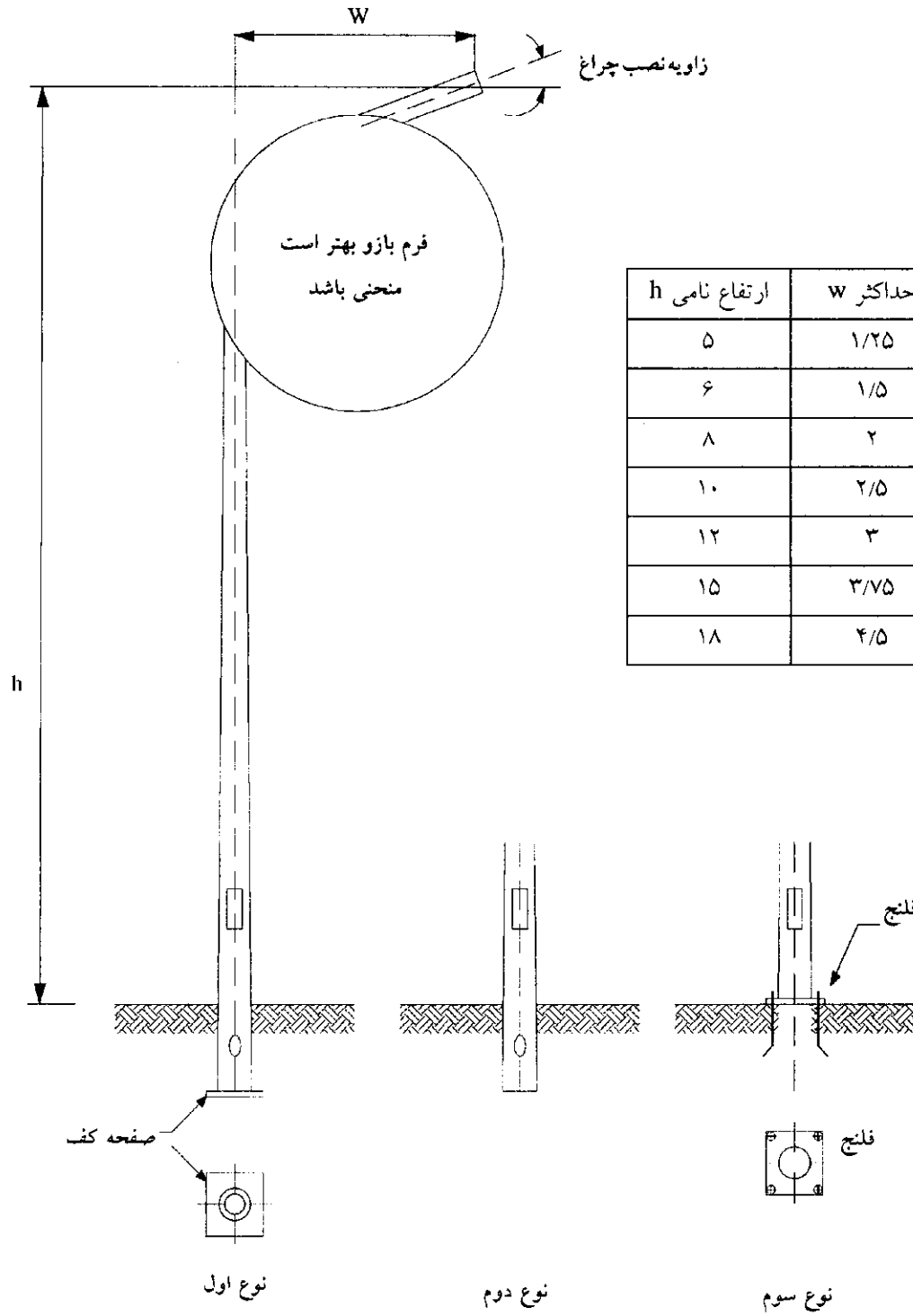
۱۳-۱-۷-۱ پایه‌های بدون بازو

ارتفاع نامی h
۳
۴
۵
۶
۸
۱۰
۱۲
۱۵
۱۸
۲۰



شکل ۱۳-۳- ابعاد اصلی پایه‌های بدون بازو (متر)

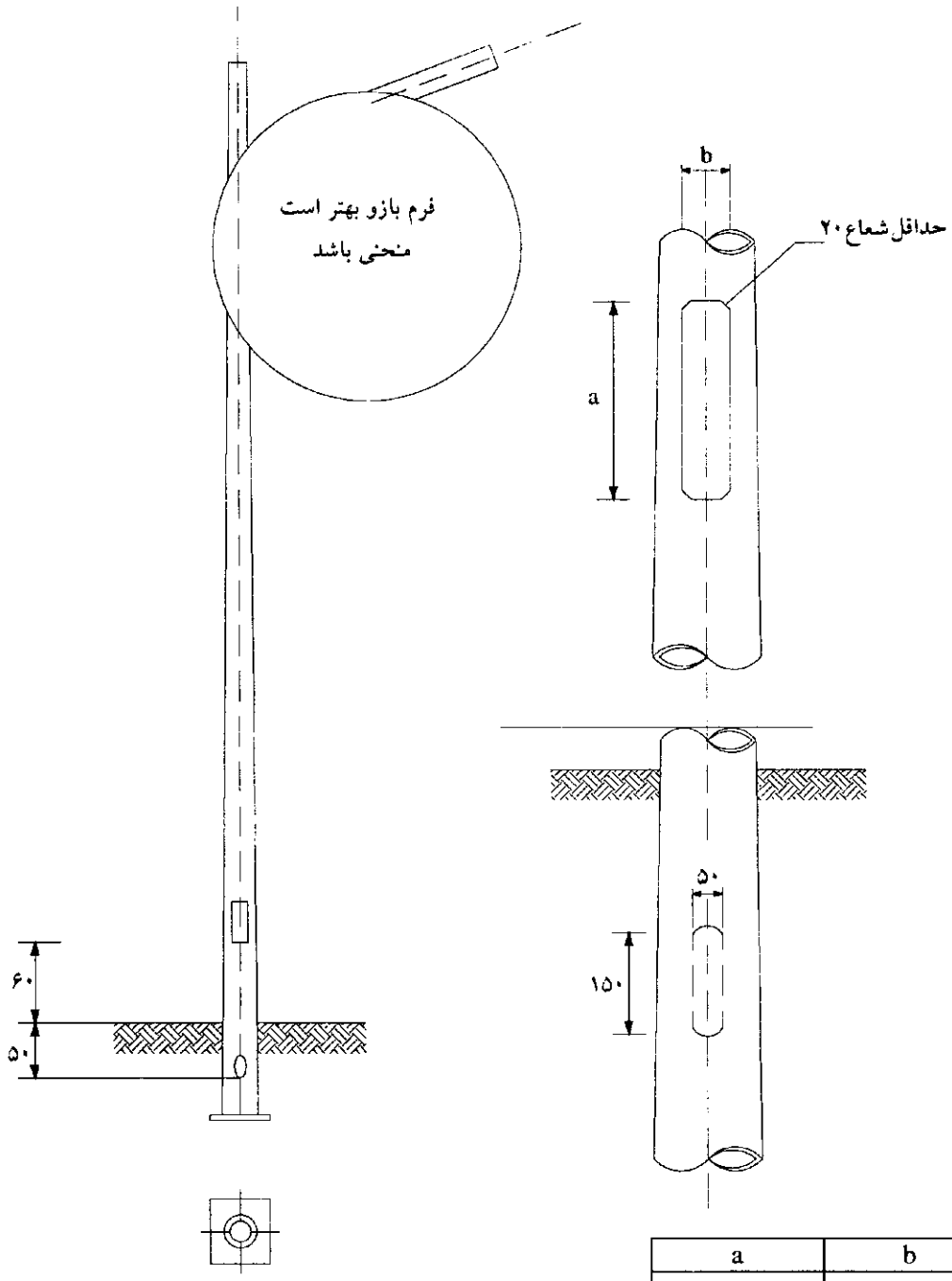
۱۳-۱-۷-۲ پایه‌های دارای بازو



حداکثر w	ارتفاع نامی h
۱/۲۵	۵
۱/۵	۶
۲	۸
۲/۵	۱۰
۳	۱۲
۳/۷۵	۱۵
۴/۵	۱۸

شکل ۱۳-۴- ابعاد اصلی پایه‌های دارای بازو (متر)

۱۳-۱-۷-۳ محل جعبه فیوز و کابل ورودی به پایه



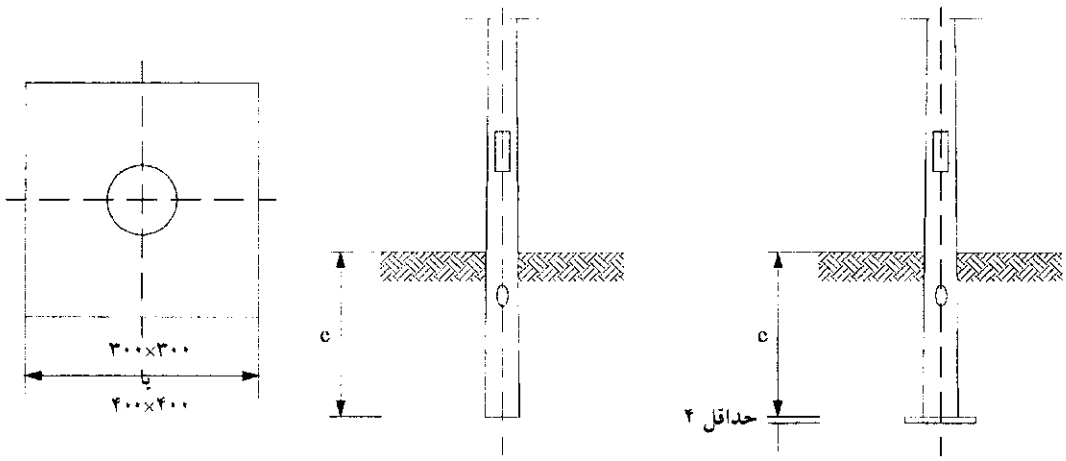
a	b
۲۰۰	۷۵
۳۰۰	۸۵
۴۰۰	۱۰۰
۵۰۰	۱۰۰
۵۰۰	۱۲۰
۶۰۰	۱۱۵
۶۰۰	۱۳۰

شکل ۱۳-۵- موقعیت محل جعبه فیوز

و کابل ورودی به پایه (ابعاد به میلیمتر)

۱۳-۱-۷-۴ حداقل عمق دفن پایه در زمین

ارتفاع نامی	عمق دفن		
h m	c (۱)		
< ۵	۶۰۰	۸۰۰	۱۰۰۰
۶	۸۰۰	۱۰۰۰	۱۲۰۰
۸	۱۰۰۰	۱۲۰۰	۱۵۰۰
۱۰	۱۲۰۰	۱۵۰۰	۱۷۰۰
۱۲	۱۵۰۰	۱۷۰۰	۲۰۰۰
۱۵	۱۵۰۰	۲۰۰۰	۲۵۰۰
۱۸	۱۵۰۰	۲۰۰۰	
۲۰	۱۸۰۰	-	-



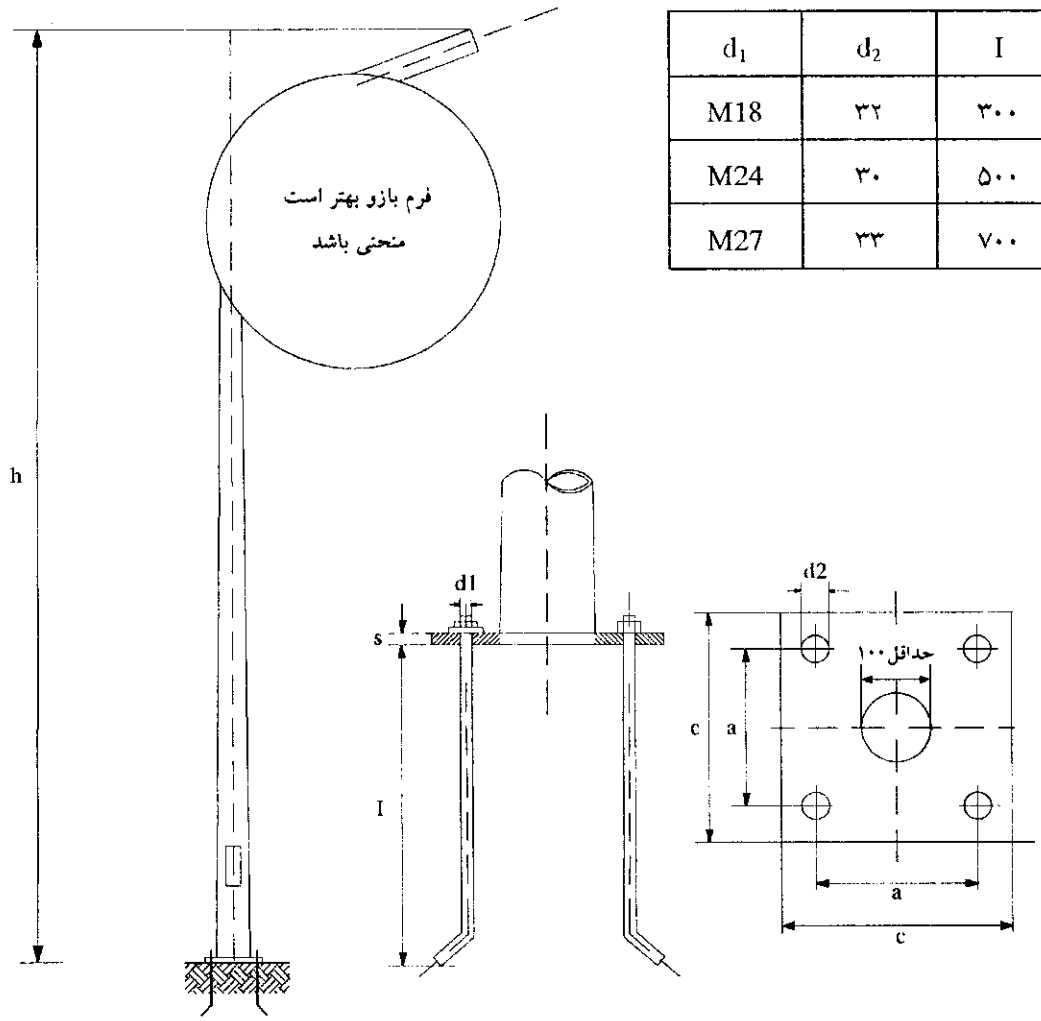
(۱) عمق دفن بر اساس محاسبات و همچنین نوع زمین تعیین می‌شود. جدول فوق حداقل عمق دفن پایه را برای سه نوع خاک سست، معمولی و سفت بیان می‌کند (با سست شدن خاک، عمق دفن افزایش می‌یابد)

شکل ۱۳-۶- حداقل عمق دفن پایه در زمین (میلیمتر)

توجه: در محلهایی که خاک خاصیت خورندگی دارد پایه نباید در زمین دفن شود. در این حالت، استفاده از فونداسیون بتنی پیش‌ساخته توصیه می‌گردد.

۱۳-۱-۷-۵ صفحه فلنج

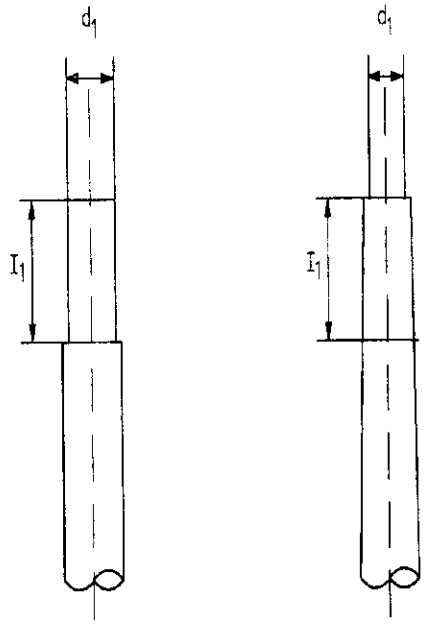
d_1	d_2	I
M18	۳۲	۳۰۰
M24	۳۰	۵۰۰
M27	۳۳	۷۰۰



h (m)	c	s	a	d_1
≤ ۵	۲۶۰	۸	۲۰۰	M18
≤ ۱۲	۴۰۰	۱۰	۳۰۰	M24
≤ ۲۰	۴۰۰ ۵۰۰	۲۰	۳۰۰ ۴۰۰	M27

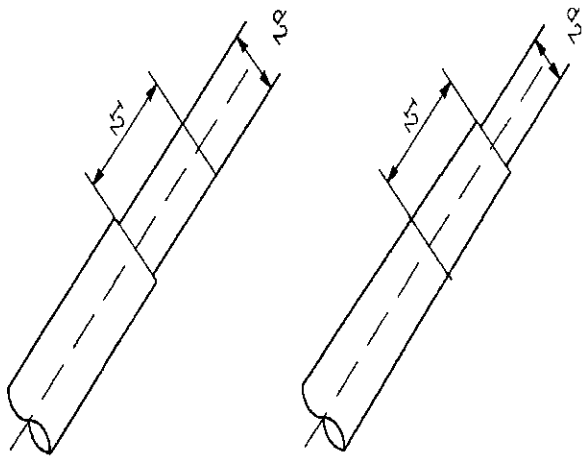
شکل ۱۳-۷- ابعاد فلنج (میلیمتر)

۱۳-۱-۷-۶ محل اتصال چراغ به پایه



d_1	I_1
۶۰	۷۰
۷۶	۱۳۰
۱۰۲	۲۵۰

پایه‌های فلزی بدون بازو



d_2	I_2
۴۲	۱۳۰
۶۰	۱۳۰ ۲۵۰

پایه‌های فلزی بازودار

شکل ۱۳-۸- ابعاد محل اتصال چراغ به پایه (میلیمتر)

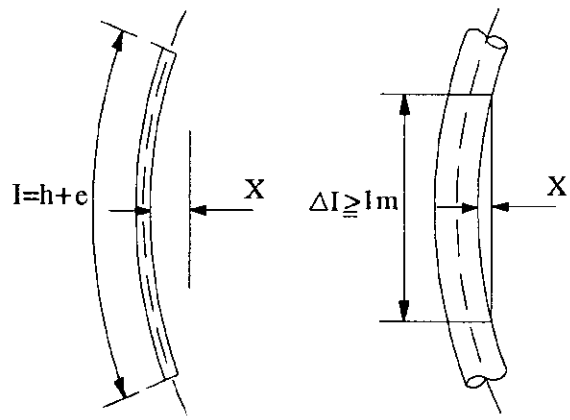
۱۳-۱-۷-۷ حدود تغییرات مجاز ابعاد پایه

۱۳-۱-۷-۷-۱ انحراف پایه از حالت عمودی

تغییرات مجاز انحراف پایه از حالت عمودی با توجه به شکل (۱۳-۹)، به صورت زیر است:

$$I = h + e \qquad X \leq 0.0003 \,.\, I$$

$$\Delta I \geq 1m \qquad \Delta X \leq 0.003 \,.\, \Delta I$$



شکل ۱۳-۹- تغییر مکان پایه از حالت عمودی

اندازه‌گیری باید در شرایطی که پایه به صورت افقی قرار داده شده است، انجام شود.

۱۳-۱-۷-۷-۲ طول یک پایه بدون بازو

قدر مطلق تغییرات مجاز طول پایه‌های بدون بازو، که لوله‌های تشکیل‌دهنده آن به صورت طولی به یکدیگر جوش داده است، به صورت زیر خواهد بود:

پایه‌های دفن شده در زمین : ۰/۵ درصد

پایه‌های فلنج دار: ۰/۶ درصد

در صورتی که قدر مطلق مقادیر ذکر شده از ۲۵ میلیمتر کمتر باشد، قدر مطلق حدود مجاز ۲۵ میلیمتر در نظر گرفته می‌شود.

در پایه‌هایی که از لوله‌های بدون درز ساخته شده است، قدر مطلق تغییرات مجاز طول پایه برابراست با:

پایه‌های دفن شده در زمین : ۰/۵ درصد

پایه‌های فلنج دار : ۰/۶ درصد

در صورتی که قدر مطلق مقادیر ذکر شده از ۵۰ میلیمتر کمتر باشد، قدر مطلق مجاز، ۵۰ میلیمتر در نظر گرفته می‌شود.

۱۳-۱-۷-۷-۳ طول کل پایه بازودار

قدر مطلق تغییرات مجاز طول پایه‌های بازودار و بازوی آن برابر است با:

پایه‌های دفن شده در زمین : ۱ درصد

پایه‌های فلنج دار : ۱/۲ درصد

قدر مطلق تغییرات مجاز طول بازو، بدون گوشت آن، ۲ درصد است.

۱۳-۱-۷-۷-۴ زاویه بازو

قدر مطلق تغییرات مجاز زاویه بازو نسبت به خط افق، باید ۲ درجه باشد.

۱۳-۱-۷-۷-۵ محل ورودی کابل تغذیه به پایه و جعبه اتصال

ابعاد جعبه اتصال و محل ورودی کابل تغذیه به پایه نباید کمتر از مقادیر داده شده در بخش (۱۳-۱-۷-۳) بوده ولی می‌تواند حداکثر ۵ میلیمتر بیش از مقادیر مذکور باشد.

۱۳-۱-۷-۷-۶ محیط و سطح مقطع پایه

قدر مطلق تغییر مجاز محیط هر قسمت از پایه، ۱ درصد است. قدر مطلق تغییر مجاز فرم دایره‌ای هر قسمت از پایه، ۳ درصد قطر آن است که از روی محیط اندازه‌گیری شده در همان قسمت، تعیین می‌شود.

۱۳-۱-۷-۷-۷ طول محل اتصال چراغ به پایه

قدر مطلق تغییرات مجاز طولهای I_1 و I_2 (شکل ۱۳-۸) برابر ۲ میلیمتر است.

۱۳-۱-۸ طرحهای نمونه پایه‌های روشنایی معابر

در این بخش، به بیان طرحهای نمونه برای دوازده ارتفاع مختلف پایه‌های فلزی روشنایی پرداخته شده است. مطالب عنوان شده، بعنوان طرحهای نمونه بوده و اجبار یا تأکیدی بر استفاده از آن نمی‌باشد. برای استفاده از این طرحها باید به محدودیتهای طراحی توجه نموده و با شرایط خاص هر منطقه تطبیق داد. در صورت استفاده از طرحهای دیگری برای پایه‌های روشنایی معابر، باید توصیه‌های این فصل در مورد آن صادق باشد. برای پایه‌های بتنی نیز طرحهای ارائه شده در مرجع شماره [۱۰] توصیه شود.

۱۳-۱-۸-۱ محدودیتهای طراحی

الف- مقاطع مورد استفاده برای پایه‌ها همگی از لوله‌های فولادی مطابق با جداول STAHL می‌باشد.

ب- وزن چراغ معادل ۲۰ کیلوگرم و به ابعاد ۸۰ ×۵۰×۴۰ سانتیمتر در نظر گرفته می‌شود.

ج- کلیه پایه‌ها بسته به مورد ممکن است دارای بازوی ۲، ۳ و یا ۴ متری (برای پایه‌های با طول بیش از ۱۶ متر) می‌باشد.

د- کلیه پایه‌ها ممکن است دارای بازوهای دو طرفه باشد. زاویه بین محور دو بازو در صفحه افق می‌تواند ۱۸۰ درجه باشد. اگر زاویه بین دو بازو در صفحه افق ۶۰ درجه باشد طول بازوها حداکثر یک متر خواهد بود.

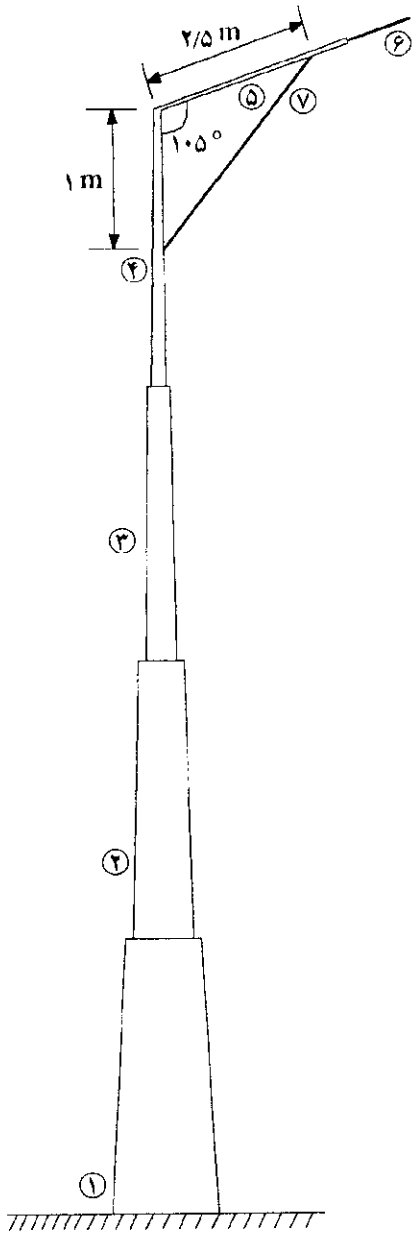
هـ- ضریب اطمینان در برابر واژگونی معادل ۱/۷۵ در نظر گرفته می‌شود.

و- بارگذاریهای انجام شده مطابق با نشریه شماره ۵۱۹ موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران در نظر گرفته شده است.

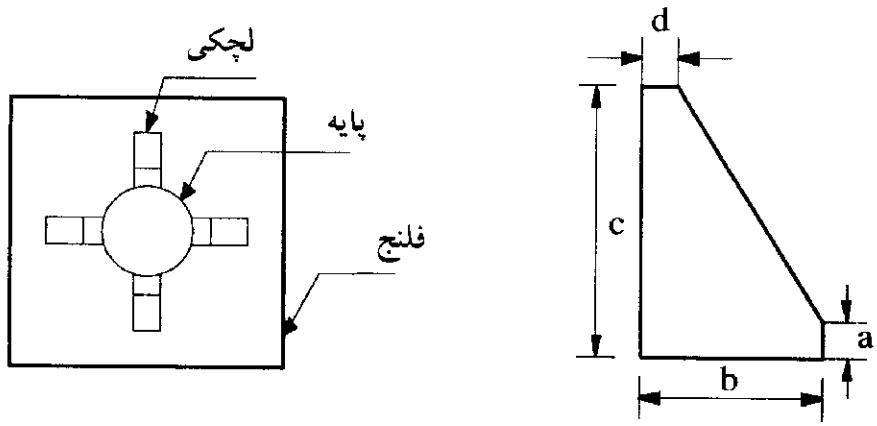
۱۳-۱-۸-۲ طرحهای نمونه پایه‌های فولادی روشنایی معابر

در جداول (۱۳-۵)، (۱۳-۶) و (۱۳-۷) طرحهای نمونه برای دوازده نوع پایه فولادی ارائه شده است. جدول بر اساس ارتفاع پایه و شماره قطعات مختلف تشکیل‌دهنده آن که در شکل (۱۳-۱۰) مشخص شده، تنظیم گردیده است. در این طرحها، باید برای اتصال پایه به فلنج حتماً از چهارلچکی به ابعاد

مشخص شده در شکل (۱۳-۱۱) استفاده شود. ضخامت جُوش لچکیها به پایه و فلنج در پایه‌های به طول کوچکتر یا مساوی ۱۸/۳ متر برابر یک سانتیمتر و ضخامت جوش لچکیها به پایه و فلنج برای پایه‌هایی با طول بزرگتر از ۱۸/۳ متر تا ۲۱/۳ متر، برابر ۱/۲ سانتیمتر می‌باشد. ضخامت جوش پایه به فلنج در گروه اول پایه‌ها برابر ۰/۸ سانتیمتر و در گروه دوم برابر ۱ سانتیمتر است. میزان تداخل لوله‌ها در یکدیگر برای کلیه پایه‌ها برابر ۲۰ سانتیمتر می‌باشد.



شکل ۱۳-۱۰- شماره قطعات مختلف پایه



e	d	c	b	a	طول پایه (m)
۱	۱	۱۵	۸	۱	≤ ۱۸/۳
۱/۲	۲	۱۸	۱۰	۲	≤ ۲۱/۳

شکل ۱۳-۱۱- لچکی پایه‌ها

۱۳-۱-۸-۳ پایه‌های روشنایی با بازوی کمانی شکل

از آنجائیکه در فصول قبلی، استفاده از پایه‌هایی با بازوی کمانی پیشنهاد شده است لذا می‌توان پایه‌های عنوان شده در این بخش را با توجه به موارد زیر به صورت کمانی ساخت. با توجه به شکل (۱۳-۱۰) می‌توان با جایگزین کردن کمانی که از لوله‌ای به قطر مشابه قطعه ۴ ساخته شده، بازو را کمانی شکل کرد. کمان باید به گونه‌ای باشد که بر قطعات ۵ و ۴ مماس شود و قوس نیز باید به گونه‌ای انتخاب شود تا لوله هنگام خم زدن دچار چین‌خوردگی نشود.

توجه: در کلیه بازوها (کمانی شکل و مستقیم) مطابق با توصیه‌های فصول قبلی، هیچگاه طول بازو نباید از یک چهارم ارتفاع پایه بلندتر باشد.

جدول (۱۳-۵)

طول پایه (متر)	۱۳/۵			۱۲/۵			۱۱/۵			۱۰/۵		
نام قطعه	ضخامت لوله (mm)	قطر لوله (cm)	طول (m)	ضخامت لوله (mm)	قطر لوله (cm)	طول (m)	ضخامت لوله (mm)	قطر لوله (cm)	طول (m)	ضخامت لوله (mm)	قطر لوله (cm)	طول (m)
۱	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
۲	۵/۶	۱۵/۹	۶/۰	۵/۶	۱۵/۹	۴/۰	۵/۶	۱۵/۹	۳/۰	۵/۶	۱۵/۹	۳/۰
۳	۴/۵	۱۱/۴۳	۵/۸	۴/۵	۱۱/۴۳	۵/۸	۴/۵	۱۱/۴۳	۵/۸	۴/۵	۱۱/۴۳	۵/۸
۴	۴/۰	۸/۸۹	۰/۸	۴/۰	۸/۸۹	۲/۸	۴/۰	۸/۸۹	۲/۸	۴/۰	۸/۸۹	۱/۸
۵	۴/۰	۶/۰۳	۳/۰	۴/۰	۶/۰۳	۳/۰	۴/۰	۶/۰۳	۳/۰	۴/۰	۶/۰۳	۳/۰
۶	۳/۲	۴/۸۳	۱/۰	۳/۲	۴/۸۳	۱/۰	۳/۲	۴/۸۳	۱/۰	۳/۲	۴/۸۳	۱/۰
۷	۲/۰	۲/۱۳	۳/۰	۲/۰	۲/۱۳	۳/۰	۲/۰	۲/۱۳	۳/۰	۲/۰	۲/۱۳	۳/۰

جدول (۱۳-۶)

طول پایه (متر)	۱۷/۳			۱۶/۳			۱۵/۵			۱۴/۵		
نام قطعه	ضخامت لوله (mm)	قطر لوله (cm)	طول (m)	ضخامت لوله (mm)	قطر لوله (cm)	طول (m)	ضخامت لوله (mm)	قطر لوله (cm)	طول (m)	ضخامت لوله (mm)	قطر لوله (cm)	طول (m)
۱	۶/۳	۲۴/۴۵	۳/۰	۶/۳	۲۴/۴۵	۳/۰	–	–	–	–	–	–
۲	۵/۴	۱۹/۳۷	۵/۸	۵/۴	۱۹/۳۷	۵/۸	۵/۶	۱۵/۹	۶/۰	۵/۶	۱۵/۹	۶/۰
۳	۴/۰	۱۳/۳۰	۵/۸	۴/۰	۱۳/۳۰	۵/۸	۴/۵	۱۱/۴۳	۵/۸	۴/۵	۱۱/۴۳	۵/۸
۴	۴/۰	۸/۸۹	۱/۸	۴/۰	۸/۸۹	۰/۸	۴/۰	۸/۸۹	۲/۸	۴/۰	۸/۸۹	۱/۸
۵	۴/۰	۶/۰۳	۳/۰	۴/۰	۶/۰۳	۳/۰	۴/۰	۶/۰۳	۳/۰	۴/۰	۶/۰۳	۳/۰
۶	۳/۲	۴/۸۳	۱/۰	۳/۲	۴/۸۳	۱/۰	۳/۲	۴/۸۳	۱/۰	۳/۲	۴/۸۳	۱/۰
۷	۲/۶	۳/۳۷	۳/۰	۲/۶	۳/۳۷	۳/۰	۲/۰	۲/۱۳	۳/۰	۲/۰	۲/۱۳	۳/۰

جدول (۱۳-۷)

طول پایه (متر)	۲۱/۳			۲۰/۳			۱۹/۳			۱۸/۳		
نام قطعه	ضخامت لوله (mm)	قطر لوله (cm)	طول (m)	ضخامت لوله (mm)	قطر لوله (cm)	طول (m)	ضخامت لوله (mm)	قطر لوله (cm)	طول (m)	ضخامت لوله (mm)	قطر لوله (cm)	طول (m)
۱	۶/۳	۲۷/۳	۶/۰	۶/۳	۲۷/۳	۶/۰	۶/۳	۲۴/۴۵	۳/۰	۶/۳	۲۴/۴۵	۳/۰
۲	۵/۴	۱۹/۳۷	۵/۸	۵/۴	۱۹/۳۷	۵/۸	۵/۴	۱۹/۳۷	۵/۸	۵/۴	۱۹/۳۷	۵/۸
۳	۴/۰	۱۳/۳۰	۵/۸	۴/۰	۱۳/۳۰	۵/۸	۴/۰	۱۳/۳۰	۵/۸	۴/۰	۱۳/۳۰	۵/۸
۴	۴/۰	۸/۸۹	۲/۸	۴/۰	۸/۸۹	۰/۸	۴/۰	۸/۸۹	۲/۸	۴/۰	۸/۸۹	۲/۸
۵	۴/۰	۶/۰۳	۳/۰	۴/۰	۶/۰۳	۳/۰	۴/۰	۶/۰۳	۳/۰	۴/۰	۶/۰۳	۳/۰
۶	۳/۲	۴/۸۳	۱/۰	۳/۲	۴/۸۳	۱/۰	۳/۲	۴/۸۳	۱/۰	۳/۲	۴/۸۳	۱/۰
۷	۲/۶	۳/۳۷	۳/۰	۲/۶	۳/۳۷	۳/۰	۲/۶	۳/۳۷	۳/۰	۲/۶	۳/۳۷	۳/۰

۹-۱-۱۳ طرح نمونه جعبه تقسیم پایه‌های فلزی

در پایه‌های فلزی، به منظور نصب ترمینال برای اتصال کابل تغذیه و همچنین پایه فیوز و فیوز حفاظتی مربوطه، نیاز به تعبیه جعبه تقسیمی مطابق با توصیه‌های بند (۱۳-۱-۷-۳) می‌باشد. نحوه استقرار این تجهیزات در داخل جعبه تقسیم، به صورت طرح نمونه‌ای در شکل (۱۳-۱۲) داده شده است. در این شکل، هر یک از قطعات، مشخصاتی به شرح زیر دارد:

قطعه شماره ۱- پیچ و مهره گالوانیزه نمره هشت به طول ۲/۵ سانتیمتر برای برقراری اتصال زمین

قطعه شماره ۲- لولای استیل

قطعه شماره ۳- ترمینال نمره ۳۵ و ریل مربوطه (دو عدد)

قطعه شماره ۴- پایه فیوز ۲۵ آمپری

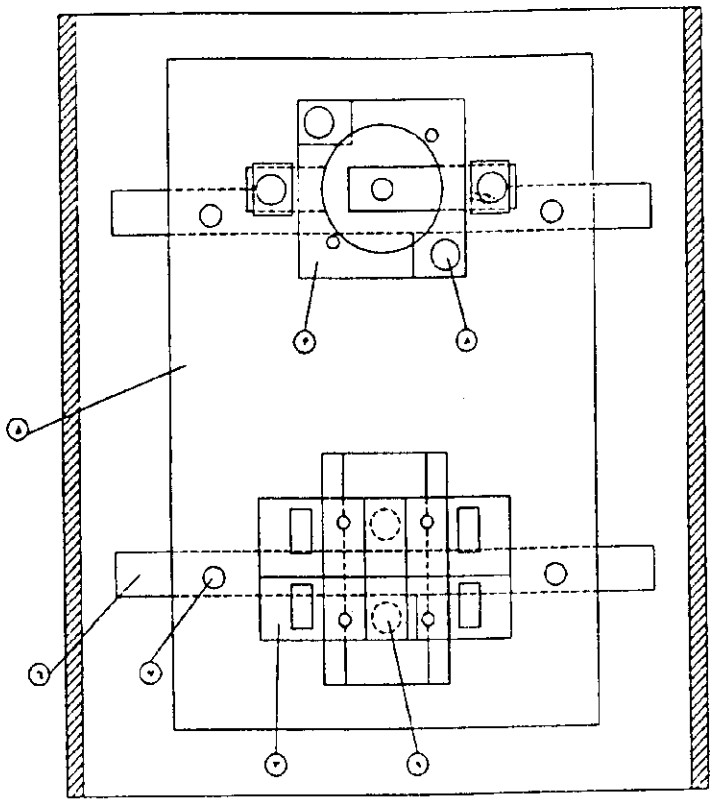
قطعه شماره ۵- فیبر استخوانی به ابعاد (۱۰×۲۰×۰/۴) سانتیمتر

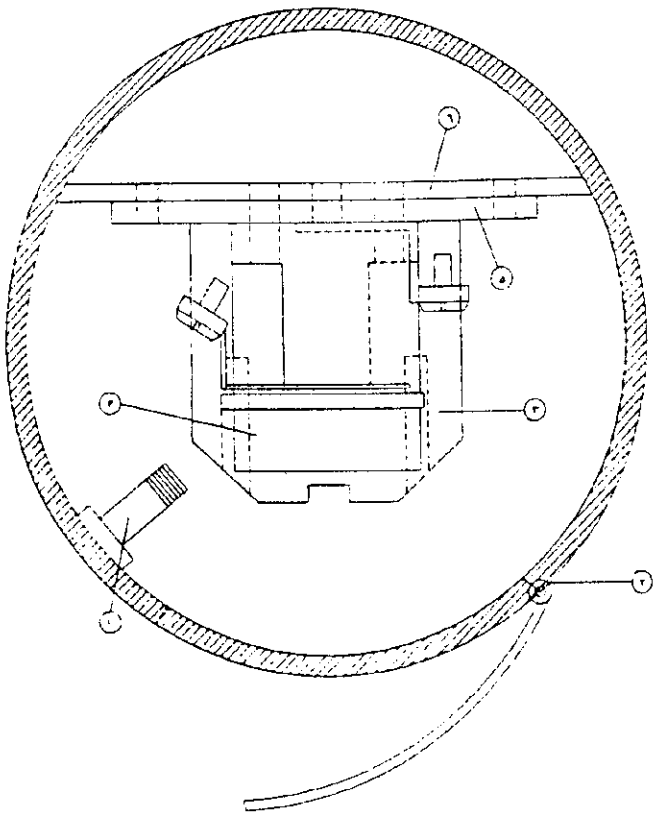
قطعه شماره ۶- تسمه آهنی به عرض ۱/۵ سانتیمتر و ضخامت ۲ تا ۴ میلیمتر، به طولی متناسب با قطر لوله

قطعه شماره ۷- پیچ و مهره گالوانیزه نمره۶ به طول سه سانتیمتر برای نصب فیبر روی تسمه

قطعه شماره ۸- پیچ و مهره گالوانیزه نمره ۶ به طول سه سانتیمتر برای نصب پایه فیوز روی فیبر

قطعه شماره ۹- پیچ و مهره گالوانیزه نمره ۶ به طول سه سانتیمتر برای نصب ریل ترمینال روی فیبر





شکل ۱۳-۱۲- طرح نمونه جعبه تقسیم پایه‌های فلزی

۱۳-۱-۱۰ طرحهای نمونه براکت چراغهای روشنایی معابر

برای نصب چراغهای روشنایی بر روی پایه‌های بتنی و یا بر روی دیوار (در بعضی از راههای محلی) از براکت فلزی استفاده می‌شود. طرحهای نمونه و طریقه نصب آن بر روی پایه یا دیوار مطابق با "استاندارد شبکه‌های توزیع نیروی برق" مصوب وزارت نیرو می‌باشد [۶].

۱۳-۲ مشخصات فنی و استاندارد نصب پایه‌های روشنایی همراه با طرحهای نمونه

۱۳-۲-۱ نصب پایه‌های بتنی

طریقه نصب پایه‌های بتنی باید مطابق با توصیه‌های مندرج در فصل دوازدهم، بند (۲-۱-۴-۴) از مرجع شماره [۹] باشد.

۱۳-۲-۲ نصب پایه‌های فلزی

برای نصب پایه‌های فلزی از دو روش زیر می‌توان استفاده نمود:

الف- دفن پایه‌ها در داخل خاک

ب- نصب پایه‌ها بر روی فونداسیون بتنی پیش‌ساخته

در صورتی که در ساخت پایه فولادی مقررات بند (۱۳-۱-۳) رعایت شده باشد می‌توان ازروش دفن پایه‌ها استفاده نمود، در غیر این صورت در روش دفن پایه خطر خوردگی زیاد بوده و در آن حالت، استفاده از فونداسیون بتنی پیش‌ساخته، به خصوص در زمینهایی با خاصیت خورندگی زیاد پیشنهاد می‌شود.

دستورالعملی که در اینجا ارائه می‌شود برای مناطقی با خاک معمولی بوده و برای مناطق با خاک سست باید اقداماتی برای تقویت محل دفن پایه صورت گیرد.

۱۳-۲-۲-۱ دفن پایه‌ها در داخل خاک

۱۳-۲-۲-۱-۱ عمق دفن

برای تعیین عمق دفن پایه می‌توان از مقادیر داده شده در بند (۱۳-۱-۷-۴) استفاده نمود. در بخش مذکور، برای سه نوع متفاوت خاک، عمقهای دفن

مختلفی داده شده است.

۱۳-۲-۲-۱-۲ روشهای دفن پایه در داخل خاک

الف- روش دفن در گودال

در این روش، گودالی به عمق مورد نظر حفر کرده و پس از نصب پایه در مرکز گودال، بتنی با عیارحداقل ۲۰۰ کیلوگرم سیمان در متر مکعب در گودال ریخته می‌شود (پیش از بتن ریزی، تعبیه لوله‌های مخصوص ورود و خروج کابل فراموش نشود). پس از خشک شدن بتن سطح آن را با خاک و ماسه پر کرده و تا حدی که کاملاً فشرده شود آن را می‌کوبند.

ب- روشن دفن با استفاده از لوله سیمانی

در این روش، گودالی به عمق لازم حفر و یک لوله سیمانی با قطر داخلی ۶ تا ۱۰ سانتیمتر بیش ازقطر خارجی پایه فلزی و ارتفاع ۱۰ سانتیمتر کمتر از عمق گودال در داخل آن گذشته می‌شود (جاگذاری لوله‌های مخصوص ورود و خروج کابل فراموش نشود). سپس اطراف لوله سیمانی با بتنی با عیار حداقل ۲۰۰ کیلوگرم سیمان در متر مکعب پر می‌گردد.
پس از خشک شدن بتن، پایه فلزی دقیقاً در مرکز للوه سیمانی قرار داده شده و داخل آن تا ارتفاع۱۰ سانتیمتری از لبه فوقانی لوله سیمانی با ماسه نرم و مرطوب (که بتوان به راحتی آن را فشرده کرد) پر می‌گردد. پس از آن از فشردگی ماسه اطمینان حاصل شد ۱۰ سانتیمتر باقیمانده از لوله سیمانی، با بتنی با عیار حداقل ۲۰۰ کیلوگرم سیمان در متر مکعب پر شده و سپس ۱۰ سانتیمتر باقیمانده از گودال نیز با مصالحی مشابه آنچه در اطراف پایه قرار دارد (خاک، آسفالت، موزائیک، بتن و غیره) پوشیده می‌شود.

۱۳-۲-۲-۲ نصب پایه‌ها بر روی فونداسیون بتنی پیش‌ساخته

در این روش، فونداسیون بتنی پیش‌ساخته در داخل خاک دفن شده و پایه فلزی بر روی آن نصب می‌شود. استفاده از این روش، در زمینهایی با خاصیت خورندگی زیاد توصیه می‌گردد.

۱۳-۲-۲-۳ طرحهای نمونه فونداسیونهای بتنی پیش‌ساخته

در این بخش، به بیان طرحهای نمونه چهار نوع فونداسیون بتنی پیش‌ساخته برای دوازده طرح نمونه پایه فلزی (ارائه شده در بند ۱۳-۱-۸) پرداخته شده است. طرحهای مطرح شده در این بخش، جنبه طرح نمونه داشته و اجبار یا تأکیدی بر اجرای این طرحها نمی‌باشد. برای استفاده از این طرحها، حتماً باید از تطابق محدودیتهای طراحی آن با شرایط منطقه مورد نظر اطمینان حاصل شود.

۱۳-۲-۲-۴ محدودیتهای طراحی فونداسیون

۱۳-۲-۲-۴-۱ ارتفاع پایه

الف- فونداسیونهای طرح "الف" برای پایه‌های از ۱۰/۵ متر تا ۱۲/۵ متر طراحی شده است.

ب- فونداسیونهای طرح "ب" برای پایه‌های از ۱۳/۵ متر تا ۱۵/۵ متر طراحی شده است.

ج- فونداسیونهای طرح "ج" برای پایه‌های از ۱۶/۳ متر تا ۱۸/۳متر طراحی شده است.

د- فونداسیونهای طرح "د" برای پایه‌های از ۱۹/۳ متر تا ۲۱/۳ متر طراحی شده است.

۱۳-۲-۲-۴-۲ مقاومت فشاری بتن برابر ۲۵۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع در نظر گرفته شده است.

۱۳-۲-۲-۴-۳ وزن مخصوص بتن برابر ۲۵۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب در نظر گرفته شده است.

۱۳-۲-۲-۴-۴ وزن مخصوص خاک برابر ۱۸۵۰ کیلوگرم بر متر مکعب در نظر گرفته شده است.

۱۳-۲-۲-۴-۵ تنش مجاز خاک به صورت متغیر و حداقل ۰/۸ کیلوگرم بر سانتیمترمربع در نظر گرفته شده است.

۱۳-۲-۲-۴-۶ تنش تسلیم آرماتورهای مصرفی ۳۰۰۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع در نظرگرفته شده است.

۱۳-۲-۲-۴-۷ کلیه آرماتورها باید حتماً از نوع آجدار و عاری از هر گونه زنگ زدگی باشد.

۱۳-۲-۲-۴-۸ نوع سیمان مورد مصرف با توجه به جنس خاک محل تعیین می‌شود.

۱۳-۲-۲-۴-۹ کنترل واژگونی فونداسیون در بحرانی‌ترین حالت با توجه به وزن خاک روی فونداسیون صورت گرفته است، بنابراین در شرایط بهره‌برداری، حتماً باید روی فونداسیون، خاک با درصد تراکم مناسب وجود داشته باشد.

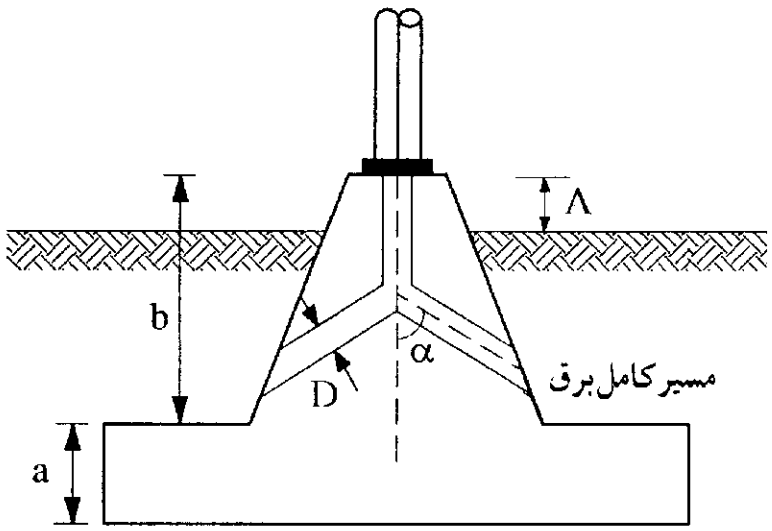
۱۳-۲-۲-۵ ابعاد فونداسیونها

با توجه به شکل (۱۳-۱۳) و جدول (۱۳-۸) ابعاد مشترک برای هر چهار نوع فونداسیون مشخص می‌شود.

جدول ۱۳-۸- ابعاد مشترک برای چهار نوع فونداسیون

α	۳۰° حداقل
Λ	۱۰cm
D	*

* برابر قطر لوله انتخابی

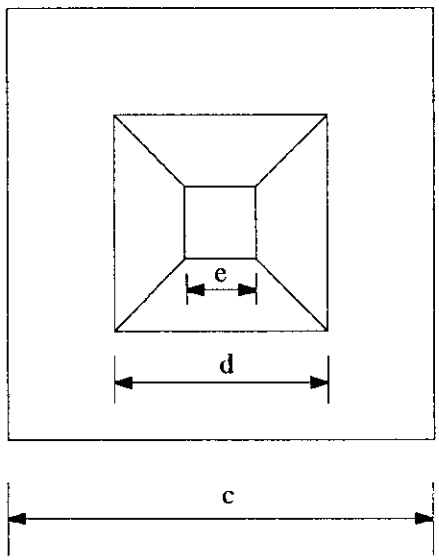


شکل ۱۳-۱۳- فونداسیون پایه‌های روشنایی

در شکل (۱۳-۱۴) و جدول (۱۳-۹) ابعاد غیریکسان فونداسیونها بیان شده است.

جدول ۱۳-۹- ابعاد فونداسیونها با توجه به اشکال (۱۳-۱۳) و (۱۳-۱۴)

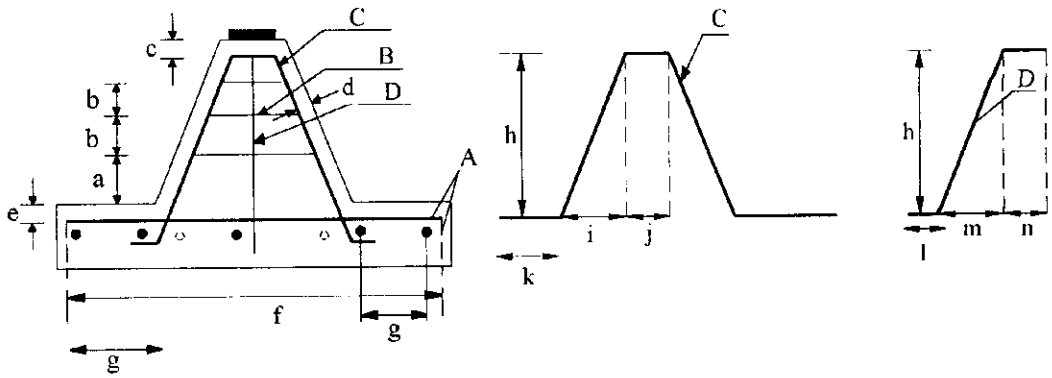
e	d	c	b	a	اندازه (cm) / طرح
۴۰	۷۰	۱۴۰	۸۰	۲۰	الف
۴۰	۷۰	۱۴۰	۱۰۰	۲۵	ب
۵۰	۹۰	۱۶۰	۹۵	۲۵	ج
۵۰	۹۰	۱۶۰	۱۵۰	۳۰	د



شکل ۱۳-۱۴- ابعاد فونداسیونها

۱۳-۲-۲-۶ آرماتورها

همانطور که اشاره شد کلیه آرماتورها باید آجدار و فاقد زنگ‌زدگی باشد. در شکل (۱۳-۱۵) و جدول (۱۳-۱۰) طول آرماتورها مشخص شده است. لازم به ذکر است که در شکل (۱۳-۱۵) آرماتورها با حروف بزرگ و طول آن با حروف کوچک نام‌گذاری شده است.



شکل ۱۳-۱۵- آرماتورهای فونداسیونها

جدول ۱۳-۱۰- طول آرماتورهای فونداسیونها

n	m	l	k	j	i	h	g	f	e	d	c	b	a	ابعاد cm / طرح
-	-	-	۲۰	۳۵	۲۵	۹۰	۳۲	۱۳۰	۱۰	۷/۵	۵	۲۵	۲۵	الف
-	-	-	۲۰	۳۵	۲۵	۱۲۰	۳۲	۱۳۰	۱۲/۵	۷/۵	۵	۳۰	۱۰	ب
۲۰	۲۵	۲۰	۲۰	۵۰	۳۵	۱۱۰	۲۵	۱۵۰	۱۲/۵	۷/۵	۵	۳۰	۱۰	ج
۲۰	۲۳	۲۰	۲۰	۵۰	۳۲	۱۶۵	۲۵	۱۵۰	۱۵	۷/۵	۵	۴۰	۱۰	د

در جدول (۱۳-۱۱) نیز مقطع آرماتورها و تعداد مورد استفاده از آن ارائه شده است.

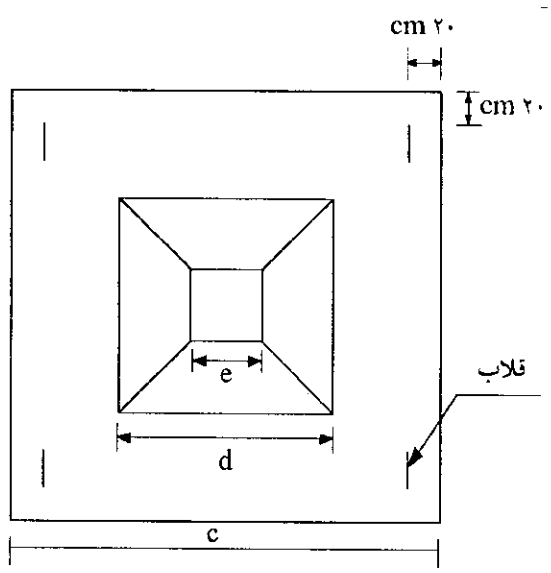
جدول ۱۳-۱۱- مقطع و تعداد آرماتورها

D		C		B		A		آرماتور / طرح
قطر mm	تعداد	قطر mm	تعداد	قطر mm	تعداد	قطر mm	تعداد	
-	-	۱۲	۲	۱۰	۳	۱۲	۲×۵	الف
-	-	۱۲	۲	۱۲	۳	۱۴	۲×۵	ب
۱۲	۴	۱۲	۲	۱۲	۳	۱۲	۲×۷	ج
۱۴	۴	۱۴	۴	۱۲	۴	۱۴	۲×۷	د

لازم به ذکر است که آرماتورهای A به صورت "شبکه" می‌باشد و هر خانه از "شبکه" به صورت مربعی به ضلع g می‌باشد. آرماتور D نیز تنها در طرح "ج" و "د" استفاده می‌شود.

۱۳-۲-۲-۷ قلابهای حمل و نقل

برای حمل و نقل فونداسیونها و خارج کردن آن از قالب باید چهار قلاب مطابق شکل (۱۳-۱۶) بر روی فونداسیون تعبیه شود. قطر آرماتور قلابها باید حداقل برابر ۲۰ میلیمتر باشد.



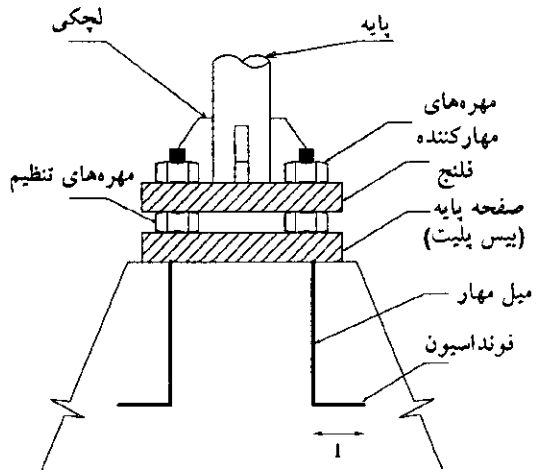
شکل ۱۳-۱۶- محل نصب قلابها

۱۳-۲-۲-۸ صفحه پایه (بیس پلیت[1])

برای اتصال پایه به فونداسیون نیاز به نصب صفحه پایه روی فونداسیون می‌باشد. مشخصات صفحه پایه مشابه مشخصات صفحه فلنج (مطابق با بند ۱۳-۱-۷-۵) می‌باشد. میل مهار را نیز می‌توان مطابق با همان بند (بند ۱۳-۱-۷-۵) انتخاب نمود. طول رزوه شده میل مهار حدود ۱۱ سانتیمتر می‌باشد. طول قسمت انحنا یافته آن (در شکل ۱۳-۱۷) تقریباً برابر ۱۵

1- Base Plate

سانتیمتر است.



شکل ۱۳-۱۷- طریقه نصب پایه بر روی فونداسیون

۱۳-۲-۲-۹ لوله‌های ورود و خروج کابل

این لوله‌ها باید از جنس لوله‌های فولادی که برای سیم‌کشی استفاده می‌شود، بوده و قطر داخلی آن باید حداقل ۱/۵ برابر قطر خارجی کابل مورد استفاده برای تغذیه پایه‌ها باشد. در حالتی که کابل تغذیه از یک لوله وارد و از همان لوله نیز برای تغذیه پایه بعدی خارج می‌شود، قطر داخلی لوله باید حداقل ۳ برابر قطر خارجی کابل تغذیه کننده، باشد به طوری که این کابل به راحتی بتواند از داخل لوله، وارد و خارج شود.

فصل چهاردهم

سیستم توزیع و برق‌رسانی به شبکه روشنایی معابر

۱-۱۴ کلیات و تعریفها

سیستم توزیع و برق‌رسانی به شبکه روشنایی معابر عبارت از کل مسیر تغذیه این شبکه و عناصر تشکیل‌دهنده آن می‌باشد. این مسیر، از پست توزیع برق شروع شده و به تک تک چراغهای نصب شده در طول مسیر معبر منتهی می‌شود. اجزاء این مسیر عبارتند از پست توزیع برق و عناصر متشکله آن: شبکه هوایی یا زمینی تغذیه‌کننده از پست توزیع تا پایه‌های روشنایی؛ مسیر تغذیه انشعاب هر چراغ از نقطه اتصال به شبکه تا خود چراغ؛ سیستم حفاظت و زمین به کار رفته و همچنین سیستم کنترل و فرمان روشنایی معابر.

۱-۱-۱۴ پست توزیع برق

در شبکه‌های برق، پستهای توزیع، ایستگاههای تقلیل ولتاژ است به گونه‌ای که خروجی آن ولتاژ مصرف‌کننده‌ها را دارا می‌باشد. این پستها می‌توانند ولتاژهای اولیه ۳۳، ۲۰ و ۱۱ کیلوولت را به ۳۸۰ ولت سه فاز و یا ۲۲۰ ولت تک فاز تبدیل کند. پستهای توزیع به دو نوع هوایی و زمینی تقسیم می‌شود که هر دو نوع آن ممکن است شبکه‌های روشنایی معابر را تغذیه کند.

۱-۱-۱-۱۴ پست توزیع زمینی

پست توزیع زمینی به پستهایی اطلاق می‌شود که تجهیزات آن عموماً در داخل محیط بسته و مسقفی نصب می‌گردد. این پستها ممکن است داخل اطاقکهای آجری یا سیمانی و یا در داخل کیوسکهای فلزی قرار داشته باشد که نوع اخیر، به پستهای کیوسکی معروف می‌باشد. پستهای توزیع زمینی

عمدتاً" با ظرفیتهای بالایی طراحی می‌شود بنابراین برای تغذیه سیستم روشنایی، بعنوان پست اختصاصی مورد استفاده قرار نمی‌گیرد بلکه بار روشنایی معابر بعنوان بخشی از بار مصرفی آن بشمار می‌رود. در این پستها، بنا به نیاز منطقه سرویس‌دهی، می‌تواند یک یا دو دستگاه ترانسفورماتور توزیع نصب شود. ظرفیت نامی هر یک از ترانسفورماتورهای نصب شده در این پستها می‌تواند معادل ۵۰۰، ۶۳۰، ۸۰۰، ۱۰۰۰ یا حداکثر ۱۲۵۰ کیلوولت آمپر انتخاب گردد.

۱۴-۱-۱-۲ پست توزیع هوایی

پست توزیع هوایی به پستهایی اطلاق می‌شود که تجهیزات آن در فضای آزاد و به صورت روباز نصب می‌گردد. در این پستها، ترانسفورماتور توزیع و سایر تجهیزات مورد نیاز فشار متوسط بربالای تیرهای بتنی نصب شده و تابلوهای فشار ضعیف آن، در پایین تیرها قرار داده می‌شود.

ظرفیت نامی ترانسفورماتورهای نصب شده در این پستها، بنابر نیاز می‌تواند معادل ۵۰، ۱۰۰، ۱۲۵، ۱۶۰، ۲۰۰، ۲۵۰، ۳۱۵ و یا حداکثر ۴۰۰ کیلوولت آمپر انتخاب شود. در این پستها نیز، عمدتاً" بار روشنایی معابر بعنوان بخشی از بار مصرفی آن بوده ولی در موارد خاصی همچون روشنایی برخی از آزاد راهها و بزرگراهها از این پستها بعنوان پست اختصاصی روشنایی معابر استفاده می‌گردد.

۱۴-۱-۲ شبکه تغذیه از پست توزیع تا پایه‌های روشنایی

شبکه تغذیه می‌تواند هوایی و یا زمینی بوده که شبکه هوایی ممکن است به صورت شبکه مستقل روشنایی معابر و یا شبکه‌ای وابسته، به همراه شبکه تغذیه انشعابات مشترکین باشد. انواع این شبکه‌ها به صورت زیر دسته‌بندی می‌شود.

۱۴-۱-۲-۱ شبکه روشنایی معابر هوایی وابسته

در این نوع شبکه، که در حال حاضر بنا به ملاحظات اقتصادی، متداول‌ترین شبکه تغذیه روشنایی معابر می‌باشد، از تیرهای بتنی (و بندرت چوبی) که بر

روی آن، خط هوایی تغذیه‌کننده مشترکین و روشنایی معابر تواماً نصب شده، استفاده می‌شود. این خط هوایی، از پنج رشته سیم، مشتمل بر سه رشته سیم متصل به سه فاز شبکه و یک رشته سیم نول برای تغذیه مشترکین، و رشته سیم پنجمی به نام "فاز شب" برای تغذیه سیستم روشنایی، تشکیل می‌شود. چراغهای روشنایی برروی بازویی نصب شده و این بازو در بالای تیر نصب می‌گردد. کنترل روشنایی چراغها نیز با قطع و وصل "فاز شب" از داخل پست تغذیه‌کننده صورت می‌گیرد. این نوع شبکه روشنایی معابر، در راههای محلی و راههای شریانی درجه ۲ قابل اجرا خواهد بود مشروط بر این که بتواند استانداردها و محدودیتهای روشنایی معابر را رعایت نمود.

۱۴-۱-۲-۲ شبکه روشنایی معابر هوایی مستقل

این شبکه، فقط به منظور تغذیه سیستم روشنایی احداث گردیده و در آن، برای نصب چراغهای روشنایی، از پایه‌های بتنی استفاده می‌شود. در این نوع شبکه فاصله بین پایه‌ها، با توجه به شدت روشنایی مجاز معبر، تعیین می‌گردد و شبکه تغذیه آن نیز از نوع هوایی است که بر روی پایه‌های مزبور نصب می‌شود.

این نوع شبکه تغذیه، سه فاز بوده و از چهار رشته سیم مشتمل بر سه رشته سیم فاز و یک رشته سیم نول تشکیل می‌شود. چراغهای روشنایی بر روی بازویی نصب شده و این بازو در بالای تیر قرار می‌گیرد. بر روی هر پایه، می‌تواند یک یا دو چراغ نصب شده که سیستم اخیر، برای نصب در رفوژ وسط راه مناسب می‌باشد. کنترل روشنایی چراغها نیز با قطع و وصل سه فاز تغذیه کننده، از داخل پست مربوط صورت می‌گیرد. این نوع شبکه روشنایی معابر، عمدتاً در راههای شریانی درجه ۲ قابل اجرا می‌باشد.

۱۴-۱-۲-۳ شبکه روشنایی معابر زمینی مستقل

این شبکه، فقط به منظور تغذیه سیستم روشنایی احداث شده و در آن، از کابل زمینی استفاده می‌شود. برای نصب چراغهای روشنایی، از پایه‌های فلزی

استفاده شده و فاصله بین پایه‌ها نیز با توجه به شدت روشنایی مجاز معبر تعیین می‌شود.

تغذیه این شبکه، توسط کابل ۴ رشته و یا ۵ رشته انجام می‌شود که رشته پنجم به عنوان سیم زمین‌کننده پایه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. به دلیل فلزی بودن پایه‌ها و نیاز به زمین کردن تک تک آن، در موقع استفاده از کابل ۴ رشته‌ای، یک رشته سیم مسی به موازات کابل تغذیه کشیده شده و از آن به منظور زمین کردن پایه‌ها استفاده می‌شود. بر روی هر پایه، می‌تواند یک یادو چراغ نصب شده که از پایه دو چراغی برای نصب در رفوژ وسط راه استفاده می‌گردد. کنترل روشنایی چراغها نیز با قطع و وصل سه فاز تغذیه کننده، از داخل پست مربوط صورت می‌گیرد. این نوع شبکه روشنایی معابر، در راههای شریانی درجه ۱ و ۲ قابل اجرا می‌باشد.

۳-۱-۱۴ مسیر تغذیه انشعاب هر چراغ

این مسیر، برای هر پایه، از شبکه روشنایی معابر منشعب شده و به منظور تغذیه چراغهای نصب شده بر روی همان پایه مورد استفاده قرار می‌گیرد. این مسیر می‌تواند از کابل یا سیم روکش‌دار تشکیل شود.

۴-۱-۱۴ مسیر تغذیه از پست تا سر خط

برای شبکه‌های روشنایی معابر هوایی، مسیر تغذیه از پست توزیع تا اولین پایه روشنایی در سرخط، کابلی بوده و در آنجا، کابل تغذیه، به بالای تیر هدایت شده و به شبکه هوایی متصل می‌شود.

۵-۱-۱۴ سیستم حفاظت و زمین مورد استفاده

برای جلوگیری از صدمات ناشی از وقوع اتصالی در شبکه، سیستم حافظتی برای آن پیش‌بینی می‌شود. همچنین در جوار سیستم حفاظتی، سیستم زمینی نیز پیش‌بینی می‌گردد که می‌تواند ازخطرات ناشی از اضافه ولتاژها و برق گرفتگیها در مواقع بروز هر نوع اتصالی جلوگیری کند.

۶-۱-۱۴ سیستم کنترل و فرمان روشنایی معابر

این سیستم، برای کنترل روشنایی چراغها بوده و می‌تواند به صورت فرمان از راه دور عمل کرده و یا این که کنترل هر چراغ و یا گروهی از چراغها در محل آن چراغ و یا از پست توزیع مربوط صورت بگیرد.

۲-۱۴ پست توزیع زمینی

۱-۲-۱۴ مشخصات فنی و نقشه‌های ساختمانی، نحوه طراحی، اجرا، نصب، نحوه استقرار تجهیزات و نقشه‌های تک خطی الکتریکی باید برابر ضوابط مندرج در "استاندارد پستهای توزیع زمینی ۲۰ کیلوولت" [۱] مصوب وزارت نیرو انجام شود. اصول و ضوابط مورد استفاده دراستاندارد مزبور، برای پستهای توزیع زمینی ۳۳ و ۱۱ کیلوولت نیز قابل تعمیم می‌باشد.

۲-۲-۱۴ مشخصات فنی ترانسفورماتورهای مورد استفاده در پستهای زمینی باید منطبق بر"استاندارد ترانسفورماتورهای توزیع" [۲] مصوب وزارت نیرو باشد.

۳-۲-۱۴ استاندارد ساخت، مشخصات فنی تجهیزات مورد استفاده، نحوه نصب و تعمیر و نگهداری تابلوهای فشار متوسط و فشار ضعیف به کار رفته در پستهای توزیع زمینی باید مطابق با "استاندارد تابلوهای مورد استفاده در شبکه‌های توزیع" [۳] مصوب وزارت نیرو باشد.

۴-۲-۱۴ استاندارد و مشخصات فنی سیستم زمین ایجاد شده در پست، باید مطابق"استاندارد سیستم زمین شبکه‌های توزیع" [۴] مصوب وزارت نیرو باشد.

۵-۲-۱۴ استاندارد ساخت و مشخصات فنی کابلهای مورد استفاده در پستهای توزیع زمینی اعم از کابلهای ورودی و خروجی و همچنین کابلهای داخل پست و نحوه نصب و نگهداری آن باید مطابق با "استاندارد کابلهای مورد استفاده در شبکه توزیع" [۵] مصوب وزارت نیرو باشد.

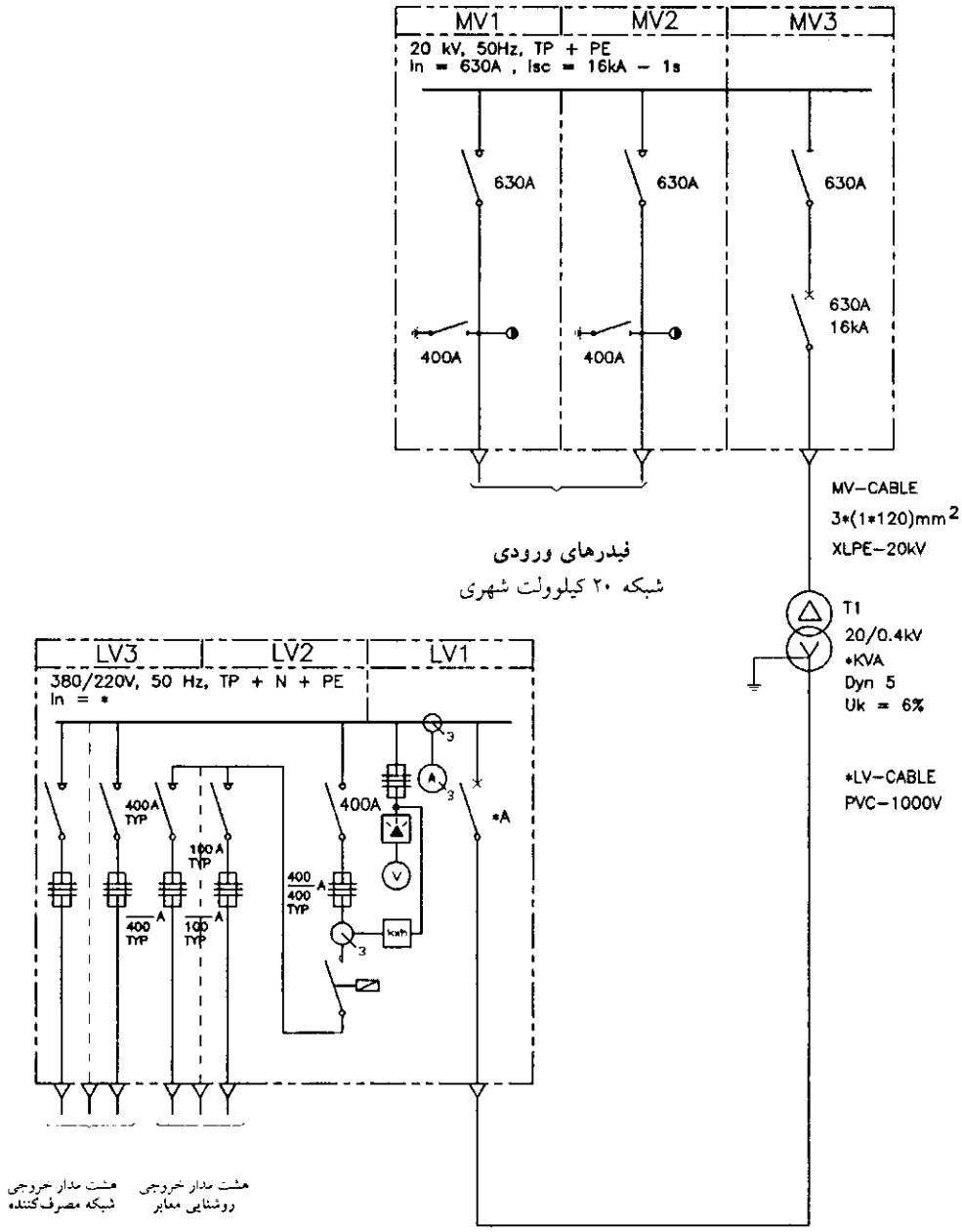
۶-۲-۱۴ نقشه‌های الکتریکی تک خطی پستهای توزیع زمینی دارای یک ترانسفورماتور و دو ترانسفورماتور، برابر ضوابط مندرج در نشریه "استاندارد پستهای توزیع زمینی ۲۰ کیلوولت"[۱]، در شکلهای (۱۴-۱) و (۱۴-۲) نشان داده شده است. علائم اختصاری به کار رفته در این نقشه‌ها، مطابق با شکل (۱۴-۳) می‌باشد.

۷-۲-۱۴ انواع مختلف پستهای توزیع زمینی و ابعاد آن، برابر ضوابط مندرج در "استاندارد پستهای توزیع زمینی ۲۰ کیلوولت" [۱]، به شرح جدول (۱۴-۱) خواهد بود.

جدول ۱۴-۱- انواع پستهای توزیع زمینی و ابعاد آن

نوع پست	طول زمین پست (cm)	عرض زمین پست (cm)	مساحت زیربنا (m^2)
- یک طبقه با یک ترانسفورماتور، نوع اول، و با کف کانال	۶۰۰	۵۳۵	(۶×۵/۳۵)
- یک طبقه با یک ترانسفورماتور، نوع اول، و با کف نیم طبقه	۶۰۰	۵۳۵	۲×(۶×۵/۳۵)
- یک طبقه با یک ترانسفورماتور، نوع دوم، و با کف کانال	۶۷۰	۵۳۵	(۶/۷×۵/۳۵)
- یک طبقه با یک ترانسفورماتور، نوع دوم، و با کف نیم‌طبقه	۶۷۰	۵۳۵	۲×(۶/۷×۵/۳۵)
- یک طبقه با یک ترانسفورماتور، و با کف کانال	۹۸۰	۵۳۵	(۹/۸×۵/۳۵)
- یک طبقه با یک ترانسفورماتور، و با کف نیم طبقه	۹۸۰	۵۳۵	۲×(۹/۸×۵/۳۵)
- دو طبقه با یک ترانسفورماتور در طبقه هم کف	۴۵۰	۴۵۰	۲×(۴/۵×۴/۵)
- دو طبقه با یک ترانسفورماتور، تابلوها در طبقه همکف، و روی کانال	۴۵۰	۴۵۰	۲×(۴/۵×۴/۵)
- دوطبقه با یک‌ترانسفورماتور، تابلوها در طبقه همکف، و روی نیم‌طبقه	۴۵۰	۴۵۰	۳×(۴/۵×۴/۵)
- دو طبقه با دو ترانسفورماتور در طبقه همکف	۶۷۰	۴۵۰	۲×(۶/۷×۴/۵)
- دو طبقه با دو ترانسفورماتور، تابلوها در طبقه همکف، و روی کانال	۶۷۰	۴۵۰	۲×(۶/۷×۴/۵)
- دو طبقه با دو ترانسفورماتور، تابلوها در طبقه همکف، و روی نیم‌طبقه	۶۷۰	۴۵۰	۳×(۶/۷×۴/۵)

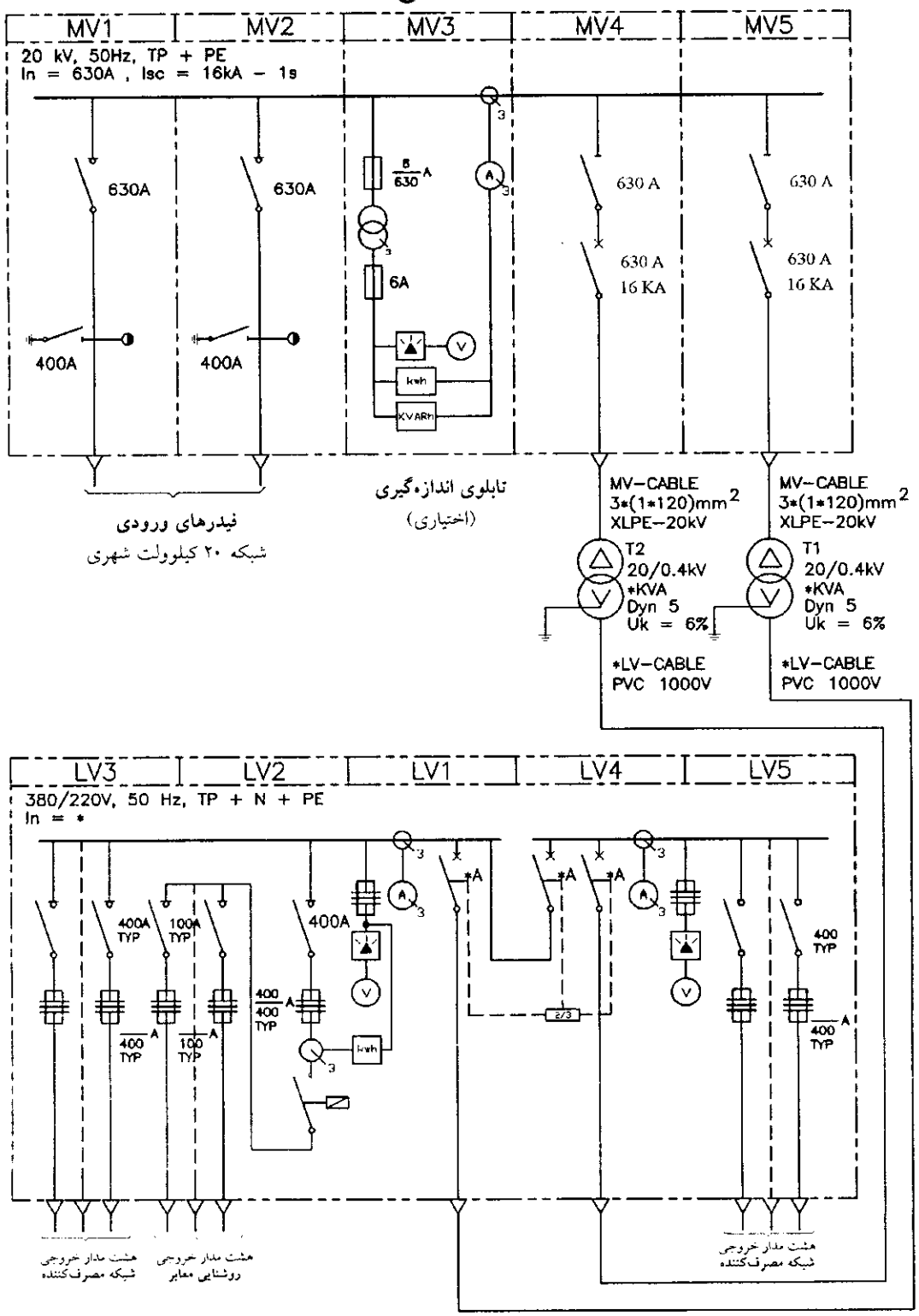
شکل۱۴-۱- نقشه تک خطی پست توزیع زمینی با یک ترانسفورماتور



* جدول اندازه‌های نامی

ترانسفورماتور	کابل فشار ضعیف/فاز	کلید و تابلو فشار ضعیف آب و هوای (معتدل)	کلید و تابلو فشار ضعیف آب و هوای (گرمسیر)	ظرفیت اتصال کوتاه تابلوی فشار ضعیف
500KVA	3x(1x240)mm²	800A	1000A	16KA
630KVA	4x(1x240)mm²	1000A	1250A	16KA
800KVA	5x(1x240)mm²	1250A	1600A	20KA
1000KVA	7x(1x240)mm²	1600A	2000A	25KA
1250KVA	8x(1x240)mm²	2000A	2500A	31.5KA

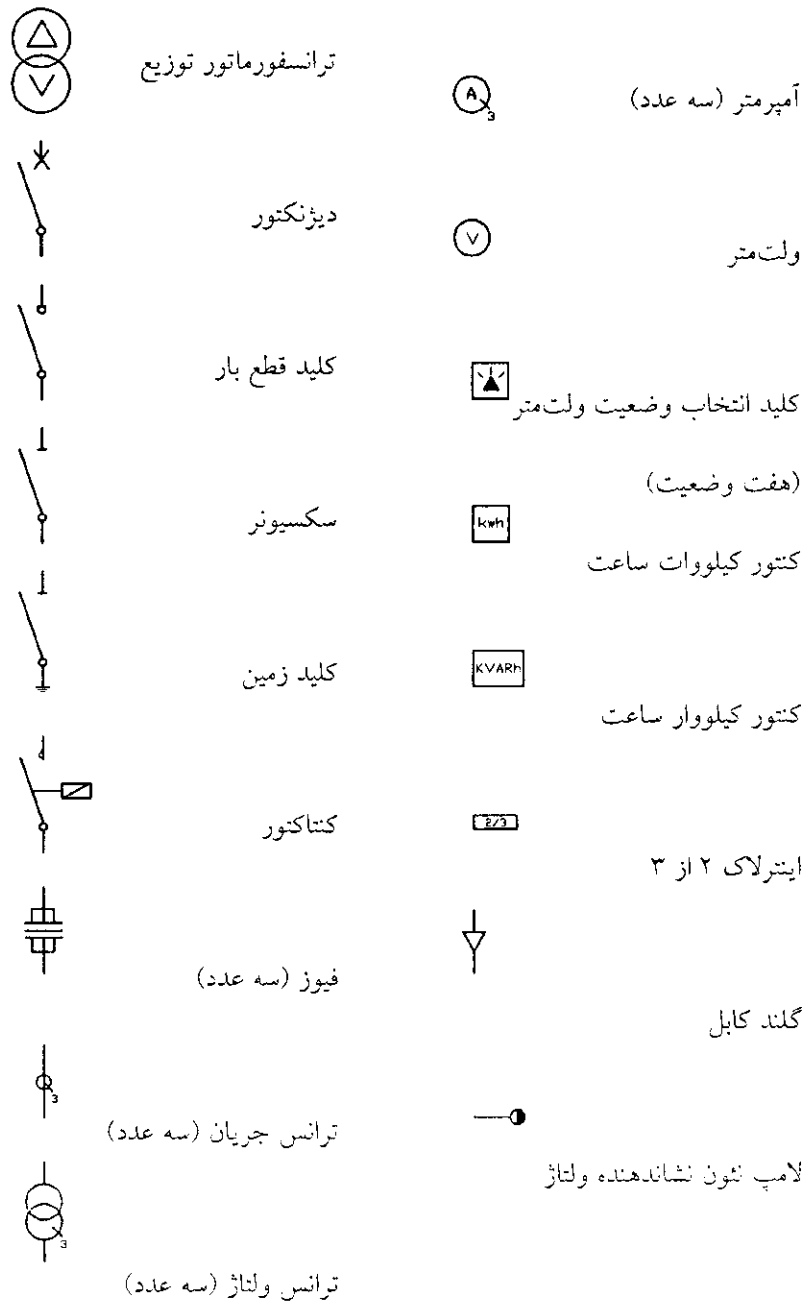
شکل ۱۴-۲- نقشه تک خطی پست توزیع زمینی با دو ترانسفورماتور



* جدول اندازه‌های نامی

ترانسفورماتور	کابل فشار ضعیف/فاز	کلید و تابلو فشار ضعیف آب و هوای (معتدل)	کلید و تابلو فشار ضعیف آب و هوای (گرمسیر)	ظرفیت اتصال کوتاه تابلوی فشار ضعیف
500KVA	3x(1x240)mm²	800A	1000A	16KA
630KVA	4x(1x240)mm²	1000A	1250A	16KA
800KVA	5x(1x240)mm²	1250A	1600A	20KA
1000KVA	7x(1x240)mm²	1600A	2000A	25KA
1250KVA	8x(1x240)mm²	2000A	2500A	31.5KA

شکل ۱۴-۳- نشانه‌های ترسیمی پستهای توزیع برق



۱۴-۲-۸ نقشه الکتریکی تک خطی پستهای توزیع زمینی کیوسکی باید مشابه با شکل (۱۴-۱) باشد. نحوه استقرار تجهیزات و ابعاد این پستها متنوع بوده و تابع طرح سازنده آن خواهد بود. مشخصات فنی تجهیزات به کار رفته و سیستم زمین آن باید مطابق با سایر پستهای توزیع زمینی باشد.

۱۴-۳ پست توزیع هوایی

۱۴-۳-۱ مشخصات فنی، نقشه‌ای اجرایی و طریقه نصب و استقرار تجهیزات این گونه پستها باید مطابق با ضوابط مندرج در نشریه "استاندارد شبکه‌های توزیع نیرو" [۶] مصوب وزارت نیرو باشد.

۱۴-۳-۲ مشخصات فنی ترانسفورماتور به کار رفته در این پستها، باید منطبق بر "استاندارد ترانسفورماتورهای توزیع" [۲] مصوب وزارت نیرو باشد.

۱۴-۳-۳ این پستها، فاقد تابلوی فشار متوسط می‌باشد. تجهیزات مورد نیاز در بخش فشار متوسط این پستها، فقط مشتمل بر تجهیزات فیدر ترانس بوده که به صورت روباز و بر بالای تیرحامل ترانسفورماتور نصب می‌شود. این تجهیزات عبارتند از:

۱۴-۳-۳-۱ **سکسیونر فیوزدار یا کات اوت فیوز**

۱۴-۳-۳-۲ **برقگیر**

۱۴-۳-۳-۳ در صورت نیاز می‌تواند ترانسفورماتور ولتاژ و جریان نیز مورد استفاده قرار گیرد.

۱۴-۳-۴ این پستها، فقط شامل یک ورودی فشار متوسط بوده که از شبکه فشار متوسط مربوطه منشعب می‌شود. بر روی فیدر فشار متوسط ورودی این پستها نیز هیچ گونه تجهیزاتی نصب نمی‌گردد.

۱۴-۳-۵ تجهیزات مورد استفاده در بخش فشار ضعیف و نقشه تک خطی آن، مشابه با پستهای توزیع زمینی می‌باشد. استاندارد ساخت، مشخصات فنی تجهیزات به

کار رفته، نحوه نصب و تعمیر و نگهداری تابلوهای فشار ضعیف این پستها، باید مطابق با "استاندارد تابلوهای مورد استفاده در شبکه‌های توزیع" [۳] مصوب وزارت نیرو باشد.

۶-۳-۱۴ استاندارد و مشخصات فنی سیستم زمین ایجاد شده در پست، باید مطابق با"استاندارد سیستم زمین شبکه‌های توزیع" [۴] مصوب وزارت نیرو باشد.

۴-۱۴ شبکه روشنایی معابر هوایی وابسته

۱-۴-۱۴ مشخصات فنی پایه‌ها، بازوهای خاص نصب چراغ و طریقه نصب و استقرار بازو بر روی پایه مطابق با توصیه‌های فصل سیزدهم می‌باشد.

۲-۴-۱۴ مشخصات فنی سایر تجهیزات خط هوایی باید مطابق با "استاندارد خطوط هوایی شبکه توزیع" [۷] مصوب وزارت نیرو باشد.

۳-۴-۱۴ نقشه‌های اجرایی و طریقه نصب و استقرارکلیه تجهیزات خط هوایی باید مطابق بامرجع [۷] باشد.

۴-۴-۱۴ سطح مقطع سیم "فاز شب"، ۱۶ یا حداکثر ۲۵ میلیمتر مربع و از جنس مس خواهد بود.

۵-۴-۱۴ فاصله بین پایه ها، باید بر اساس محاسبات روشنایی معبر تعیین گردیده و سپس این فاصله، مبنای محاسبات طراحی خط هوایی فشار ضعیف نصب شده بر روی این پایه‌ها قرارداده شود (مطابق با [۷]). در صورت عدم تامین پارامترهای طراحی خط هوایی، باید نسبت به تغییر نوع چراغ و یا ارتفاع نصب پایه اقدام نموده و مجددا" محاسبات روشنایی معبر را تکرار، و فاصله جدید پایه‌ها را تعیین کرد و سپس محاسبات طراحی خط هوایی را بر مبنای فاصله جدید انجام داده و پارامترهای طراحی خط را کنترل نمود. این روند، تا موقعی که هر دو طرح روشنایی معبر و خط هوایی فشار ضعیف به طرح مناسبی برسد، ادامه می‌یابد.

۶-۴-۱۴ در این روش تغذیه روشنایی معابر، چراغهای واقع بر روی هر خط، فقط توسط یکی از فازها تغذیه می‌شود. این امر، باعث ایجاد عدم تقارن در بار پست توزیع مربوطه می‌شودو در نتیجه ضمن تغییر ولتاژ نقطه صفر شبکه، سبب افزایش تلفات ترانسفورماتور می‌گردد. به منظور حل این مشکل و به حداقل رساندن عدم تقارن بار حاصل، توصیه می‌شود که بار روشنایی خطوط یا مسیرهای تغذیه شونده از پست، تا حد امکان به طور مساوی بین سه فاز مختلف تقسیم گردد.

۷-۴-۱۴ به علت برق‌دار بودن شبکه و مشکلات ایمنی پرسنل تعمیر و نگهداری چراغهای روشنایی معابر، توصیه می‌شود که شبکه فشار ضعیف در قسمت فوقانی تیر نصب شده و بازوهای چراغهای روشنایی پایین‌تر از آن قرار داده شود. در این حالت، برای هر پایه خاصی، به ارتفاع نصب چراغ پایین‌تری دست یافته که مناسب، برای طراحی روشنایی معبر نمی‌باشد.

۸-۴-۱۴ استفاده از پایه‌های شبکه فشار متوسط به منظور نصب شبکه فشار ضعیف وروشنایی معابر همراه آن و چراغهای مربوط بنا به دلایل زیر مجاز نخواهد بود.

۱-۸-۴-۱۴ عدم وجود ایمنی برای پرسنل تعمیر و نگهداری سیستم روشنایی معابر به دلیل نزدیکی به ولتاژهای بالا.

۲-۸-۴-۱۴ عدم برآورد حداقل روشنایی مورد نیاز معبر به دلیل ارتفاع نصب پایین چراغ وفاصله زیاد پایه‌ها

۳-۸-۴-۱۴ امکان ایجاد اضافه ولتاژ غیر مجاز در شبکه روشنایی معبر و آسیب رسیدن به تجهیزات آن.

۵-۱۴ شبکه روشنایی معابر هوایی مستقل

۱-۵-۱۴ مشخصات فنی پایه ها، بازوهای خاص نصب چراغ و طریقه نصب و استقرار بازو بر روی پایه مطابق با توصیه‌های فصل سیزدهم می‌باشد.

۲-۵-۱۴ مشخصات فنی سایر تجهیزات مورد نیاز شبکه، باید مطابق با مرجع [۷] باشد.

۳-۵-۱۴ نقشه‌های اجرایی و طریقه نصب و استقرار کلیه تجهیزات شبکه باید مطابق با مرجع [۷] باشد.

۴-۵-۱۴ سطح مقطع سیمهای فاز، ۱۶ یا حداکثر ۲۵ میلیمتر مربع و از جنس مس خواهد بود. سطح مقطع سیم نول نیز باید مطابق با توصیه‌های بخش (۱۴-۱۰-۲-۶) و از همان جنس انتخاب شود. استفاده از مقاطع بالاتر، به دلیل طویل شدن خط و کاهش جریانهای اتصالی و عدم رویت احتمالی این جریان توسط سیستم حفاظتی، توصیه نمی‌گردد.

۵-۵-۱۴ فاصله بین پایه ها، باید بر اساس محاسبات روشنایی معبر تعیین گردیده و سپس این فاصله، مبنای محاسبات طراحی شبکه هوایی تغذیه‌کننده روشنایی قرار داده شود (مطابق با [۷]). در صورت عدم تأمین پارامترهای طراحی خط هوایی، که با تغییر سطح مقطع سیم و یا نوع پایه با قدرت کشش بالاتر و یا سایر تغییرات ممکن نیز حاصل نگردد، باید نسبت به تغییر نوع چراغ و یا ارتفاع نصب پایه اقدام نموده و مجدداً کلیه محاسبات را تکرار کرد. این روند، تا موقعی که هر دو طرح روشنایی معبر و شبکه تغذیه‌کننده آن به طرح مناسبی برسد، باید ادامه یابد.

۶-۵-۱۴ به منظور ایجاد تعادل در میزان بار فازها، تغذیه چراغها و انشعاب‌گیری از فازها باید به گونه‌ای باشد که بار روشنایی به طور یکسان بین هر سه فاز تقسیم شود. در این صورت، میزان نامتقارنی بار در پست موردنظر به، حداقل کاهش می‌یابد. همچنین ترتیب اتصال پایه‌ها به هر یک از فازها باید به گونه‌ای باشد که در صورت قطع تغذیه هر فاز و خاموشی چراغهای متصل به آن، میزان تاریکی ایجاد شده در سطح معبر و شدت آن، در حداقل ممکن باشد. بنابراین، نحوه انشعاب‌گیری هر یک از چراغها، از سه فاز تغذیه R ، S و T باید به صورت زیر باشد.

۱۴-۵-۶-۱ برای پایه‌های دارای یک چراغ، اتصال فازها از پایه نخست تا آخرین پایه به ترتیب زیر خواهد بود:

R - S - T - R - S - T - R - S - T - . . . . .

۱۴-۵-۶-۲ برای پایه‌های دارای دو چراغ، اتصال فازها از اولین پایه تا آخرین پایه به ترتیب زیر صورت می‌گیرد. در این حالت، دو چراغ نصب شده بر روی یک پایه، از دو فاز مختلف تغذیه می‌گردد تا در مواقع قطع برق یکی از فازهای تغذیه‌کننده، سطح فضای تاریک ایجاد شده وشدت آن در حداقل باشد:

R - S - T - R - S - T - R - S - T - . . . . .

S - T - R - S - T - R - S - T - R

۱۴-۵-۷ در این شبکه‌ها، توصیه می‌شود که بازوی چراغ در قسمت زیرین تیر و شبکه تغذیه‌کننده در بخش زیرین آن نصب شود. در این حالت، به ارتفاع نصب بالاتری برای چراغ دست یافته و کار تعمیرات شبکه تغذیه‌کننده نیز راحت‌تر صورت می‌گیرد. همچنین به علت بی برق بودن شبکه در طول مدت روز و یا امکان قطع آن در سایر مواقع شبانه روز، تعمیر و نگهداری چراغها نیز از نظر ایمنی پرسنل مشکلی نداشته و به سهولت انجام می‌شود.

۱۴-۵-۸ استفاده از پایه‌های شبکه فشار متوسط به منظور نصب شبکه تغذیه روشنایی معابر و چراغهای آن بنا به دلایل قید شده در بند (۱۴-۴-۸) مجاز نخواهد بود.

۱۴-۶ شبکه روشنایی معابر زمینی مستقل

۱۴-۶-۱ مشخصات فنی، نقشه‌های ساخت و روش نصب و استقرار پایه‌های فلزی برابر توصیه‌های مندرج در فصل سیزدهم خواهد بود.

۱۴-۶-۲ مشخصات فنی کابل تغذیه و روش نصب و استقرار آن باید برابر ضوابط مندرج در مرجع [۵] باشد.

۱۴-۶-۳ سطح مقطع کابل تغذیه باید بر اساس محاسبه تعیین شود و حسب مورد ممکن است یکی از اندازه‌های زیر مورد استفاده قرار گیرد:

۱۴-۶-۳-۱ کابلهای سه فاز مسی (۲۵×۵) یا (۱۶×۵) و یا (۱۰×۵) و برای مسیرهای کوتاه‌تر با توان لامپ کوچکتر، (۶×۵).

۱۴-۶-۳-۲ کابلهای سه فاز مسی (۲۵×۴) یا (۱۶×۴) و یا (۱۰×۴) به همراه سیم مسی نمره۲۵ یا ۵۰ ، برای زمین کردن پایه‌ها، و برای مسیرهای کوتاهتر با توان لامپ کوچکتر، (۶×۴) به همراه سیم مسی نمره ۲۵.

۱۴-۶-۴ در موقع نصب کابل ۴ رشته‌ای به همراه سیم زمین، کابل و سیم باید در کنار هم قرار داده شده و در فاصله‌های ۲ متری توسط نوار چسب به یکدیگر متصل گردد. این عمل باعث می‌شود که در صورت برخورد جسم خارجی به سیم زمین، همراه با آن، کابل مربوطه نیز قطع گردد. با قطع کابل تغذیه پایه‌ها و ایجاد خاموشی، نوعی اعلام خطر در خصوص قطع سیم زمین صورت گرفته و پرسنل تعمیر و نگهداری شبکه را متوجه آن می‌سازد.

۱۴-۶-۵ در مواردی که پایه‌های روشنایی در رفوژ وسط معبر نصب می‌شود، کابل تغذیه باید به صورتهای زیر استقرار یابد.

۱۴-۶-۵-۱ در صورتی که در امتداد خط نصب پایه‌ها، درختکاری صورت نگیرد، کابل تغذیه‌کننده باید برابر روش نصب مندرج در مرجع [۵] ، در امتداد این خط کشیده شود.

۱۴-۶-۵-۲ در صورت کاشتن درخت در امتداد خط نصب پایه ها، کابل تغذیه‌کننده باید در کنار دیواره رفوژ و مطابق با مرجع [۵] نصب شود. در این صورت از میزان صدمات ناشی از برخورد جسم خارجی به کابل کاسته می‌شود.

۱۴-۶-۶ کابلهای تغذیه باید با توجه به شرایط محیطی منطقه نصب به گونه‌ای انتخاب شود که میزان صدمه و آسیب به کابل به حداقل برسد. بعنوان مثال در مناطقی که خطر وجود جوندگان مخصوصاً موش وجود داشته باشد باید از کابلهای ضد موش استفاده گردد.

۱۴-۶-۷ برای تغذیه چراغ یا چراغهای نصب شده بر روی هر پایه، کابل تغذیه باید از زیرزمین و از طریق لوله عبور کابل که در فونداسیون پایه پیش‌بینی شده، به داخل لوله پایه برده شده و پس از اتصالات لازم در ترمینالهای مربوط، دوباره از طریق همان لوله، به خارج پایه، برای اتصال به پایه بعدی هدایت شود.

۱۴-۶-۸ مشخصات فنی، نقشه‌های ساخت و روش نصب و استقرار ترمینال پایه‌های فلزی مطابق با توصیه‌های فصل سیزدهم خواهد بود.

۱۴-۶-۹ اتصال کابل تغذیه به ترمینال پایه باید به وسیله یکی از روشهای زیر انجام شود:

۱۴-۶-۹-۱ برای کابلهای ۵ رشته‌ای باید ابتدا روکش خارجی کابل حدود ۴۰ سانتیمتر برداشته شده و سپس برای پایه‌های تک چراغی سیمهای فاز موردنظر، نول و زمین، و برای پایه‌های دو چراغی سیمهای دو فاز مورد نظر، نول و زمین لخت شود و آنگاه، هر یک از سیمهای لخت شده، خم و به صورت ورود و خروج در زیر ترمینال مربوطه قرار گرفته و بسته شود. فقط دقت گردد که اتصال سیم باید با استفاده از کابلشو و توسط مهره و واشر مربوط به طور محکم به پیچ بدنه پایه انجام شود.

۱۴-۶-۹-۲ برای رشته سیمهای فاز و نول کابلهای ۴ رشته‌ای نیز باید عیناً مانند کابلهای ۵ رشته‌ای عمل شود. فقط در خصوص سیم مسی همراه کابل، چون فاقد روکش است لذا نیاز به لخت کردن نداشته و بای اتصال آن به بدنه پایه باید عیناً مانند بند (۱۴-۶-۹-۱) و با استفاده از کابلشو صورت گیرد.

۱۴-۶-۱۰ فاصله بین پایه ها، باید بر اساس محاسبات روشنایی معبر تعیین شود.

۱۴-۶-۱۱ حداکثر تعداد پایه‌های قابل تغذیه در یک مسیر مشخص، باید با توجه به محدودیتهای افت ولتاژ مسیر و نیز حداکثر جریان مجاز کابل تغذیه، تعیین شود (بند ۱۴-۷).

۱۴-۶-۱۲ چگونگی انشعاب‌گیری از فازها، به منظور تغذیه چراغها باید مطابق با بند (۱۴-۵-۶) صورت گیرد.

۱۴-۷ انتخاب سطح مقطع سیم یا کابل تغذیه‌کننده

۱۴-۷-۱ به منظور انتخاب صحیح سطح مقطع سیم یا کابل، ابتدا باید برحسب جریان کل مسیر، سطح مقطع مناسب را انتخاب کرده و سپس از نظر افت ولتاژ کنترل نمود که از حد مجاز بیشتر نباشد. در صورتی که افت ولتاژ مسیر از حد مجاز فراتر رود باید سطح مقطع را یک رده بالاتر انتخاب کرده و دوباره افت ولتاژ را کنترل نمود و این کار را تا موقعی که حدود مجاز رعایت گردد، ادامه داد.

۱۴-۷-۲ پس از تعیین سطح مقطع مناسب، در مورد شبکه‌های هوایی، باید هادیها از نظر مقاومت مکانیکی نیز کنترل شود و در صورت غیر مجاز بودن تنشهای مکانیکی وارده، نسبت به تغییر فاصله پایه‌ها و یا افزایش سطح مقطع هادیها اقدام گردد [۷]. در مورد شبکه‌های کابل زمینی نیازی به محاسبه تنشهای مکانیکی وجود ندارد (بشرطی که استانداردهای نصب کابل [۷] رعایت شده باشد).

۱۴-۷-۳ حدود مجاز جریان سیمهای هوایی و کابلهای زمینی مورد استفاده در شبکه‌های روشنایی معابر باید مطابق با جداول (۱۴-۲) و (۱۴-۳) بوده و ضرایب تصحیح جریان مجاز کابلها نیز مطابق با جداول (۱۴-۴)، (۱۴-۵)، (۱۴-۶) و (۱۴-۷) خواهد بود.

۱۴-۷-۳-۱ حدود مجاز جریان سیمهای هوایی

این حدود مجاز، برای شرایط کاری داده شده است که در آن، دمای هادی می‌تواند تا ۴۰ درجه سانتیگراد بالاتر از دمای محیط افزایش یابد (یا بتواند دمای آن تا ۸۰ درجه سانتیگراد، در محیط بادمای حداکثر ۴۰ درجه سانتیگراد، بالا رود). در شرایط با دمای محیط بالاتر، باید تدابیر خاصی اندیشیده شود.

جدول ۱۴-۲- حدود مجاز جریان سیمهای مسی

سطح مقطع سیم مسی (میلیمترمربع)	حداکثر جریان مجاز(آمپر)
۱۶	۱۱۵
۲۵	۱۵۰

۱۴-۷-۳-۲ حدود مجاز جریان کابلهای زمینی

حدود مجاز جریان کابلهای زمینی، در جدول (۱۴-۳) و با در نظر گرفتن شرایط استاندارد زیر تعیین گردیده است.

الف- فقط یک رشته کابل در داخل خاک قرار داشته باشد.

ب- دمای خاک اطراف کابل ۲۰ درجه سانتیگراد باشد.

ج- مقاومت حرارتی عایقPVC کابلهای فشار ضعیف، ۶۵۰deg.cm/W منظور شود.

د- مقاومت حرارتی خاک، ۷۰ deg.cm/W منظور شود.

هـ- عمق کانال کابل، ۷۰ سانتیمتر باشد.

و- روی کابل، مطابق با توصیه‌های مرجع [۵] پوشانده شده باشد.

جدول ۱۴-۳- حدود مجاز جریان کابلهای زمینی سه فاز از جنس مس

سطح مقطع هر رشته از کابل (میلیمترمربع)	حداکثر جریان مجاز(آمپر)
۶	۶۰
۱۰	۸۰
۱۶	۱۱۰
۲۵	۱۳۵

در بسیاری از مناطق ایران، به علت متفاوت بودن شرایط موجود، با شرایط استاندارد تعریف شده، باید در حداکثر جریان مجاز کابلها، ضرایب تصحیح مناسبی نیز ضرب شود، تا جریان مجاز تصحیح شده کابل بدست آید. این ضرایب، عبارتند از:

۱۴-۷-۳-۲-۱ ضرایب تصحیح دمای خاک اطراف کابلهای PVC فشار ضعیف (۴۰۰ ولت) مطابق با جدول (۱۴-۴)

جدول (۱۴-۴)

دمای خاک اطراف کابل (درجه سانتیگراد)	ضریب تصحیح حداکثر جریان مجاز
۱۰	۱/۰۹
۱۵	۱/۰۵
۲۰	۱/۰۰
۲۵	۰/۹۵
۳۰	۰/۹۰
۳۵	۰/۸۴

۱۴-۷-۳-۲-۲ ضرایب تصحیح تعداد کابلهای مجتمع در یک کانال (اعم از فشار متوسط وفشار ضعیف، مطابق با جدول ۱۴-۵).

جدول (۱۴-۵)

تعداد کابلهای موجود در کانال	ضریب تصحیح حداکثر جریان مجاز
۲	۰/۹۰
۳	۰/۸۰
۴	۰/۷۵
۵	۰/۷۰
۶	۰/۶۵
۸	۰/۶۲
۱۰	۰/۶۰

۱۴-۷-۳-۲-۳ ضرایب تصحیح نوع خاک اطراف کابل با مقاومت حرارتی مشخص (جدول ۱۴-۶)

جدول (۱۴-۶)

نوع خاک	مقاومت حرارتی خاک (dcg.cm/W)	ضریب تصحیح حداکثر جریان مجاز
- خاک گدازه‌ای ، خشک	۵۵۰	۰/۴۳
- شن معمولی با صفر درصد رطوبت	۳۱۰	۰/۵۷
- با ۱۰ درصد رطوبت	۱۰۵	۰/۸۷
- با ۲۰ درصد رطوبت	۷۵	۰/۹۸
- با رطوبت اشباع شده	۵۵	۱/۰۷
- خاک زراعتی خالص یا مخلوط با ماسه؛ خشک	۹۵	۰/۹۰
- خاک زراعتی خالص یا مخلوط با ماسه؛ ۸٪ رطوبت	۶۰	۱/۰۵
- خاک رس یا خاک گلدانی شن‌دار	۶۵	۱/۰۳
- خاک زراعتی خالص مرطوب و یا مخلوط با ماسه که در معرض بارندگی مدوام می‌باشد..	۴۰	۱/۱۷
- تخته سنگ متراکم (مانند گرانیت و بازالت)	۳۵	۱/۲۲
- تخته سنگ متخلخل (مانند ماسه سنگ و غیره)	۶۰	۱/۰۵

۱۴-۷-۳-۲-۴ در صورتی که کابل تغذیه، در معرض هوا قرار داشته باشد، باید ضریب دیگری در حداکثر جریان مجاز کابل اعمال شود. این ضریب، مطابق با جدول (۱۴-۷) خواهدبود.

جدول (۱۴-۷)

تعداد کابلهای مجاور هم	ضریب تصحیح حداکثر جریان مجاز
- یک کابل	۰/۸۵
- سه کابل در کنار هم (فاصله کابلهای مجاور= قطر کابل بزرگتر)	۰/۸۰
- شش کابل در کنارهم (فاصله کابلهای مجاور= قطر کابل بزرگتر)	۰/۷۵

۴-۷-۱۴ حداکثر افت ولتاژ مجاز برای خطوط تغذیه پایه‌های روشنایی، اعم از هوایی و کابلی، ۳ درصد و برای مسیر انشعاب هر پایه، یک درصد می‌باشد.

۵-۷-۱۴ برای تعیین افت ولتاژ در شبکه تغذیه روشنایی معابر از رابطه زیر ممکن است استفاده شود:

$$\% \Delta V = K . S . L \qquad (۱-۱۴)$$

در این رابطه:

S : توان ظاهری بار که از سه فاز سیستم کشیده می‌شود (برحسب KVA)

L : طول شبکه تغذیه تا نقطه بار (برحسب Km)

K : ضریبی که به صورت ($\frac{\text{درصد افت ولتاژ}}{\text{کیلوولت آمپر ضربدر کیلومتر}}$) تعریف می‌گردد.

۶-۷-۱۴ در رابطه (۱۴-۱)، ضریب K تابعی از نوع سیسم یا کابل، فاصله بین هادیهای سه فاز، ضریب توان بار و ولتاژ و فرکانس نقطه تغذیه بار می‌باشد. این ضریب، برای خطوط هوایی و کابلهای زمینی مطابق با جداول (۱۴-۸) و (۱۴-۹) و بر طبق شرایط ذیل محاسبه گردیده است.

۱-۶-۷-۱۴ **خط هوایی با سیم مسی**

برای این شبکه‌ها، ضریب K با در نظر گرفتن شرایط زیر، در جدول(۱۴-۸) مشخص شده است.

الف- فرکانس سیستم برابر با ۵۰ هرتز و ولتاژ آن ۴۰۰ ولت می‌باشد.

ب- بار تغذیه شده توسط خط، دارای ضریب توان پس فاز می‌باشد.

ج- از خاصیت خازنی خط صرفنظر شده است.

د- مقاومت سیم مسی برای دمای محیط اطراف سیم برابر ۴۰ درجه سانتیگراد محاسبه شده است.

هـ- فاصله موثر بین فازها، مطابق با مرجع [۶] در نظر گرفته شده است.

جدول ۱۴-۸- ضریب K برای خطوط هوایی با هادی مسی

سطح مقطع سیم مسی (mm^2)	درصد ضریب توان بار				
	٪۱۰۰	٪۹۵	٪۹۰	٪۸۵	٪۸۰
۱۶	۰/۷۵	۰/۷۸	۰/۷۷	۰/۷۶	۰/۷۴
۲۵	۰/۴۸	۰/۵۲۳	۰/۵۳	۰/۵۲	۰/۵۱۵

۱۴-۷-۶-۲ شبکه کابل زمینی با هادی مسی و عایق PVC

برای شبکه‌های کابلی، ضریب k با در نظر گرفتن شرایط زیر، در جدول (۱۴-۹) مشخص شده است.

الف- فرکانس سیستم برابر با ۵۰ هرتز و ولتاژ آن ۴۰۰ ولت می‌باشد.

ب- بار تغذیه شده توسط کابل، دارای ضریب توان پس فاز می‌باشد.

ج- از خاصیت خازنی کابل صرنظر شده است.

د- مقاومت کابل برای دمای ۷۰ درجه سانتیگراد محاسبه شده است.

جدول ۱۴-۹- ضریب K برای کابل زمینی مسی چهار رشته‌ای با عایق PVC

سطح مقطع هر رشته از کابل (mm^2)	درصد ضریب توان بار				
	٪۱۰۰	٪۹۵	٪۹۰	٪۸۵	٪۸۰
۶	۲/۲۳	۲/۱۴	۲/۰۴	۱/۹۴	۱/۸۲
۱۰	۱/۵۲	۱/۴۶	۱/۴۰	۱/۳۳	۱/۲۵
۱۶	۰/۸۲۳	۰/۸۱	۰/۷۸۵	۰/۷۴۰	۰/۷۰
۲۵	۰/۵۳۳	۰/۵۲۵	۰/۵۰۷	۰/۴۸۶	۰/۴۶۳

۱۴-۷-۷ برای تعیین افت ولتاژ یک بار نقطه‌ای، با توجه به نوع و سطح مقطع هادی و ضریب توان بار، از جداول (۱۴-۸) و یا (۱۴-۹)، ضریب مشخص گردیده و سپس با استفاده از رابطه (۱۴-۱)، درصد افت ولتاژ ناشی از آن بار نقطه‌ای بدست می‌آید. در صورتی که بار، به صورت یکنواخت در طول خط توزیع

شده باشد، پس از تعیین k، درصد افت ولتاژ ناشی از این بار توزیع شده، از رابطه (۱۴-۲) بدست می‌آید:

$$\% \ \Delta V = \frac{1}{2} k \, . \, S \, . \, L \qquad (۱۴-۲)$$

در این رابطه:

S : توان ظاهری سه فاز کل بار که به صورت یکنواخت در طول خط توزیع شده (برحسب KVA)

L : طول کل خط (برحسب Km)

k : ضریب بدست آمده از جداول (۱۴-۸) و یا (۱۴-۹)

۱۴-۷-۸ برای انجام این محاسبات، توان ظاهری هر چراغ، از مجموع توان ظاهری لامپ و بالاست مربوط بدست می‌آید.

۱۴-۷-۹ به منظور تعیین افت ولتاژ در انواع مختلف شبکه‌های تغذیه روشنایی معابر، روابط (۱۴-۱) و (۱۴-۲) به صورتهای زیر بسط داده شده و مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۱۴-۷-۹-۱ شبکه روشنایی معابر هوایی وابسته

در این نوع شبکه، بار به صورت تک فاز بوده و مسیر خط نیز معمولا دارای انشعابات متعدد برای تغذیه چراغهای کوچه‌ها و یا معابر منشعب شده از معبر اصلی می‌باشد. لذا برای محاسبه درصد افت ولتاژ در این نوع شبکه‌ها، باید اقدام به تعیین طولانی‌ترین مسیر تغذیه چراغهای روشنایی شود. این مسیر، که به نام مسیر اصلی مشخص می‌گردد، از ابتدای خط شروع شده و تا انتها، طوری تعیین می‌شود که هیچ پایه‌ای دوبار در مسیر مزبور قرار نگیرد. سپس باید طول مسیر اصلی، توان ظاهری بار مسیر اصلی، فاصله هر یک از نقاط انشعاب از ابتدای خط، توان ظاهری بار مسیرهای انشعاب و درصد افت ولتاژ مسیر تغذیه از پست تا سر خط مشخص گردیده و با استفاده از رابطه (۱۴-۳) درصد افت ولتاژ فاز روشنایی تعیین شود.

$$\% \Delta V = \Delta V_p + \frac{3}{2} k . n_r . S . (n_r - 1) l_r + \sum_{i=1}^{m} 3 k . n_{bi} . S . l_i \quad (۱۴-۳)$$

در این رابطه:

$\%\Delta V_p$: درصد افت ولتاژ مسیر تغذیه از پست تا سر خط که مطابق با مرجع [۷] و با توجه به نوع کابل مورد استفاده و با در نظر داشتن کل توان ظاهری کشیده شده از آن بدست می‌آید. این درصد، با توجه به کوتاه بودن مسیر مربوط در اغلب موارد قابل صرفنظر می‌باشد.

k : ضریب بدست آمده از جدول (۱۴-۸)

S : توان ظاهری لامپ و چوک نصب شده در هر چراغ (بر حسب KVA)

n_r : تعداد کل پایه‌های موجود در مسیر اصلی

n_{bi} : تعداد کل پایه‌های موجود در مسیر انشعاب iام

m : تعداد کل انشعابات

l_r : فاصله بین دو پایه متوالی در مسیر اصلی (برحسب Km)

l_i : فاصله نقطه انشعاب i ام از اولین پایه (برحسب Km)

توجه : بر روی هر پایه، یک چراغ نصب شده و فاصله پایه‌ها نیز برابر می‌باشد. همچنین فرض گردیده که سیم نول در طول شبکه، زمین شده و از افت ولتاژ آن صرفنظر گردیده است (در غیر این صورت باید در رابطه (۱۴-۳) افت ولتاژ ناشی از سیم نول نیز منظور شود).

۱۴-۷-۹-۲ شبکه روشنایی معابر هوایی مستقل

در این نوع شبکه، بار به صورت سه فاز بوده و معمولاً مسیر انشعابی نیز وجود ندارد. درصد افت ولتاژ این شبکه، با استفاده از رابطه (۱۴-۴) بدست می‌آید:

$$\% \Delta V = k_1 . n_t . p . S . l_p + \frac{1}{2} k . n_t . p . S . (n_t - 1) l_r \quad (۱۴-۴)$$

در این رابطه:

k : ضریب بدست آمده از جدول (۱۴-۸) برای سیم مسی هوایی تغذیه‌کننده شبکه روشنایی معابر

k_1 : ضریب بدست آمده از جدول (۱۴-۹) برای کابل زمینی مسی به کار رفته در مسیر تغذیه از پست تا سر خط

S : توان ظاهری لامپ و چوک نصب شده در هر چراغ (برحسب KVA)

n_t : تعداد کل پایه‌های موجود در شبکه

p : تعداد چراغ نصب شده بر روی یک پایه

l_p : طول مسیر تغذیه از پست تا سر خط (اولین پایه)، برحسب Km

l_r : فاصله بین دو پایه متوالی (برحسب Km)

۱۴-۷-۹-۳ شبکه روشنایی معابر زمینی مستقل

درصد افت ولتاژ در این شبکه با استفاده از رابطه (۱۴-۵) بدست می‌آید:

$$\Delta V = k \,.\, n_t \,.\, p \,.\, S \,.\; l_p + \frac{1}{2}\, k \,.\, n_t \,.\, p \,.\, S \,.\, (n_t - 1) \,.\, (l_r + 2\, l_c) \quad (۱۴-۵)$$

در این رابطه:

k : ضریب بدست آمده از جدول (۱۴-۹)

l_p : طول مسیر تغذیه از پست تا ترمینال اولین پایه (برحسب Km)

l_c : فاصله بین لوله ورودی کابل در فونداسیون پایه تا ترمینال پایه (برحسب Km)

سایر متغیرهای به کار رفته در رابطه (۱۴-۵) مطابق با تعاریف بند (۱۴-۷-۹-۲) می‌باشد.

۱۴-۸ مسیر تغذیه انشعاب هر چراغ

۱۴-۸-۱ در شبکه‌های روشنایی معابر هوایی اعم از مستقل و وابسته، سطح مقطع مسیرتغذیه انشعاب برای هر چراغ باید به صورت زیر انتخاب شود.

۱۴-۸-۱-۱ برای تغذیه چراغهای تا ۲۵۰ وات بخار سدیم یا جیوه، باید از دو رشته سیم روکش‌دار با سطح مقطع ۱/۵ میلیمتر مربع، یا از کابل (۱/۵×۲) میلیمتر مربع استفاده شود.

۱۴-۸-۱-۲ برای تغذیه چراغهای ۴۰۰ وات بخار سدیم یا جیوه، باید از دو رشته سیم روکش‌دار با سطح مقطع ۲/۵ میلیمتر مربع، یا از کابل (۲/۵×۲) میلیمتر مربع استفاده شود.

۱۴-۸-۲ نحوه ارتباط و اتصال مسیر تغذیه انشعاب، به فاز مربوط، در شبکه‌های روشنایی معابر هوایی برابر با مرجع [۶] خواهد بود.

۱۴-۸-۳ در شبکه‌های روشنایی معابر زمینی مستقل، سطح مقطع مسیر تغذیه انشعاب برای هر یک از چراغها باید به صورت زیر انتخاب شود.

۱۴-۸-۳-۱ برای تغذیه هر چراغ از نوع بخار جیوه با قدرت ۱۲۵ وات باید از کابل (۱/۵×۲) میلمتر مربع استفاده شود.

۱۴-۸-۳-۲ برای تغذیه هر چراغ از نوع بخار سدیم یا جیوه با قدرت ۲۵۰ وات یا بیشتر، باید از کابل (۲/۵×۲) میلیمتر مربع استفاده شود.

۱۴-۸-۴ در شبکه‌های روشنایی معابر زمینی مستقل، در محل نصب ترمینال پایه‌های فلزی و در ابتدای مسیر تغذیه انشعاب هر چراغ، باید پایه فیوز و فیوز مورد نیاز پیش‌بینی شود به طوری که به کمک آن، علاوه بر محافظت این مسیر از وقوع اتصال کوتاه، بتوان در مواقع تعمیر و نگهداری چراغها، نسبت به قطع فاز تغذیه‌کننده و بی برق کردن آن اقدام نمود. نحوه انتخاب این فیوز مطابق با بخش (۱۴-۱۰-۳-۵) خواهد بود.

۱۴-۹ مسیر تغذیه از پست تا سر خط

۱۴-۹-۱ تغذیه این مسیر، برای کلیه شبکه‌های روشنایی معابر، توسط کابل زمینی صورت می‌پذیرد.

۱۴-۹-۲ برای تغذیه این مسیر می‌توان از کابلهای مسی با سطح مقاطع (۶×۴) یا (۶×۵)، (۱۰×۴) یا (۱۰×۵)، (۱۶×۴) یا (۱۶×۵) و (۲۵×۴) یا (۲۵×۵) میلمیتر مربع استفاده نمود.

۳-۹-۱۴ کابل تغذیه مورد استفاده در این مسیر باید، هم مقطع با کابل یا سیم هوایی مسیرتغذیه پایه‌های روشنایی معابر انتخاب شود.

۴-۹-۱۴ در شبکه‌های روشنایی معابر زمینی مستقل، کابل مورد استفاده در این مسیر، کابل مجزایی نبوده، بلکه امتداد کابل مسیر تغذیه پایه‌ها می‌باشد.

۵-۹-۱۴ در شبکه‌های روشنایی معابر هوایی، کابل مورد استفاده در این مسیر، در پایه اول با ایجاد سرخط، به خط هوایی متصل می‌شود. مشخصات فنی و نحوه ایجاد سر خط، مطابق با مراجع [۵] و [۶] بوده و در انجام آن، نکات زیر باید به دقت مورد توجه قرار گیرد.

۱-۵-۹-۱۴ کابل زمینی باید با انحنای مجاز وارد لوله گالوانیزه‌ای شود که به بدنه پایه محکم بسته شده و تا بالای تیر نیز در داخل لوله قرار داشته باشد.

۲-۵-۹-۱۴ لوله گالوانیزه باید در سمتی از تیر نصب شود که در معرض برخورد مستقیم خودرو و سایر وسایل نقلیه نبوده و در امان باشد.

۳-۵-۹-۱۴ تمهیدات لازم به منظور به حداقل رساندن نیروی کشش وارده به کابل، باید ناشی از وزن خود کابل در نظر گرفته شود.

۴-۵-۹-۱۴ تمهیدات لازم به منظور اجتناب از برخورد لبه لوله با بدنه کابل، در نقاط ورود و خروج کابل به لوله باید در نظر گرفته شود.

۵-۵-۹-۱۴ هر رشته از کابل، باید توسط کلمپ مناسب، به سیم هوایی مربوطه متصل شود.

۶-۹-۱۴ کابل مسیر تغذیه از پست تا سر خط، در شبکه‌های روشنایی معابر هوایی وابسته، برای تغذیه فاز شب، باید (۱×۱۶) بوده که به همراه کابل تغذیه شبکه فشار ضعیف مربوط در مسیر مورد نیاز قرار داده می‌شود.

۱۴-۱۰ سیستم حفاظت و زمین مورد استفاده در شبکه‌های روشنایی معابر

۱۴-۱۰-۱ کلیات

وقوع هرگونه اتصالی در شبکه تغذیه روشنایی معابر باعث عبور جریانهای اتصالی می‌شود که باید با استفاده از تجهیزات حفاظتی مناسبی تشخیص داده شده و قطع گردد. این جریانهای اتصالی از دو نظر مضر بوده و ایجاد مشکل می‌کند:

الف- عبور جریانهای اتصالی به مقدار زیاد، باعث صدمه دیدن تجهیزات واقع شده در مسیرعبور جریان گردیده و باید در سریعترین زمان ممکن نسبت به قطع آن اقدام شود.

ب- وقوع اتصالی با بدنه تجهیزات، باعث ایجاد اضافه ولتاژهای غیر مجاز بر روی آن گردیده که می‌تواند ایمنی اشخاص را به خطر انداخته و باعث برق گرفتگی شود.

مقدار جریان اتصالی ایجاد شده، در بعضی از حالات وقوع اتصال کوتاه، کم بوده و لذا در چنین جریانهایی، در صورت عدم انتخاب صحیح سیستم حفاظتی، تشخیص و قطع آن ممکن نخواهد بود. از آنجا که اندازه مقدار این جریان، ارتباط مستقیم به سیستم زمین ایجاد شده در شبکه دارد، لذا این سیستم زمین، در انتخاب سیستم حفاظتی مناسب، نقش اساسی را دارا می‌باشد.

بنابراین مشاهده می‌گردد که وجود جریانهای اتصالی کوچک، به علت عدم تشخیص آن توسط سیستم حفاظتی، مشکل‌زا بوده و باید در جهت رفع آن اقدام لازم صورت گیرد. البته با رفع این مشکل، سیستم حفاظتی انتخاب شده، برای جریانهای بالاتر نیز مطمئناً عمل خواهد کرد. به همین دلیل، تمام توصیه‌های انجام شده در این بخش، در جهت انتخاب سیستم زمین مناسب، افزایش میزان جریانهای اتصال کوتاه احتمالی و انتخاب مناسب سیستم حفاظتی صورت می‌گیرد.

۱۴-۱۰-۲ سیستم زمین

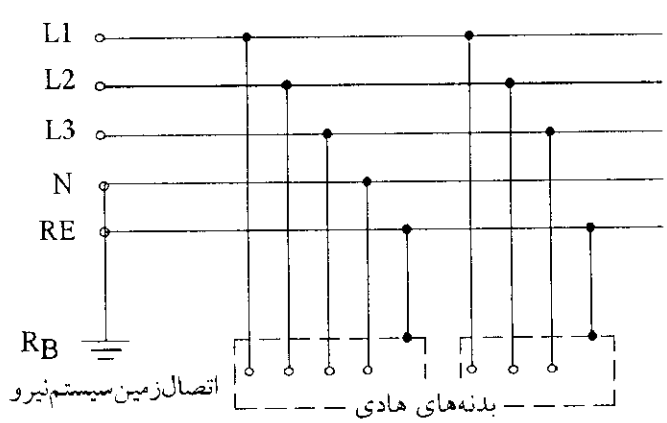
تعاریف، حدود مجاز، مشخصات فنی تجهیزات مورد استفاده و طریقه نصب و اجرای سیستم زمین باید برابر ضوابط مندرج در مرجع [۴] بوده و در ایجاد این سیستم، نکات زیر به دقت مورد توجه قرار گیرد.

۱۴-۱۰-۲-۱ تعریف سیستم زمین نوع TN

در این نوع سیستم زمین که با دو حرف T و N مشخص گردیده، حرف اول از سمت چپ (T) مشخص‌کننده سیستمی است که در آن، یک نقطه (معمولاً نقطه خنثی) مستقیماً به زمین وصل شده و حرف دوم از سمت چپ (N) نشان‌دهنده سیستمی است که در آن، بدنه‌های فلزی کلیه تجهیزات از نظر الکتریکی مستقیماً به نقطه زمین شده (نقطه خنثی) وصل می‌شود.
علاوه بر این، در مورد سیستم TN، از حروف اضافی دیگری برای مشخص کردن نحوه به کارگیری هادیهای حفاظتی (PE) و خنثی (N)، استفاده می‌شود که عبارتند از:

۱۴-۱۰-۲-۱-۱ سیستم زمین نوع TN-S

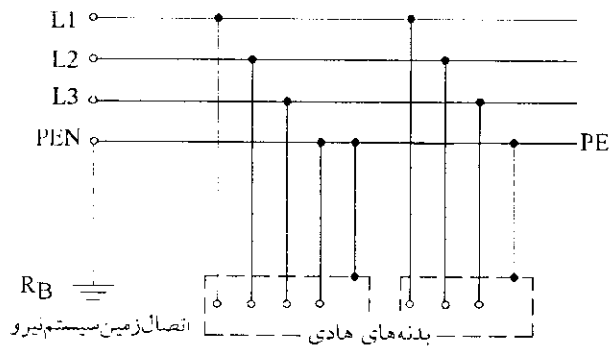
در این نوع سیستم زمین، در سرتاسر شبکه، بدنه‌های فلزی از طریق یک هادی مجزا (PE) به نقطه خنثی (N) در پست مبدا وصل می‌شود. دیاگرام این سیستم در شکل (۱۴-۴) مشخص گردیده است.



شکل ۱۴-۴- سیستم زمین نوع TN-S

۱۴-۱۰-۲-۱-۲ سیستم زمین نوع TN-C

در این نوع سیستم زمین، در سرتاسر شبکه، بدنه‌های فلزی، به هادی مشترک حفاظتی و خنثی (PEN) وصل می‌شود. دیاگرام این سیستم در شکل (۱۴-۵) مشخص گردیده است.



شکل ۱۴-۵- سیستم زمین نوع TN-C

۱۴-۱۰-۲-۲ سیستم زمین منتخب در کلیه شبکه‌های فشار ضعیف در ایران باید از نوع TN باشد. لذا در این شبکه‌ها باید نقطه خنثی (مرکز ستاره یا زیگزاگ ترانسفورماتور) مستقیماً زمین شده و بدنه فلزی کلیه تجهیزات نیز مستقیماً به نقطه خنثی وصل شود.

۱۴-۱۰-۲-۳ در پستهای توزیع اعم از زمینی و هوایی، مرکز ستاره یا زیگزاگ ترانسفورماتور باید مطابق با مرجع [۴] توسط چاه، زمین شود. مقاومت زمین نقطه خنثی ترانسفورماتور، در این حالت، نبایستی از ۵ اهم تجاوز نماید.

۱۴-۱۰-۲-۴ از آنجا که سیستمهای اتصال زمین باید به گونه‌ای طرح و اجرا شود که خطر برق گرفتگی برای پرسنل و عموم مردم به حداقل رسیده و سیستمهای حفاظتی نیز به فوریت عمل نماید، لذا باید مقاومت اتصال زمین به قدر کافی کوچک باشد. اندازه این مقاومت در سیستمهای TN، مطابق با مرجع [۴]، نباید از ۲ اهم تجاوز نماید. برای رسیدن به این مقاومت، علاوه بر اتصال زمین اصلی در پست مربوطه، باید از اتصال زمینهای مکرر، با استفاده از هادیهای

دفن شده متعدد، الکترودهای زمین متعدد یا مجموعه‌های همبندی شده از هر دو استفاده شود.

۱۴-۱۰-۲-۵ نظر به اینکه حصول مقاومت کم برای اتصال زمین در سیستمهای TN از راه تعدد الکترودهای زمین بدست می‌آید، حداقلی برای مقاومت زمین هر یک از الکترودها تعیین نمی‌شود.

۱۴-۱۰-۲-۶ شبکه‌های روشنایی معابر هوایی مستقل و وابسته

برای ایجاد سیستم زمین در این شبکه‌ها، علاوه بر دستورالعملهای بالا، موارد زیر نیز مدنظر می‌باشد.

۱۴-۱۰-۲-۶-۱ سیستم زمین منتخب در این شبکه‌ها باید از نوع TN-C باشد.

۱۴-۱۰-۲-۶-۲ در این شبکه‌ها، علاوه بر اتصال زمین اصلی در پست مربوط، هادی خنثی باید در نقاط متعددی در طول خط، به الکترودهای زمین وصل شود به نحوی که یک اتصال زمین در هر ۴۰۰ متر از طول خط و یا کسری از آن، بدون احتساب اتصال زمین اصلی پست، وجود داشته باشد. ولی درهرصورت، تعداد الکترودهای هرخط بدون توجه به طول آن، نباید از۲عددکمتر باشد (سر و ته خط در مورد خطوط کوتاهتر از۴۰۰متر).

۱۴-۱۰-۲-۶-۳ سطح مقطع هادی خنثی (هادی مشترک حفاظتی/خنثی (PEN)) باید بقدر کافی بزرگ بوده و به زمین پست مربوط (نقطه خنثی ترانسفورماتور) وصل شود. حداقل سطح مقطع این هادی نباید از مقادیر زیر کمتر باشد.

الف- خطوط هوایی فشار ضعیف با هادی مسی:

الف-۱- برای سطح مقطع فاز ۵۰ میلیمتر مربع و کمتر : برابر با سطح مقطع فاز

الف-۲- برای سطح مقطع فاز ۷۰ میلیمتر مربع و بیشتر : یک مقطع کوچکتر از فاز

ب- مسیر تغذیه کابلی از پست تا سر خط:

ب-۱- برای سطح مقطع فاز ۱۶ میلیمتر مربع و کمتر : برابر سطح مقطع فاز

ب-۲- برای سطح مقطع فاز ۲۵ میلیمتر مربع و بیشتر : برابر با نصف مقطع فاز (طبق استانداردهای مربوط)

۱۴-۱۰-۲-۶-۴ در این شبکه‌ها، بدنه فلزی بازوهای نصب شده بر روی پایه‌ها باید توسط یک رشته هادی، به هادی خنثی سیستم وصل شود. اتصال این هادی به بدنه بازو باید توسط کابلشو و پیچ و مهره مناسب صورت بگیرد.

۱۴-۱۰-۲-۷ شبکه‌های روشنایی معابر زمینی مستقل

برای ایجاد سیستم زمین در این شبکه‌ها، علاوه بر دستورالعملهای عمومی بالا، موارد زیر نیز باید در نظر گرفته شود:

۱۴-۱۰-۲-۷-۱ سیستم زمین منتخب در این شبکه‌ها باید از نوع TN-S باشد.

۱۴-۱۰-۲-۷-۲ کلیه پایه‌های فلزی باید به هادی حفاظتی (PE)، طبق توصیه‌های بخش (۱۴-۶-۹) متصل شود. در این حالت، این پایه‌ها از طریق این هادی، به زمین اصلی سیستم واقع در پست مربوطه (نقطه N) وصل می‌گردد.

۱۴-۱۰-۲-۷-۳ به منظور رسیدن به مقاومت زمین تصریح شده در بند (۱۴-۱۰-۲-۴) ،مخصوصاً در شبکه‌های کابلی ۵ رشته‌ای، نیاز به استقرار الکترود زمین و یا چاه زمین در طول مسیر کابل و اتصال آن به هادی حفاظتی (PE) می‌باشد. این الکترود و یا چاه، باید در نزدیکی پایه و مطابق با توصیه‌های مرجع [۴] نصب گردیده و توسط هادی مناسبی به پایه نیز متصل شود.

۱۴-۱۰-۲-۷-۴ تعداد و محل نصب الکترودها و یا چاه زمین باید طوری انتخاب شود که مقاومت کل سیستم زمین از ۲ اهم کمتر گردد.

۱۴-۱۰-۲-۷-۵ ضروری است نقطه اتصال هادی حفاظتی (PE) به پایه و نقطه اتصال پایه به الکترود زمین و یا چاه، به طور مشترک در یک نقطه بر روی پایه در نظر گرفته شود تا کمترین مقاومت زمین در مسیر وجود داشته باشد.

۱۴-۱۰-۲-۸ در شبکه‌های روشنایی معابر تغذیه‌شونده توسط کابل، اگر از رنگ برای تشخیص نوع هادی استفاده شود، رنگ هادی خنثی (N) باید آبی کمرنگ و هادی حفاظتی (PE) باید دورنگ، سبز و زرد (راه‌راه) باشد. برای شبکه‌های با سیستم زمین نوع TN-C، بهتر است هادی مشترک حفاظتی/خنثی (PEN) سبز و زرد (راه راه) باشد ولی می‌توان از رنگ آبی کمرنگ نیز برای این منظور استفاده نمود. در هر حال، در محل همه ترمینالها وظیفه دوگانه این هادی باید به گونه‌ای ماندگار مشخص شود.

برای تشخیص فازها نیز ممکن است از دو سیاه و یک قهوه‌ای و یا یک سیاه و دو قهوه‌ای استفاده شود. برای توضیحات بیشتر در این زمینه، استانداردهای ملی مربوط دیده شود.

۱۴-۱۰-۲-۹ در شبکه‌های روشنایی معابر با پایه‌های فلزی، برای هر فاز باید حتماً آخرین پایه زمین شود (۳ پایه آخر مربوط به سه فاز مختلف حتماً باید زمین شود).

۱۴-۱۰-۲-۱۰ میزان مقاومت زمین در طول شبکه‌های روشنایی معابر و در داخل پستهای تغذیه‌کننده آن باید هر ۳ الی ۶ ماه به صورت دوره‌ای کنترل گردیده و در صورت بالا بودن میزان این مقاومت از حدتعیین شده، نسبت به بررسی و مشخص کردن اشکالات آن (از قبیل قطعی سیم حفاظتی، خشک بودن زمین و ...) و سپس رفع مشکلات اقدام نمود.

۱۴-۱۰-۳ سیستم حفاظت

۱۴-۱۰-۳-۱ سیستم حفاظت مورد نیاز برای نصب در پستهای تغذیه‌کننده شبکه‌های روشنایی معابر، باید مطابق با نقشه‌های تک خطی ارائه شده در اشکال (۱۴-۱) و (۱۴-۲) طرح و اجرا گردد. در این طرحی، برای انتخاب فیوز

مناسب در خروجیهای روشنایی معابر باید بر طبق بند (۱۴-۱۰-۲-۳) عمل شود.

۱۴-۱۰-۳-۲ نحوه انتخاب فیوز حفاظتی مناسب در سیستمهای TN

بر طبق توصیه‌های مرجع [۴]، در صورت بروز اتصال کوتاه کامل (بدون امپدانس) بین هادی یک فاز با هادی خنثی (N) و یا هادی حفاظتی (PE)، در هر یک از شاخه‌های توزیع، مولفه متقارن شدت جریان اتصال کوتاه در بدترین شرایط، باید در رابطه زیر صدق نماید:

$$Ia \geq K \cdot I_n \qquad (۶-۱۴)$$

در این رابطه:

I_a : شدت جریان اتصال کوتاه بین فاز و خنثی در بدترین شرایط در خط موردنظر برحسب آمپر

I_n : شدت جریان اسمی فیوزهای محافظ خط

K : ۲/۵ (برای همه انواع فیوزها)

طبق رابطه بالا، شدت جریان اتصال کوتاه (I_a) در بدترین شرایط باید از ۲/۵ برابر جریان اسمی فیوز (I_n) بیشتر بوده یا حداقل با آن برابر باشد تا اینکه فیوز به فوریت ذوب شده و خطر بروز برق گرفتگی در شبکه رفع شود. البته لازم به توضیح است که در این مورد، پایین بودن جریان اتصال کوتاه خطرناک است و نه بالا بودن آن، در صورتی که برای حفاظت تجهیزات از آسیب ناشی از عبورجریانهای اتصال‌کوتاه، بالابودن جریان خطرناک می‌باشد.

۱۴-۱۰-۳-۳ بدترین شرایط گفته شده در بند (۱۴-۱۰-۳-۲) عبارتند از:

۱۴-۱۰-۳-۳-۱ اتصال کوتاه باید برای دورترین نقطه از منبع تغذیه محاسبه شده و صحت رابطه (۱۴-۶) کنترل شود.

۱۴-۱۰-۳-۳-۲ در مورد شبکه‌های روشنایی معابر با پایه‌های فلزی، علاوه بر مورد بالا، اتصال کوتاه با فرض وجود قطعی در هادی حفاظتی (PE) و با در نظر گرفتن اتصال فاز با بدنه پایه نیز محاسبه شده و صحت رابطه (۱۴-۶) کنترل شود.

۱۴-۱۰-۳-۳-۳ اتصال کوتاه باید در بار کامل ترانسفورماتور و همچنین شبکه تغذیه روشنایی معابر انجام شود. هادیها در بار کامل دارای مقاومت بیشتری بوده و در نتیجه جریان اتصال کوتاه محاسبه شده، کوچکتر از حالت سرد (بی بار هادی) خواهد بود.

۱۴-۱۰-۳-۳-۴ در محاسبه اتصال کوتاه، فقط مولفه متقارن جریان به حساب آورده می‌شود، یعنی فرض بر این است که در لحظه وقوع اتصال کوتاه شرایط چنان است که مولفه جریان مستقیم تشکیل نمی‌شود.

۱۴-۱۰-۳-۴ نحوه انتخاب فیوز حفاظتی مناسب در شبکه‌های روشنایی معابر

در این شبکه‌ها، پس از مشخص شدن طول شبکه و بار آن (با رعایت حدود مجاز افت ولتاژ) باید با توجه به میزان جریان خط، فیوز با جریان نامی مناسب انتخاب شده و سپس مطابق با بندهای (۱۴-۱۰-۳-۲) و (۱۴-۱۰-۳-۳) صحت رابطه (۱۴-۶) کنترل شود. در صورت عدم برآورد شرط قید شده در رابطه مزبور می‌تواند یکی از کارهای زیر انجام شود.

۱۴-۱۰-۳-۴-۱ کاهش طول شبکه روشنایی که منجر به افزایش جریان اتصال کوتاه و همچنین کاهش جریان خط می‌شود.

۱۴-۱۰-۳-۴-۲ نصب فیوز جداگانه‌ای با جریان نامی کمتر از فیوز پست اصلی، در طول خط و در نقطه‌ای که جریان اتصال کوتاه از آن نقطه به بعد از ۲/۵ برابر جریان نامی فیوز پست اصلی کمتر باشد. فیوز مذکور می‌تواند در داخل یک تابلو کوچک، در کنار یکی از پایه‌های مسیر واقع در نقطه تعیین شده، قرار داده می‌شود.

۱۴-۱۰-۳-۵ در شبکه‌های روشنایی معابر زمینی مستقل، در محل نصب ترمینال پایه‌های فلزی و در ابتدای مسیر تغذیه انشعاب هر چراغ، باید فیوز جداگانه‌ای با جریان نامی ۶ آمپر پیش‌بینی شود. این فیوز باید بر روی پایه فیوز ۱۰ آمپری نصب گردد.

۱۴-۱۱ سیستم کنترل و فرمان روشنایی معابر

۱۴-۱۱-۱ کلیات

با توجه به ساعات بهره‌برداری از سیستم روشنایی معابر (فصل اول) مشاهده شود که در اول شب، نیاز به صدور فرمان وصل و در اول صبح، نیاز به صدور فرمان قطع سیستم روشنایی می‌باشد. این فرامین، به علت گستردگی و وسعت شبکه‌های روشنایی معابر شهری باید به صورت خودکار و یا به کمک سیستم کنترل از راه دور، صادر شود. برای صدور این فرامین و تشخیص زمان مناسب ارسال آن، بهترین معیار، شدت روشنایی محیط اطراف می‌باشد. وسیله‌ای که بتواند بر اساس میزان شدت روشنایی محیط اطراف خود، سیگنال فرمان تولید کند، "فتوسل" نام داشته و برای صدور فرامین وصل و یا قطع شبکه‌های روشنایی معابر ممکن است مورد استفاده قرار گیرد.

۱۴-۱۱-۲ فتوسل

۱۴-۱۱-۲-۱ ساختمان و طرز کار

هر فتوسل از دو بخش اصلی تشکیل شده که عبارتند از:

الف- مقاومت نوری (فتورزیستور) که با افزایش نور، افزایش مقاومت و با کاهش نور، کاهش مقاومت می‌یابد.

ب- بخش تولیدکننده سیگنال فرمان، که متشکل از اجزاء مختلفی بوده و به همراه مقاوت نوری. مدار تولیدکننده سیگنال فرمان را تشکیل می‌دهد. اجزاء تشکیل‌دهنده این بخش ، با توجه به طرح آن می‌تواند از نوع رله‌ای، ترانزیستوری، IC جمع کننده، بی متال و غیره باشد.

این دو بخش، در داخل قابی قرار داده می‌شود. این قاب، دارای کلاهک شفافی است که مقاومت نوری در داخل آن نصب می‌شود. به دلیل شفاف بودن کلاهک، نور محیط اطراف فتوسل از آن عبور کرده و به مقاومت نوری تابیده می‌شود. با توجه به شدت روشنایی تابیده شده به فتوسل، در صورتی که مقدار آن از مقدار شدت روشنایی تعریف شده برای وصل فتوسل، کمتر یا مساوی باشد، فتوسل وصل و در صورتی که مقدار آن از مقدار شدت روشنایی تعریف شده برای قطع فتوسل، بیشتر و یا مساوی باشد، فتوسل قطع می‌شود.

تنظیم فتوسل، یا تنظیم حداقل شدت روشنایی وصل (برحسب لوکس)، حداکثر شدت روشنایی قطع (برحسب لوکس)، تأخیر زمانی وصل و تأخیر زمانی قطع (برحسب ثانیه) صورت می‌گیرد.

علاوه بر تظیم فتوسل، طرز نصب آن نیز مهم می‌باشد. زیرا فتوسل باید در جهتی نصب شود که در آن جهت، مقاومت نوری فتوسل، نور واقعی محیط اطراف را دریافت کرده و تحت تأثیر عوامل خارجی محدودکننده و یا ایجادکننده نور قرار نگیرد. از عوامل محدودکننده نور می‌توان از انباشته شدن برف و یا گرد و خاک و دوده بر روی کلاهک فتوسل نام برده و از عوامل ایجادکننده نور می‌توان چراغهای ثابت و یا متحرک (چراغ اتومبیلها) اطراف فتوسل را بر شمرد.

همزمانی قطع و وصل چراغهای روشنایی در یک شهر و یا یک منطقه بزرگ که توسط تعداد زیادی فتوسل صورت می‌پذیرد، یکی دیگر از مواردی است که در موقع انتخاب، تنظیم و نصب فتوسل باید مدنظر قرار گیرد. برای انتخاب فتوسل مناسب باید دقت شود که مقاومت نوری آن، منحنی عملکرد با کیفیت مناسب داشته باشد. همچنین برای کل شهر یا منطقه مورد نظر، از یک نوع فتوسل با تنظیمات یکسان و طریقه نصب مشابه استفاده شود.

فتوسل با جریانهای نامی ۳، ۶، ۱۰، ۱۶، ۲۰ و ۳۰ آمپری موجود بوده و با توجه به میزان جریانی که از آن کشیده می‌شود، انتخاب می‌شود. پس چنانچه فتوسل در مسیر مدار اصلی چراغهای روشنایی قرار گیرد، جریان نامی آن باید متناسب با جریان مصرفی چراغها باشد. فتوسل برحسب نوع آن می‌تواند بین فاز و نول و یا بین دو فاز قرار گیرد.

۱۴-۱۱-۲-۲ روش نصب

الف- فتوسل باید در جهتی نصب شود که مقاومت نوری آن رو به شمال قرار گیرد.

ب- در اطراف محل نصب فتوسل، چراغ ثابتی وجود نداشته باشد زیرا که روشن شدن چراغ می‌تواند باعث عملکرد فتوسل و قطع سیستم روشنایی شود. لذا در صورتی که محل نصب فتوسل بر روی پایه‌های روشنایی انتخاب

شود، باید آن را بر بالای چراغ نصب نمود تا تحت تأثیر نور ناشی از چراغ مزبور واقع نگردد.

ج- برای جلوگیری از عوامل بازدارنده از عملکرد صحیح فتوسل، توصیه می‌شود که از فتوسلی استفاده گردد که مقاومت نوری آن به عرض نصب بر بالای کلاهک، بر سطح جانبی آن نصب گردیده و قابلیت تغییر موقعیت آن بر روی بدنه نیز وجود داشته باشد. در این صورت به ازای جهات مختلف پستهای توزیع، می‌توان جهت مقاومت نوری را تغییر داده و همواره آن را رو به شمال قرار داد.

۱۴-۱۱-۲-۳ تنظیم زمان قطع و وصل

فتوسل باید طوری تنظیم شود تا در یک شدت روشنایی معین بین ۱۰ تا ۲۰ لوکس وصل نموده ودر شدت روشنایی معین بین ۳۰ الی ۴۰ لوکس قطع نماید. در این صورت، شبانگاهان به هنگام پایین آمدن شدت روشنایی از مقدار ۱۰ الی ۲۰ لوکس، لامپ روشن شده و در سپیده دم نیز با بالارفتن شدت روشنایی از مقدار ۳۰ الی ۴۰ لوکس ، خاموش می‌شود.

وجود اختلاف بین تنظیمات زمان قطع و وصل فتوسل، از نوسان آن مابین دو حالت قطع و وصل جلوگیری می‌کند.

به منظور همزمانی قطع و وصل چراغهای روشنایی در سطح یک شهر یا یک منطقه، توصیه می‌شود که کلیه فتوسلهای مصرفی در آن شهر یا منطقه از یک نوع مشخص انتخاب شده و تنظیم زمان قطع و وصل تمامی آن نیز در یک مقدار مشخص از بین مقادیر بالا صورت گیرد.

۱۴-۱۱-۲-۴ تنظیم زمان تاخیر در قطع و وصل

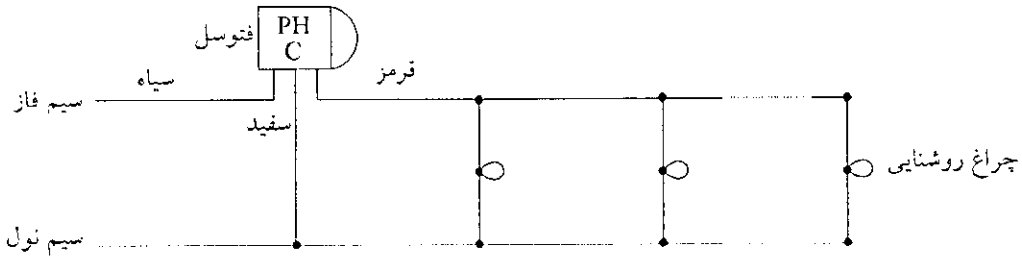
برای جلوگیری از عملکرد ناخواسته فتوسل باید تأخیری در زمان قطع و یا وصل فتوسل به شرح زیر ایجاد نمود. برای انجام این کار نیز باید از فتوسلهایی استفاده نمود که دارای خازن زمانی به منظور ایجاد این تأخیر باشد.

الف- تنظیم تأخیر زمانی قطع فتوسل در حدود ۹۰ ثانیه توصیه می‌شود تا به هنگام برخورد نور چراغهای خودروهایی که مستقیماً به فتوسل می‌تابند، عملکرد ناخواسته آن رخ نداده و باعث قطع روشنایی در شب نگردد.
ب- تنظیم تأخیر زمانی وصل فتوسل در حدود ۴۵ ثانیه توصیه می‌شود تا چنانچه تکه‌ای ابر تیره به طور موقت و به هنگام روز در آسمان ظاهر شود سبب روشن شدن نابجای چراغهای روشنایی نگردد.

۳-۱۱-۱۴ روشهای کنترل و فرمان روشنایی معابر

۱-۳-۱۱-۱۴ کاربرد فتوسل به منظور قطع و وصل مستقیم مدار

در این روش، فتوسل به طور سری در مسیر تغذیه یک یا چند چراغ قرار گرفته و مستقیماً عمل قطع و وصل مدار تغذیه را انجام می‌دهد. دیاگرام مدار فرمان مزبور در شکل (۱۴-۶) آمده است.



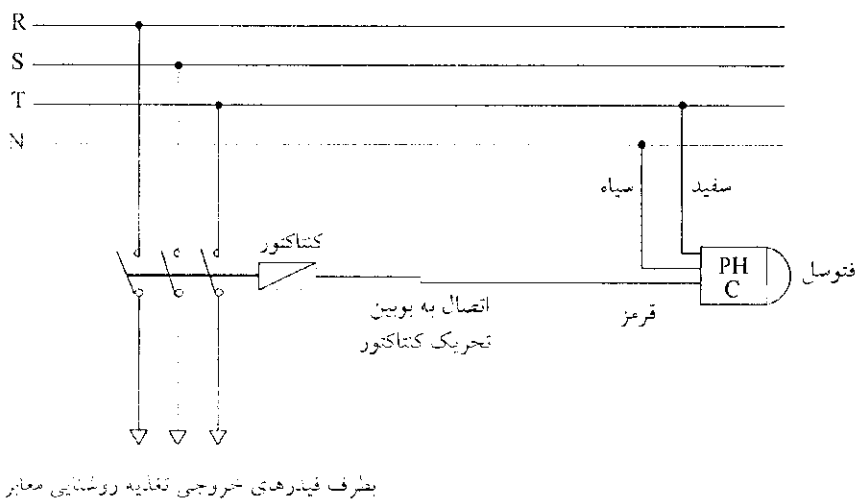
شکل ۱۴-۶- دیاگرام مدار فرمان تعدادی چراغ روشنایی به کمک عملکرد مستقیم فتوسل

در این روش، به ازای هر چراغ روشنایی می‌توان از یک فتوسل استفاده کرد و یا اینکه به ازای چند چراغ روشنایی، یک فتوسل به کار برده شود. فقط باید دقت گردد که جریان نامی فتوسل، متناسب با جریان بار آن انتخاب شود. از محاسن این روش، حذف کنتاکتور (که وسیله گرانی است) در مدار فرمان بوده، همچنین سهولت نصب فتوسل در جهت مناسب (رو به شمال) به دلیل آزادی عملکرد در نصب آن بر بالای پایه‌های روشنایی می‌باشد.
از عیوب این روش، استفاده از تعداد زیادی فتوسل می‌باشد که هم هزینه بر بوده و هم مشکل همزمانی قطع و وصل داشته که بدرستی انجام نمی‌پذیرد.

با توجه به محاسن و معایب این روش، استفاده از آن فقط برای مکانهای خاص، با تعداد چراغ محدود که ارتباطی به شبکه‌های روشنایی معابر گسترده شهری نیز نداشته باشد، مجاز می‌باشد.

۱۴-۱۱-۳-۲ کاربرد فتوسل به عنوان عامل فرمان به کنتاکتور

در این روش، قطع و وصل شبکه روشنایی توسط کنتاکتور نصب شده در داخل پستهای توزیع صورت می‌گیرد. این کنتاکتور، فرمان قطع و وصل را از یک فتوسل که در پست مزبور نصب می‌شود، دریافت می‌کند. محل نصب فتوسل معمولاً جنب دریچه یا پنجره پست توزیع می‌باشد به طوری که بتواند به راحتی نور محیط اطراف را دریافت داشته و با توجه به شدت آن، فرمان قطع یا وصل را به کنتاکتور صادر نماید. در این روش، فتوسل با جریان نامی پایین‌تر نیز این عمل را به راحتی انجام می‌دهد. دیاگرام مدار فرمان در این روش، مطابق با شکل (۱۴-۷) می‌باشد.



شکل ۱۴-۷- دیاگرام مدار فرمان روشنایی معابر با استفاده از کنتاکتور

از محاسن این روش، استفاده از تنها یک فتوسل برای هر پست و همزمان عمل نمودن روشنایی معابر اطراف پست می‌باشد. همزمان نمودن عملکرد روشنایی معابر پستهای مجاور نیز از طریق استفاده از فتوسلهای یکسان میسر خواهد بود.

از عیوب این روش، استفاده از کنتاکتور که وسیله‌ای گران قیمت است، می‌باشد. همچنین به دلیل مختلف بودن جهت پستهای توزیع، نصب فتوسلهایی که مقاومت نوری آن رو به بالا و در زیرکلاهک باشد، در سمت مناسب، با مشکل مواجه می‌باشد. لذا توصیه می‌شود که از فتوسلهایی استفاده گردد که مقاومت نوری آن در سطح جانبی بدنه نصب گردیده و قابلیت تغییر موقعیت مقاومت بر روی بدنه فتوسل نیز وجود داشته باشد.

۱۴-۱۱-۳-۳ سیستم کنترل از راه دور

هنگامی که بخواهیم سیستم روشنایی تغذیه شونده از کلیه پستهای یک منطقه یا حتی یک شهر را از یک نقطه و به طور همزمان قطع و وصل نماییم، از این سیستم استفاده می‌شود.

در این سیستم، فرمان قطع و وصل از مرکز کنترل شبکه (دیسپاچینگ) صادر می‌شود. این فرمان می‌تواند از طریق کابل یا سیم مجزایی ارسال شده و یا این که با استفاده از شبکه قدرت و از طریق PLC [1] فرستاده شود. ارسال فرمان معمولاً در دو مرحله صورت می‌گیرد:

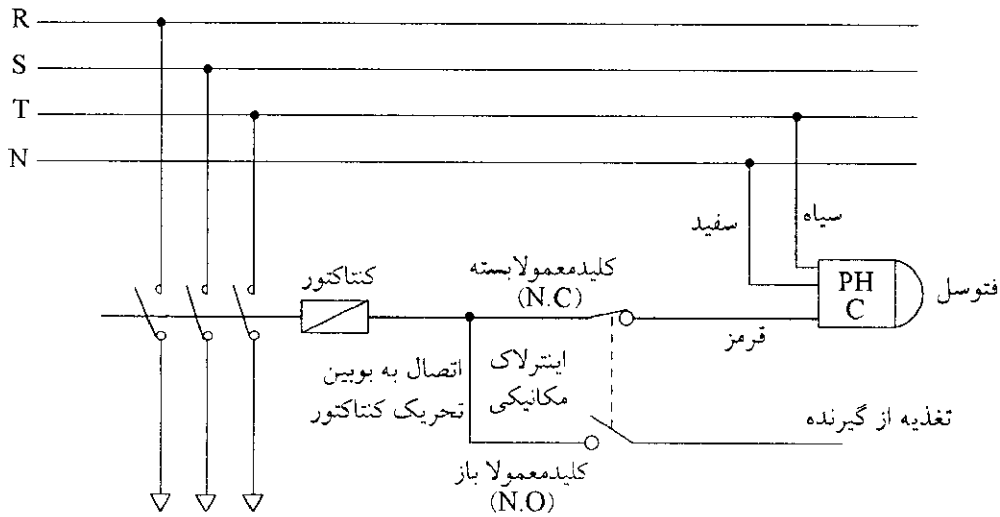
الف- ارسال فرمان توسط مرکز دیسپاچینگ و دریافت آن توسط واحدهای کنترل کننده، نصب شده در پستهای فوق توزیع (پستهای ۶۳/۲۰ کیلوولت و مشابه آن)

ب- ارسال فرمان توسط واحد کنترلی پست فوق توزیع و دریافت آن توسط گیرنده نصب شده در پستهای توزیع (پستهای ۲۰ به ۰/۴ کیلوولت و مشابه آن). گیرنده نصب شده، از طریق مدار شکل (۱۴-۸) فرمان قطع و وصل را صادر می‌کند.

در مدار شکل (۱۴-۸)، تا زمانی که نیازی به کنترل از راه دور شبکه روشنایی معابر نباشد، گیرنده از مدار خارج بوده و فتوسلها روال کار عادی خود را دارا می‌باشد. در صورت نیاز به کنترل از راه دور، با ارسال سیگنالی از طرف گیرنده، کلید N.O. بسته و نتیجتاً کلید N.C. باز می‌شود. در این حالت، فتوسل

1- Power Line Carrier

از مدار خارج شده و قطع و وصل شبکه روشنایی معابر از طریق گیرنده و با ارسال سیگنالی به کنتاکتور صورت می‌گیرد. پس از رفع نیاز، دوباره گیرنده با ارسال سیگنالی، از مدار خارج شده و فتوسل وارد مدار می‌گردد.



بطرف فیدرهای خروجی تغذیه روشنایی معابر

شکل ۱۴-۸- دیاگرام مدار فرمان روشنایی معابر با استفاده از سیستم کنترل از راه دور

فصل پانزدهم

ضوابط و مقررات ایمنی و دستورالعملهای نگهداری

سیستم روشنایی معابر

مقدمه

این فصل، از دو بخش اصلی "ضوابط و مقررات ایمنی" و "دستورالعملهای نگهداری سیستم" تشکیل شده است.

۱۵-۱ ضوابط و مقررات ایمنی

ایمنی در شبکه‌های روشنایی معابر در دو شاخه مختلف مورد بحث قرار می‌گیرد. این دو شاخه عبارتند از:

الف- ایمنی اشخاص پیاده در مقابل خطر برق گرفتگی در مواقع بروز اتصالی و یا قطعی در شبکه روشنایی معابر

ب- ایمنی پرسنل نصب، تعمیرات، سرویس، نگهداری و بهره‌برداری از شبکه روشنایی معابر.

در مورد بند "الف"، این ایمنی، به واسطه ایجاد سیستم زمین و حفاظتی در شبکه روشنایی معابر تحقق می‌یابد. دستورالعملها و مشخصات فنی مربوط به ایجاد این سیستمها مطابق با مفاد فصل چهاردهم می‌باشد.

در مورد بند "ب"، برای رسیدن به ایمنی، نیاز به تدوین استاندارد و مقرراتی بوده که در این بخش به انجام آن مبادرت می‌شود. این استاندارد و مقررات برای پرسنل ذیربط لازم الاجرا می باشد [۱۱].

۱۵-۱-۱ هدف

هدف از تهیه این بخش، تعیین ضوابط، دستورالعملها و مقرراتی است تا بر اساس آن، پرسنل مرتبط با امر نصب، تعمیرات، سرویس و نگهداری و بهره‌برداری از شبکه‌های روشنایی معابر، با اصولی صحیح و مناسب آموزشهای لازم را فرا گرفته و مقرراتی ساده و یکنواخت را در جهت کاهش حوادث رعایت و اجرا نمایند.

۱۵-۱-۲ تعریفها

۱۵-۱-۲-۱ ایمنی

ایمنی به معنای رعایت اصول و مقرراتی است که برای رهایی از شرایط مخاطره‌آمیز و به منظور حفظ نیروی انسانی و تأسیسات می‌باشد.

۱۵-۱-۲-۲ لوازم ایمنی

لوازمی است که استفاده از آن سبب پیشگیری از حوادث جانی و مالی می‌شود.

۱۵-۱-۲-۳ لوازم ایمنی انفرادی

لوازمی است که متناسب با نوع کار در اختیار فرد مجری قرار می‌گیرد مانند کلاه ایمنی، لباس کار و....

۱۵-۱-۲-۴ لوازم ایمنی گروهی

لوازمی است که متناسب با نوع کار در اختیار گروه اجرایی قرار می‌گیرد مانند دستگاه اتصال زمین، علائم هشدار دهنده خبری و...

۱۵-۱-۲-۵ قفل ایمنی

وسیله‌ای است برای جلوگیری از مانورهای غیر مجاز روی کلیدها و تجهیزات الکتریکی.

۱۵-۱-۲-۶ برق فشار ضعیف

تا ولتاژهای کمتر از ۱۰۰۰ ولت را برق فشار ضعیف می‌گویند.

۱۵-۱-۲-۷ شبکه بی برق

شبکه‌ای است که از منابع تغذیه جدا گردیده و اتصال زمین شده باشد.

۱۵-۱-۲-۸ فرد مجاز

فردی است که علاوه بر مهارتهای فنی، آموزشهای لازم ایمنی را طی نموده و صلاحیت وی به تصویب مراجع ذیصلاح رسیده باشد.

۱۵-۱-۲-۹ سرپرست گروه

فردی است که علاوه بر مسئولیت محوله، سرپرستی ایمنی گروه را دارا باشد.

۱۵-۱-۲-۱۰ مقررات ایمنی

مجموعه مقرراتی است که به منظور پیشگیری از حوادث وکنترل ضایعات، تدوین شده و لازم الاجرا می‌باشد.

۱۵-۱-۲-۱۱ ایمن سازی محیط

اقداماتی است که موجب می‌شود محیط و محدوده کار از حوادث احتمالی مصون بماند.

۱۵-۱-۲-۱۲ انتخاب مسیر عملیات

مسیر عملیات، برنامه انتخاب شده‌ای است که مجریان در ایمن‌ترین وضع و به سهولت قادر به انجام کار مورد نظر باشند.

۱۵-۱-۲-۱۳ آزمایش مکانیکی

بررسی و عملیاتی است که در خصوص اطمینان از صحت استقامت مکانیکی

تاسیسات و شبکه برای انجام کار مورد نظر بعمل می‌آید.

۱۵-۱-۲-۱۴ آزمایش الکتریکی

مجموعه بررسی و عملیاتی است که به منظور حصول اطمینان از صحت مدار و تأسیسات از نظر الکتریکی برای انجام کار محوله صورت می‌گیرد.

۱۵-۱-۲-۱۵ تخلیه الکتریکی مدار

عملیاتی است که بار الکتریکی ذخیره شده درمدار و تأسیسات جدا شده از منبع تغذیه را تخلیه و با زمین هم پتانسیل می‌نماید.

۱۵-۱-۲-۱۶ فاصله مجاز

حداقل فاصله‌ای است که مجریان را در هنگام کار، از حوادث برق گرفتگی مصون می‌دارد.

توجه : در مدار فشار ضعیف تماس مستقیم فرد بدون استفاده از لوازم عایق مناسب ممنوع می‌باشد.

۱۵-۱-۲-۱۷ عادی سازی محیط

حصول اطمینان از رفع خطر و بازگرداندن محیط کار به حالت عادی.

۱۵-۱-۲-۱۸ پایان کار

اتمام عملیات محوله و اعلام آن به واحدهای ذیربط توسط سرپرست گروه اجرایی.

۱۵-۱-۲-۱۹ تفنگ پنچر نمودن کابل

وسیله‌ای است برای حصول اطمینان از بی برقی کابل و ایجاد اتصالی بین هادی و زمین.

۱۵-۱-۲-۲۰ پل وتسون

دستگاهی است که برای اندازه‌گیری و تشخیص مقاومت کابل به کار برده می‌شود.

۱۵-۱-۲-۲۱ پل تامسون

دستگاهی است که برای اندازه‌گیری مقاومت‌های کوچک به کار برده می‌شود.

۱۵-۱-۲-۲۲ میگر (MEGGER)

دستگاهی است برای اندازه‌گیری مقاومتهای بزرگ به منظور عیب‌یابی یا حصول اطمینان از صحت مدارهای الکتریکی.

۱۵-۱-۲-۲۳ اتصال زمین موقت

وسیله‌ای است برای ایجاد اتصال موقت مدار با زمین (بعد از قطع مدار از منابع تغذیه)

۱۵-۱-۳ دستورالعملهای ایمنی

۱۵-۱-۳-۱ برقکاران موظفند هنگام کار تمامی اشیاء فلزی شخصی از قبیل ساعت، انگشتر، گردنبند و... را از خود درو نمایند.

۱۵-۱-۳-۲ در گروه دو نفره، انجام کار همزمان در ارتفاع و یا روی تابلوها برای بیش از یکنفر ممنوع می‌باشد و فرد دوم باید مراقب بر چگونگی اجرای کار باشد.

۱۵-۱-۳-۳ قطع و صول مدار به صورت غیر استاندارد و به هر گونه روش شخصی ممنوع می‌باشد.

۱۵-۱-۳-۴ در مدت زمان انجام کار گروه تعمیرات روی تجهیزات الکتریکی، وسیله نقلیه گروه بایستی در محل کار آماده باشد.

۱۵-۱-۳-۵ به هنگام کار در شب باید نور به حدی باشد که کار به راحتی انجام پذیرد.

۱۵-۱-۳-۶ هنگام کار، حضور سرپرست گروه در محل کار الزامی است.

۱۵-۱-۳-۷ هرگونه تغییری در لوازم ایمنی استاندارد شده ممنوع می‌باشد.

۱۵-۱-۳-۸ افراد موظفند نسبت به استفاده از لوازم ایمنی و ابزار کار موارد زیر را رعایت نمایند:

الف- تمیز نگهداشتن لوازم : افراد وظیفه دارند لوازم ایمنی و ابزار کار را همواره تمیز نگهدارند.

ب- سالم نگهداشتن لوازم و ابزار کار : افراد موظفند در سالم نگهداشتن وسائل و لوازم کار خود دقت لازم را به عمل آورده و از به کار بردن لوازم ایمنی و ابزار کار معیوب خودداری نمایند.

ج- حمل و کاربرد صحیح لوازم : افراد بایستی لوازم ایمنی و ابزار کار را به طور صحیح به کار گرفته و در حمل آن نیز رعایت احتیاط را به عمل آورده و از انداختن آن به اطراف خودداری نمایند.

۱۵-۱-۳-۹ هنگام بستن دستگاه اتصال زمین باید ابتدا کلمپ دستگاه به نول و سپس به فازها متصل شود. روش باز کردن دستگاه اتصال زمین عکس روش بستن آن می‌باشد.

۱۵-۱-۴ **فهرست لوازم ایمنی انفرادی**

لوازم ایمنی انفرادی گروه نصب، تعمیرات، سرویس و نگهداری و بهره‌برداری از شبکه‌های روشنایی معابر عبارتست از:

۱۵-۱-۴-۱ کلاه ایمنی برقکاران (دارای بند زیر چانه و قابل تنظیم)

۱۵-۱-۴-۲ لباس کار مناسب

۱۵-۱-۴-۳ دستکش کار تمام چرم یا کف چرم

۱۵-۱-۴-۴ دستکش عایق فشار ضعیف

۱۵-۱-۴-۵ کفش ایمنی مناسب

۱۵-۱-۴-۶ فازمتر فشار ضعیف

۱۵-۱-۴-۷ ولت سنج

۱۵-۱-۴-۸ انبردست با دسته عایق

۱۵-۱-۴-۹ چراغ قوه عایق

۱۵-۱-۴-۱۰ رکاب مناسب

۱۵-۱-۴-۱۱ کمربند ایمنی مجهز به کیسه ابزار کار

۱۵-۱-۴-۱۲ ساک ابزار کار

۱۵-۱-۵ فهرست لوازم ایمنی گروهی

لوازم ایمنی گروهی که در اختیار گروه نصب، تعمیرات، سرویس و نگهداری و بهره‌برداری از شبکه‌های روشنایی معابر قرار می‌گیرد عبارتند از:

۱۵-۱-۵-۱ جعبه کمکهای اولیه

۱۵-۱-۵-۲ کپسول آتش نشانی

۱۵-۱-۵-۳ اتصال زمین موقت

۱۵-۱-۵-۴ فیوزکش

۱۵-۱-۵-۵ ماسک صورت

۱۵-۱-۵-۶ چکش

۱۵-۱-۵-۷ آوومتر

۱۵-۱-۵-۸ قفل ایمنی

۱۵-۱-۵-۹ وسیله پنچری کابل

۱۵-۱-۵-۱۰ مگر (MEGGER)

۱۵-۱-۵-۱۱ پل وتسون

۱۵-۱-۵-۱۲ پل تامسون

۱۵-۱-۵-۱۳ نردبان عایق

۱۵-۱-۵-۱۴ فیبر عایق

۱۵-۱-۵-۱۵ فرش عایق

۱۵-۱-۵-۱۶ علائم هشدار دهنده خبری

۱۵-۱-۵-۱۷ کارتهای حفاظتی

۱۵-۱-۵-۱۸ پروژکتور

۱۵-۱-۵-۱۹ هندلاین

۱۵-۱-۵-۲۰ جعبه ابزار لوازم گروهی

۱۵-۱-۶ مقررات ایمنی قبل از انجام کار

قبل از انجام کار، نظرات گروهی اجرایی نصب، تعمیرات، سرویس و نگهداری و بهره‌برداری از شبکه‌های روشنایی معابر موظف می‌باشند مقررات زیر را بنا به مورد، کاملاً رعایت نمایند.

۱۵-۱-۶-۱ اعلام محل و زمان شروع کار به واحد "اتفاقات شبکه توزیع" در صورت لزوم.

۱۵-۱-۶-۲ درخواست و دریافت فرم تائیدیه بی‌برقی مدار در صورت لزوم.

۱۵-۱-۶-۳ بازدید و بررسی لوازم ایمنی و ابزار کار انفرادی توسط مجری.

۱۵-۱-۶-۴ بازدید و بررسی لوازم ایمنی و ابزار کار انفرادی توسط سرپرست.

۱۵-۱-۶-۵ بازدید و بررسی لوازم ایمنی و ابزار کار گروهی توسط سرپرست.

۱۵-۱-۶-۶ ایمن‌سازی محیط برحسب مورد مانند:

الف- محصور نمودن محیط فعالیت گروه

ب- نصب تابلو و علائم هشداردهنده خبری

ج- گماردن نفر در محل

د- نصب کارتهای حفاظتی

هـ- نصب قفل ایمنی

و- انتخاب محل مناسب برای نصب و استقرار ماشین‌آلات.

۱۵-۱-۶-۷ حصول اطمینان از سالم بودن تجهیزات و ماشین آلات مورد مصرف از قبیل زنجیر بکسل، قلاب جرثقیل، بالابر و غیره.

۱۵-۱-۷ مقررات ایمنی حین انجام کار

رعایت موارد زیر حین انجام کار برای مجریان الزامی است:

۱۵-۱-۷-۱ استفاده از لوازم ایمنی انفرادی و گروهی.

۱۵-۱-۷-۲ آزمایش بدنه تجهیزات موجود در محل از نظر الکتریکی و استقامت مکانیکی.

۱۵-۱-۷-۳ انتخاب مسیر مناسب برای اجرای کار و رفع موانع موجود.

۱۵-۱-۷-۴ آزمون الکتریکی به منظور اطمینان از بی‌برقی مدار با استفاده از ولت سنج ضمن رعایت فاصله مجاز.

۱۵-۱-۷-۵ تخلیه الکتریکی مدار با استفاده از دستگاه اتصال زمین موقت.

۱۵-۱-۷-۶ بستن دستگاه اتصال زمین موقت در طرفین محل کار و در معرض دید مجری به طریقی که تا پایان کار اجرایی نیاز به جابه‌جایی آن نباشد.

۱۵-۱-۷-۷ آزمایش به منظور حصول اطمینان از بی‌برق بودن کابل مورد نظر.

۱۵-۱-۷-۸ تخلیه الکتریکی کابل مورد نظر و در صورت نیاز پنچر نمودن کابل.

۱۵-۱-۷-۹ مجری موظف است با استفاده از (MEGGER) عمل تخلیه الکتریکی کابل و دستگاه را انجام دهد.

۱۵-۱-۷-۱۰ مهار نمودن پایه‌ها یا تجهیزات خطرآفرین.

۱۵-۱-۷-۱۱ عایق‌بندی تجهیزات برقداری که در مجاورت محل کار وجود دارد.

۱۵-۱-۷-۱۲ هنگام کار روی مدار برقدار تماس مجری با اشخاص و تجهیزات زمین شده ممنوع می‌باشد.

۱۵-۱-۷-۱۳ چنانچه انجام کار به صورت برقدار میسر نباشد، لازم است مدار بی‌برق شود.

۱۵-۱-۷-۱۴ کار کردن بیش از یک نفر روی یک مدار برقدار ممنوع می‌باشد.

۱۵-۱-۷-۱۵ در شرایط جوی غیر عادی انجام هر گونه کار روی خط برقدار ممنوع است.

۱۵-۱-۷-۱۶ در صورت برخورد با عوامل مشکوک و خطرآفرین در هنگام حفر چاله و نصب تیر مراتب فوراً به سرپرست گروه گزارش شود.

۱۵-۱-۷-۱۷ بارگیری، تخلیه و نصب پایه با رعایت موارد ایمنی و مطابق با دستورالعملهای فنی تدوین شده، صورت پذیرد.

۱۵-۱-۷-۱۸ حصول اطمینان از استقرار و استحکام کامل پایه توسط سرپرست.

۱۵-۱-۷-۱۹ بستن طناب یا کمربند ایمنی به دور پایه قبل از صعود.

۱۵-۱-۷-۲۰ صعود از پایه با توجه به تنوع پایه‌ها برابر آموزشهای لازم.

۱۵-۱-۷-۲۱ مجری موظف است به هنگام صعود هندلاین را به منظور انتقال لوازم با خود همراه داشته باشد.

۱۵-۱-۷-۲۲ نصب هندلاین در محل مناسب.

۱۵-۱-۷-۲۳ در صورت نیاز به کار نفر دوم برای انجام کار روی یک پایه، صعود نفر دوم بایستی پس از استقرار کامل نفر اول انجام پذیرد و بالعکس.

۱۵-۱-۸ مقررات ایمنی بعد از انجام کار

مجریان موظف می‌باشند بعد از انجام کار موارد زیر را رعایت نمایند:

۱۵-۱-۸-۱ جمع‌آوری، کنترل و نگهداری لوازم ایمنی انفرادی و گروهی و ابزار کار.

۱۵-۱-۸-۲ عادی‌سازی محیط کار و اطمینان از رفع خطر.

۱۵-۱-۸-۳ برداشتن کارت احتیاط.

۱۵-۱-۸-۴ لغو فرم تائیدیه بی برقی مدار و اعلام پایان کار توسط سرپرست به واحد"اتفاقات شبکه توزیع".

۱۵-۱-۸-۵ جداسازی لوازم ایمنی و لوازم کار معیوب.

۱۵-۲ دستورالعملهای نگهداری سیستم روشنایی معابر

با توجه به توصیه‌ها و دستورالعملهای قید شده در سایر فصول، عملیات نگهداری سیستم روشنایی به دو دسته کلی زیر تقسیم می‌شود:

۱۵-۲-۱ عملیات غیر متناوب نگهداری سیستم روشنایی معابر

این گروه از عملیات نگهداری سیستم روشنایی معابر به صورت غیر متناوب و فقط در مواقع لزوم صورت می‌گیرد. اهم این عملیات عبارتند از:

الف- رفع اتصالیها و یا قطعیهای شبکه تغذیه روشنایی

ب- تعویض و یا تعمیر المانها و عناصر معیوب و شکسته از قبیل ترمینالها، فیوز، لامپ، چراغ و غیره

ج- ترمیم و جایگزینی پایه‌های صدمه دیده.

۱۵-۲-۲ عملیات متناوب نگهداری سیستم روشنایی معابر

این گروه از عملیات نگهداری سیستم روشنایی معابر باید طبق برنامه زمان‌بندی و به صورت متناوب صورت بگیرد. اهم این عملیات عبارتند از:

۱۵-۲-۲-۱ کنترل سیستم اتصال زمین

به دلیل اهمیت سیستم اتصال زمین نیاز به کنترل مداوم مقاومت زمین و مدار اتصال زمین می‌باشد. چنانچه در این بررسی، مقاومت زمین به دلیل خشک شدن زمین و یا قطع سیم اتصال زمین و یا معیوب شدن محل اتصالات، افزایش یابد باید نسبت به اصلاح آن اقدام شود. توصیه می‌گردد که این

بررسی در هر فصل، یک بار انجام پذیرد، خصوصاً در ابتدا و انتهای فصل گرما ضروری است.

۱۵-۲-۲-۲ تعویض لامپ کهنه

در مورد لامپهای بخار جیوه پرفشار در صورتی که مدت زمان بهره‌برداری روزانه از آن ۱۰ ساعت باشد توصیه می‌شود که پس از حدود ۲۴۰۰۰ ساعت کار، تعویض شود. در غیر این صورت مطابق با توصیه‌های بند (۱۰-۱۸) عمل گردد.

در مورد لامپهای بخار سدیم کم فشار و پرفشار بهتر است پس از سوختن لامپ و در مورد لامپهای فلورسنت نیز پس از حدود ۸۰۰۰ ساعت کار، تعویض شود. در هر حال، در کلیه موارد باید توصیه‌های سایر فصول و مخصوصاً توصیه‌های بخش ۱۸ از فصل دهم مدنظر قرار گیرد.

۱۵-۲-۲-۳ نظافت چراغ

تناوب زمانی نظافت چراغ با توجه به شرایط آب و هوایی منطقه، میزان آلودگی محیط و نوع چراغ تعیین می‌شود. برای مشخص کردن این تناوب زمانی، توصیه‌ها و مطالب عنوان شده در سایر فصول قابل استفاده می‌باشد. در انتخاب زمان تناوب نظافت چراغ توصیه می‌شود که هر چه منطقه مورد نظر آلودگی بیشتری داشته باشد، زمان تناوب نظافت چراغ نیز کوتاهتر انتخاب گردد. یک نمونه پیشنهادی برای تناوب زمانی نظافت چراغهای روشنایی معابر به صورت زیر ارائه می‌شود.

الف- مناطق با آلودگی زیاد : ۱۲ ماه و یا حتی کمتر

ب- مناطق با آلودگی متوسط : ۱۲ الی ۱۸ ماه

ج- مناطق با آلودگی کم : ۱۸ الی ۲۴ ماه

د- مناطق با آلودگی ناچیز توام با بارندگی زیاد : ۲۴ الی ۳۶ ماه.

توصیه می‌شود که در موقع نظافت چراغ نسبت به نظافت پایه‌های فلزی نیز اقدام گردد.

۱۵-۲-۲-۳-۱ نحوه نظافت چراغ و پایه

برای نظافت چراغها و پایه‌های روشنای معابر نیاز به استفاده از بالابر می‌باشد. حداکثر ارتفاع بالابر باید به گونه‌ای باشد که دست کارگران نظافتچی به راحتی به چراغهای موجود در هر پایه برسد. این ارتفاع، بهتر است به اندازه‌ای باشد که بتوان با استقرار بالابر در وسط هر دو پایه، نسبت به نظافت پایه‌ها و چراغهای مستقر بر هر دوی آن اقدام نمود. در این حالت، در وقت و هزینه صرفه‌جویی می‌شود.

برای نظافت، استفاده از آب خصوصاً گرم، محتوی مواد شوینده و پاک‌کننده ضروری است. بالابر بهتر است مجهز به پمپ باد باشد تا پس از شستشو بتوان نسبت به خشک کردن سریع اجزاء داخلی چراغ اقدام نمود. همچنین بالابر باید مجهز به تجهیزات جمع‌آوری و نگهداری آبهای کثیف ناشی از شستشوی چراغ و پایه باشد. دقت شود که قبل از شروع نظافت حتماً فیوز پایه فلزی از مدار خارج شده و پس از اتمام کار مجدداً به مدار وارد گردد. زمان انجام نظافت با توجه به ترافیک معبر می‌تواند در شب و یا روز انجام شود به طوری که خللی در روانی ترافیک ایجاد نکند.

۱۵-۲-۲-۴ رنگ‌آمیزی پایه‌های فلزی

برای جلوگیری از زنگ‌زدگی و خرابی پایه‌های فلزی و همچنین خوش رویت بودن آن لازم است که در دوره‌های زمانی مناسب نسبت به رنگ‌آمیزی پایه‌های فلزی اقدام شود. تناوب زمانی این کار با توجه به شرایط آب و هوایی منطقه تعیین می‌گردد.

۱۵-۲-۲-۵ بازدید شبانه

به منظور کنترل سیستم روشنایی معابر باید به طور مداوم و طبق برنامه زمان‌بندی مشخصی بازرسی‌های شبانه صورت گیرد تا اشکالات و خرابیهای آن مشخص شده و نسبت به ترمیم آن اقدام شود.

فهرست مراجع

[۱] "استاندارد پستهای توزیع زمینی ۲۰ کیلوولت"، وزارت نیرو- شرکت توانیر - معاونت تحقیقات و تکنولوژی - دفتر استانداردها، شهریور ماه ۱۳۷۴.

[۲] "استاندارد مشخصات فنی ترانسفورماتورهای روغنی توزیع"، وزارت نیرو - شرکت توانیر - معاونت تحقیقات و تکنولوژی - دفتر استانداردها، تیر ماه ۱۳۷۴.

[۳] "استاندارد تابلوهای مورد استفاده در شبکه توزیع"، وزارت نیرو - شرکت توانیر - معاونت تحقیقات و تکنولوژی - دفتر استانداردها، آذرماه ۱۳۷۴.

[۴] "استاندارد سیستم زمین شبکه‌های توزیع"، وزارت نیرو - شرکت توانیر - معاونت تحقیقات و تکنولوژی - دفتر استانداردها، دیماه ۱۳۷۴.

[۵] "استاندارد کابلهای مورد استفاده در شبکه توزیع"، وزارت نیرو - شرکت توانیر - معاونت تحقیقات و تکنولوژی - دفتر استانداردها، آذرماه ۱۳۷۴.

[۶] "استاندارد شبکه‌های توزیع نیروی برق"، وزارت نیرو - امور برق، ۱۳۶۴.

[۷] "استاندارد خطوط هوایی شبکه توزیع"، وزارت نیرو - شرکت توانیر - معاونت تحقیقات و تکنولوژی - دفتر استانداردها، پاییز ۱۳۷۴.

[۸] "استاندارد طراحی معابر شهری"، وزارت مسکن و شهرسازی - شورای عالی شهرسازی و معماری، ۱۳۷۴.

[۹] "مشخصات فنی عمومی و اجرایی تأسیسات برقی کارهای ساختمانی"، سازمان برنامه و بودجه - دفتر تحقیقات و معیارهای فنی، ۱۳۷۱.

[۱۰] "پایه‌های بتنی مسلح - راهنمای ساخت و استاندارد" وزارت نیرو- امور برق، ۱۳۶۰.

[۱۱] "استاندارد مقررات ایمنی توزیع صنعت برق"، وزارت نیرو - امور برق - دفتر مهندسی و نظارت برق.

[۱۲] "دفترچه راهنمای طراحی و محاسبات پایه‌های فلزی روشنایی داخل شهری" دفتر فنی شبکه توزیع نیروی برق تهران، دیماه۱۳۷۲.

[13] IEC 529, "Classification of degrees of protection".

[14] IEC 598, "Luminairies".

a) Part 1 - "General Requirements And Tests", 1986.

b) Part 2- "Particular Requirements".

b.1) Part 2.1- "Fixed General Purpose Luminairies", 1987.

b.2) Part 2.3- "Luminairies for Road and street Lighting", 1987.

[15] IEC 188 , "High Pressure Mercury Vapour Lamps" 1974.

[16] IEC 81, "Tubular Fluorescent Lamps For General Lighting Service",1984.

[17] IEC 192 , "Low Pressure Sodium Vapour Lamps", 1973.

[18] IEC 662, "High Pressure Sodium Vapour Lamps" , 1980.

[19] IEC 259, "Miscellaneous Lamps And Ballasts" , 1968.

[20] IEC 238, "Edison Screw Lampholders",1987.

[21] IEC 459, "Ballasts For Low-Pressure Sodium Vapour Lamps", 1974.

[22] IEC 82, "Ballasts For Tubular Fluorescent Lamps" , 1973.

[23] IEC 458, "Transistorized Ballasts For Fluorescent Lamps" , 1974.

[24] IEC 155, "Starters For Fluorescent Lamps" , 1973.

[25] IEC 566, "Capacitors For Use In Tubular Fluorescent And Other Discharge Lamp Circuits" , 1989.

[26] IEC 50 (845) "International Electrotechnical Vocabulary; Lighting Vocabulary" , 1987.

[27] IEC 61, "Lamps Caps and holders together with gauges for the control of interchangeability and safety".

[28] IEC 144, "Degrees of protection of enclosures for low voltage switchgear and controlgear".

[29] IEC 262 , "Ballasts for high pressure mercury vapour Lamps".

[30] BS 5489 , "Road Lighting".

a) Part 1-"Guide to the General Principles", 1992.

b) Part 2-"Code of Practice For Lighting For Traffic Routes", 1992.

c) Part 3-"Code Of Practice For Subsidiary Roads And Associated Pedestrian Areas",1992.

d) Part 4-"Code Of Practice For Lighting For Single-Level Road Junctions Including Roundabouts", 1992.

e) Part 5-"Code Of Practice For Lighting For Grade-Separated Junctions", 1992.

f) Part 6-"Code Of Practice For Lighting For Bridges And Elevated Roads", 1992.

g) Part 7-Code Of Practive For The Lighting Of Tunnels And Underpasses" , 1992.

h) Part 8-"Code Of Practice For Lighting For Roads Near Aerodromes, Railways, Docks And Navigable Waterways", 1992.

i) Part 9-"Code Of Practice For Lighting For Urban Centres And Public Amenity Areas", 1992.

j) Part 10-"Code Of Practice For Lighting For Motorways", 1992.

[31] BS 5649 , "Lighting Columns".

a) Part 2-"Dimensions And Tolerances", 1978.

b) Part 3-"Specification For Materials And Welding Requiememts", 1982.

c) Part 4-"Recommendations For Surface Protection Of Metal Lighting Columns", 1982.

d) Part 5-"Specification For Base Compartments And Cableways", 1982.

e) Part 6-"Specification For Design Loads", 1982.

f) Part 7-"Method For Verification Of Structural Design By Calculation", 1985.

g) Part 8-"Method For Verification Of Structural Design By Testing", 1982.

h) Part 9-"Specification Of Special Requirements For Reinforced And

h) Part 9-"Specification Of Special Requirements For Reinforced And Prestressed Concrete Lighting Columns ", 1982.

[32] BS 5750 , "Quality Systems, Part 2: Specification For Production And Installation", 1987.

[33] DIN EN 40, "Lighting Columns, Part 1: Definitions And Terms", 1976.

[34] DIN 5044 , "Stationary Traffic Lighting".

a) Part 1- "Street Lighting For Automobile Traffic", 1981.

b) Part 2- "Street Lighting For Automobile Traffic; Calculation And Measurement", 1982.

[35] "IES Lighting handbook" Volumes 1&2 Illuminating Engineering Society of North America", 1984-1987.

[36] "Voltage drop multipliers and impedance charts", Harza Engineering Company, 1971.

Islamic Republic of Iran
Plan and Budget Organization - Ministry of Energy

General Technical Specification for City Road Lighting Design and Installation

Office of the Deputy for Technical Affairs
Bureau of Technical Affairs and Standards

Tavanir Organization
Deputy for Research & Technology
Bureau of Standards

1379/2000