

トンネル照明における光源の違いが視環境におよぼす影響に関する一考察

国立研究開発法人土木研究所 正会員 ○北川洋平
 国立研究開発法人土木研究所 正会員 砂金伸治

1. 研究目的

トンネル照明には、運転者が安全にトンネルを走行できるように平均路面輝度などの指標が定められている¹⁾。また、運転者の不快感を軽減するための指標として車線軸均斉度が定められており、路面の輝度ムラが小さいほど、不快感を軽減することが可能であると考えられている。最近では、トンネル照明の光源に長寿命かつ高効率であるLED照明が導入されているが、運転者に与える影響や快適性などについての知見が少なく不明確である。そこで、現地実験にて光学測定と被験者によるアンケート評価による基礎データの収集を行い、光源の違いが車線軸均斉度と路面輝度に与える影響について検討を行った。

2. 現地実験の概要

2.1 現地の概要

幅 5m 程度の建設中の小断面トンネルにおいて、一般蛍光灯（以後、蛍光灯）およびLED 蛍光灯（以後、LED）の2種類を設置して実験を行った。トンネルの標準断面を図-1に示す。トンネルは両掘りによる掘削であり、Case1~Case6とCase7~Case12で実験実施工区が分かれているが、断面は同一である。次項に示す全12ケースをそれぞれ50m程度設け、各ケースについて輝度・照度の計測を行った。

2.2 実験ケースの概要

表-1に全12ケースの概要を示す。各ケースのパラメーターとして、「照明の設置間隔(2.5m・5m・10m)」、「向き(縦・横)」、「光源(蛍光灯・LED)」、「配列(片側・向合せ)」を設けた。

2.3 光学測定について

光学測定について、路面輝度、路面照度の計測を行った。輝度の測定にはスポット輝度計を用い、測定はトンネル横断方向を分割する形で測線を4本引き、トンネル縦断方向に2.5mごとに測点を設けた。なお、測点上にコンクリート舗装を模擬した供試体を設置したうえで、部分輝度の測定を3回行い、その平均値によって求めた。同様の測点において照度計測も行った。図-2に光学測定の測点の概要を示す。

2.4 アンケート評価について

被験者に実験区間を走行してもらい、各区分について評価を行った。表-2にアンケート評価の項目を示す。評価は路面の明るさ、路面のムラ、総合評価などについて5段階評価にて行った。

なお、前述の通りCase1~Case6とCase7~Case12については実験実施工区が異なり、同一の被験者による評価ではないことに留意されたい。有効な回答が得られた被験者数は両実験実施工区ともに16名である。

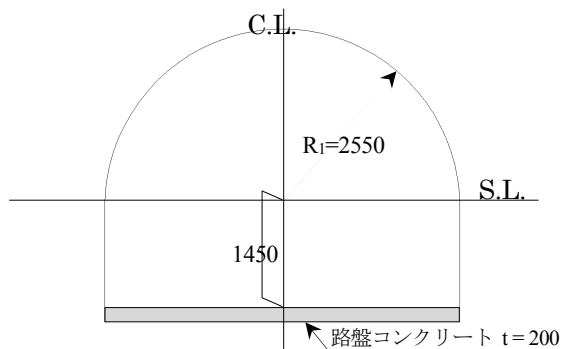


図-1 現地実験を行ったトンネルの標準断面

表-1 実験ケースの概要

ケース No.	設置間隔 [m]	向き	光源	配列
Case1	2.5	縦	蛍光灯	片側
Case2	5.0	縦	蛍光灯	片側
Case3	10	縦	蛍光灯	片側
Case4	2.5	横	蛍光灯	片側
Case5	5.0	横	蛍光灯	片側
Case6	10	横	蛍光灯	片側
Case7	2.5	縦	LED	片側
Case8	5.0	縦	LED	片側
Case9	10	縦	LED	片側
Case10	2.5	縦	LED	向合せ
Case11	5.0	縦	LED	向合せ
Case12	10	縦	LED	向合せ

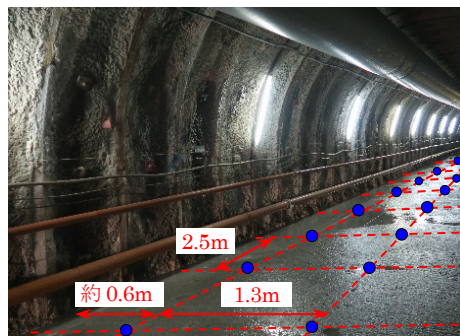


図-2 光学測定の測点

表-2 アンケート評価の項目

アンケート項目 (5段階評価)	
①路面の明るさ	⑥先行車の見え方
②路面のムラ	⑦まぶしさ
③壁面の明るさ	⑧明るさの適否
④壁面のムラ	⑨明るさの改善
⑤障害物の見え方	⑩総合評価

Key Words: トンネル照明, 路面輝度, 走行快適性

連絡先: 〒305-8516 茨城県つくば市南原 1-6 国立研究開発法人土木研究所 道路技術研究グループ (トンネル)

TEL: 029-879-6791

3. 計測結果

図-3にCase1～Case3とCase7～Case9における路面の部分輝度の分布を示す。箱は $\pm\sigma$ を示し、ひげは最大、最小を、黒点は平均を示す。Case1～Case3の標準偏差の分布を見ると、Case7～Case9と比較して箱が小さいことから、蛍光灯の方がLEDよりも部分輝度のばらつきが小さいことが分かる。図-4はCase2とCase8の部分輝度の空間分布を示したものである。Case2とCase8を比較すると、Case2の方がCase8よりも部分輝度の等高線の縦断方向の変動が小さく、部分輝度のばらつきが空間的に小さいことを示す。一方、Case8は縦断方向の等高線の変動が大きく、輝度差が空間的に大きいことが分かる。

次に、縦断方向の部分輝度の差を平均路面輝度で除したものを輝度勾配²⁾(LS_{max})とし、各ケースのトンネルにおいて算出した。さらに照明を設置している側から3本目の測線を車線軸と仮定し、車線軸均斉度を算出したうえで、前述の輝度勾配との関係を図-5に示す。Case1～Case3では、照明の設置間隔を狭めると車線軸均斉度が上昇しており、それに伴い縦断方向の輝度勾配が低下している。一方、Case7～Case9においては照明の設置間隔を狭めても車線軸均斉度の低下の程度が小さい。Case1～Case3とCase7～Case9のそれぞれについて近似曲線を引くと、Case1～Case3の方が近似曲線の傾きが緩やかであることが分かる。

図-6はアンケート評価の結果である。路面のムラについてはCase1, Case2, Case7で「よい」または「ややよい」と回答した割合が高いことが分かる。しかし、総合評価では、Case8の評価がもっとも高く、次いで路面のムラの評価が高かったCase1, Case2が高評価を得ていることが分かる。このことから、路面のムラ以外にも走行快適性に影響を与える要素があることが示唆されているものと思われる。

4. 結論

現地実験を行い、得られた測定値から光源の違いにより縦断輝度勾配と車線軸均斉度との関係性が異なることを把握した。また、車線軸均斉度以外にも、運転者が快適に走行する際の要素がある可能性が示唆された。

謝辞：現地試験の実施にあたり、中部地方整備局飯田国道事務所および施工会社に多大なご協力をいただいた。ここに記し感謝の意を表する。

参考文献

- 1) 道路照明施設設置基準・同解説，社団法人日本道路協会，平成19年10月，2007。
- 2) 荻尾朋和，青木広行，伊東勇人：トンネル照明における路面輝度均斉度の検討，平成26年度照明学会第47回全国大会概要集，5-10，2014。
- 3) 石倉丈士，増田公彬，清水満：道路照明の快適性評価について，土木学会第51回年次学術講演回概要集，pp798-799，1996。

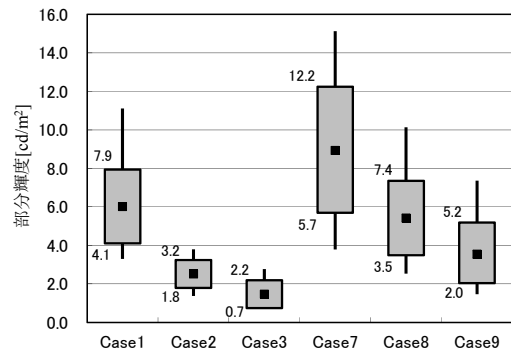


図-3 各ケースにおける路面の部分輝度の分布

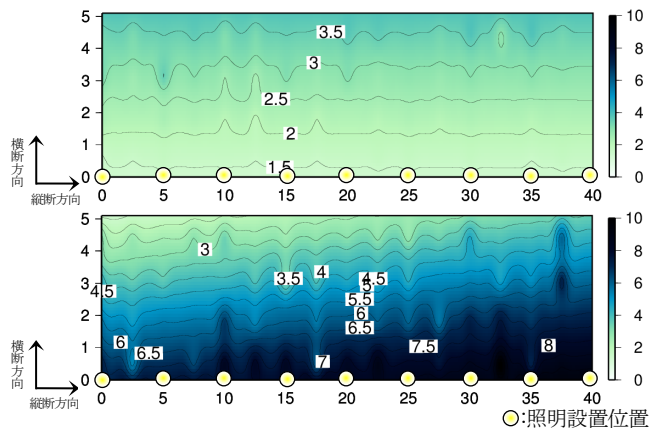


図-4 Case2とCase8の部分輝度(cd/m^2)の空間分布
(上段: Case2, 下段: Case8)

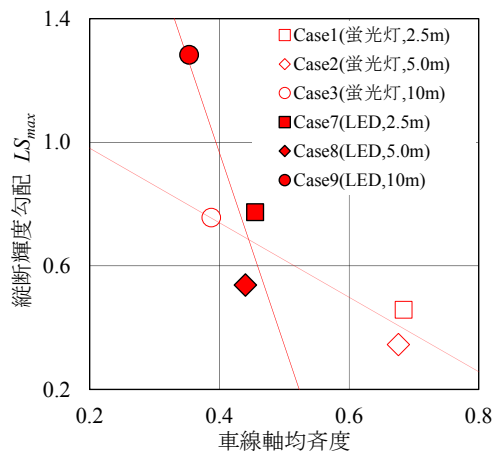


図-5 各ケースにおける縦断輝度勾配と車線軸均斉度の関係について

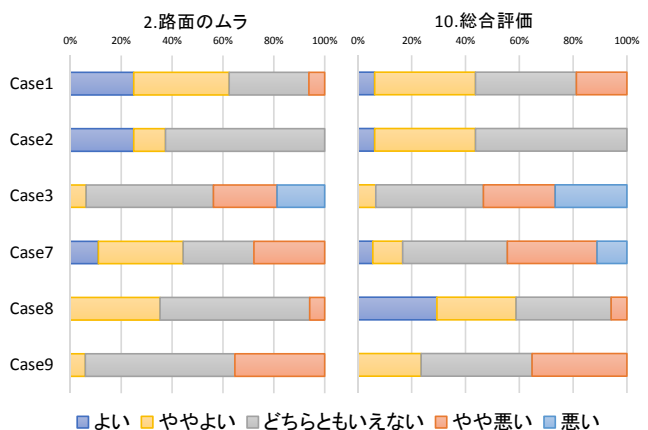


図-6 各ケースのアンケート評価の結果