

トンネル照明における灯具の設置高さがグレアに及ぼす影響

独立行政法人 土木研究所 正会員 石村 利明
同 正会員 真下 英人

1. はじめに

都市内交通の渋滞緩和を目的として、建設コストの縮減を図りながら交通容量の増加を目指す一方策として乗用車専用道路の導入が検討されている。こうした乗用車専用道路のトンネルは、通常の2車線の道路トンネル断面に比べて小さな断面となるため、照明施設設計にあたっては照明器具の設置高さが低くなることによって、従来のトンネル断面と同等程度の視環境が確保されているかどうかの確認が必要となる。そこで、本報文では照明器具の設置高さが低くなることによって、特に懸念される照明器具からのグレアについて把握するとともに、その低減方策について検討を行った。

2. 検討方法

検討は、図-1に示す道路トンネル断面を想定し、既存の標準的な照明器具、光源を用いた場合に、現行の道路照明施設設置基準の「設定路面輝度を下回らないこと」

「照明器具の設置間隔は2.5H（向き合わせ配列時（Hはトンネル高さ））以下とすること」を満足するように照明設計を行い、その状態で照明器具からのグレアの一般的な評価指標として用いられているTI値を算出した。照明設計の条件は、設計速度60km/hとして入口照明区間と基本照明区間の2照明区間を対象に表-1、2に示すように設定した。

なお、TI値は眼球内の散乱光によって生じる等価光幕輝度とその時の順応輝度の比率によって変化し、等価光幕輝度と順応輝度から次式¹⁾によって算出され、道路照明では一般的に順応輝度に視線方向の路面輝度を用いることから、ここでは、運転者の視線方向（視点位置が1.5m、俯角が1.0°：視点より86m先）の平均路面輝度を順応輝度として用いた。

$$TI = \{65 \times Leq\} / (Lr^{0.8}) \quad Lr \quad 5.0 \text{ cd/m}^2 \text{ の場合}$$

$$TI = \{95 \times Leq\} / (Lr^{1.05}) \quad Lr \quad 5.0 \text{ cd/m}^2 \text{ の場合}$$

ここで、Leq：等価光幕輝度、Lr：順応輝度

3. 検討結果

(1) 照明器具からのグレア

図-2に設置高さの違いによるTI値の結果を示す。横軸は坑口からの視点の位置、縦軸はTI値を示す。図より、TI値の制限値をCIE（国際照明委員会）で推奨している15%未満¹⁾を目安として評価すると、既存の標準照明器具、光源を使用して所要の路面輝度を確保した場合、器具設置高さが4.8mの場合の基本照明区間と入口照明区間および設置高さが3.0mの基本照明区間では、部分的に高い箇所はあるものの全体的にTI値は5%程度と低く、15%以内に収まった。一方、小断面トンネルを想定した設置高さが3.0mの場合の入口照明区間では、坑口からの距離が長くなるに従ってTI値が増加し、ある位置でピークに達した後、減少するといった凸型のグラフを描く傾向が見られ、TI値が15%を

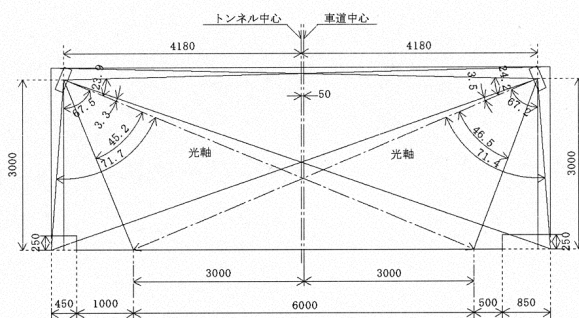


図-1 トンネル断面（設計速度60km/h）

表-1 照明設計の条件

基本照明区間	基本照明区間の路面輝度	設計速度60km/h：2.3cd/m ²
	光源	Hf蛍光ランプ（Hf）
入口照明区間	配列	向き合わせ配列
	入口照明区間の路面輝度と延長	60km/hの入口照明曲線（表-2）
	野外の輝度	4000cd/m ²
	光源	高圧ナトリウムランプ
その他条件	配列	向き合わせ配列
	照明器具設置高さ	3.0m、4.8m
	照明器具	道路トンネルで一般的に使用されている照明器具
照明器具設置間隔	照明器具設置間隔	向き合わせ配列の場合2.5H以下（Hは照明器具設置高さ）

表-2 入口照明区間の設計条件

設計速度 [km/h]	路面輝度 [cd/m ²]			長さ [m]			
	境界部	移行部	緩和部	境界部	移行部	緩和部	総延長
60	58	35	2.3	25	65	135	225

図-2は入口照明区間の設計条件を示すグラフです。縦軸は路面輝度（高、低）を示し、横軸は坑口からの視点距離を示します。グラフには境界部、移行部、緩和部が示されており、移行部は入口照明区間の延長を示しています。基本照明区間は移行部の右側に示されています。

キーワード；小断面トンネル、照明設計、視認性、グレア

連絡先 〒305-8516 つくば市南原1-6 独立行政法人土木研究所 TEL 0298-79-6791 FAX 0298-79-6796

越えている範囲が存在することが分かる。このことから、入口照明区間におけるグレアは器具設置高さの影響が非常に大きく、小断面トンネルの照明ではグレアを低減する方策を検討する必要があることが明らかとなった。

（２）個々の照明器具によるグレアへの影響度

TI値が増加した要因は、図-3に示すように視線が入口照明区間では、視点が入口照明区間内であるため等価光幕輝度が高く、視点高さを1.5m、俯角 1° とすると視線位置は86m前方の路面輝度が低い基本照明区間となり、その時の順応輝度も低くなったためと考えられる。そこで、図-2におけるTI値の最大地点において前方の照明器具からどの程度の等価光幕輝度を発生しているかを個別に算出した。その結果を図-4に示す。図より、視点到最も近い入口照明器具から発生したTI値が全体の約7割を占め、さらに入口照明器具の2灯目までのTI値を加算するとTI値の8割を占めていることが分かり、視点到近い照明器具からの影響度が非常に大きいことが明らかになった。

（３）グレアの低減方策の検討

TI値を減少させるには順応輝度を増加させるか等価光幕輝度を低下させるかが必要がある。そこで、入口照明区間を延長して順応輝度を増加させる方法、入口照明器具の配光を調整して光束をカットし等価光幕輝度を減少させる方法でTI値を算出した。その結果、この手法では約33%のTI値が約13%まで減少することが分かった。また、この手法では図-5に示すように既存の入口照明器具の配光の光軸を進行方向に 5° 、 10° と傾けるに従ってTI値が減少し、 10° の場合で15%以下に抑制することが可能であることが分かった。

以上より、これらの手法によってグレアの低減が可能が明らかとなったが、この手法では現行の入口照明曲線を変更する必要があることと、従来照明方式に比べて入口照明延長分のイニシャルコスト、ランニングコストが上昇することが課題である。また、この手法では現行の入口照明曲線を変更せずに設計することが可能であり、その方法として既存の照明器具全体を進行方向に傾ける方法と照明器具の反射板を改良し光軸を変更する方法等が考えられる。

【参考文献】

- 1) Calculation and measurement of luminance and illuminance in road lighting : CIE PUBLICATION 30-2 (1982)

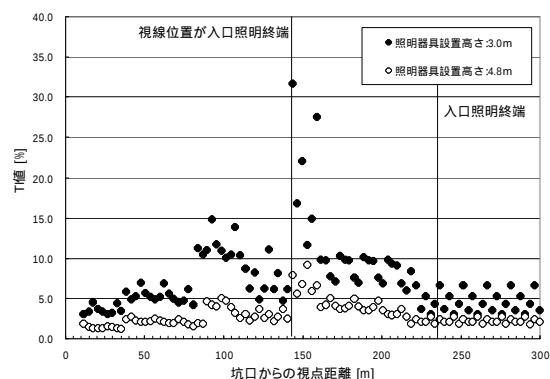


図-2 TI値算出結果

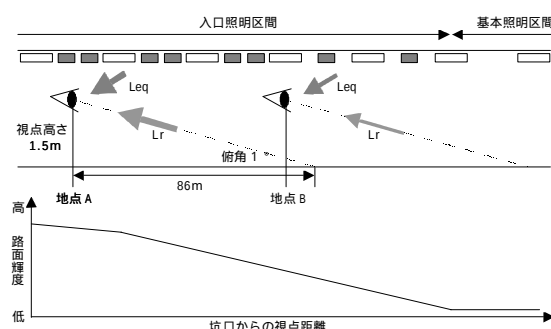


図-3 TI値に与える影響イメージ図

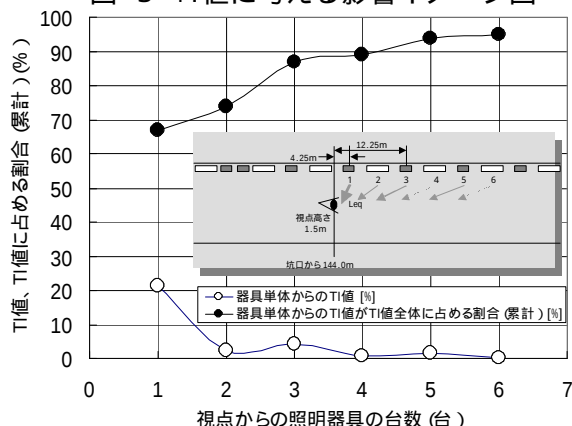


図-4 個別の照明器具によるTI値

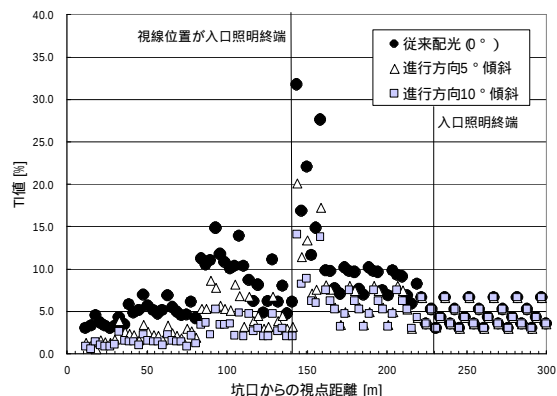


図-5 照明器具傾斜時のTI値