

N-371 道路トンネルのカウンタービーム照明の適用性に関する実験的検討

建設省土木研究所 正会員 ○ 石村 利明

同 正会員 猪熊 明

同 正会員 松原 哲也

1. はじめに

道路トンネルは、トンネル利用者に対して安全で快適な空間を確保するため、必要により照明設備等が設置されている。近年、道路トンネルの供用本数・総延長が急速に増加しており、これに伴う維持管理費も増大してきている。ここでは、省エネルギー型の照明としてスイス等でトンネルの入口部照明に採用されているカウンタービーム照明について検討している。前報告¹⁾では、設計速度60km/hを対象とした障害物の視認性、トンネル坑口の見え方、トンネル進入の難易などが一般に国内で用いられている対称照明に比べてカウンタービーム照明が優れていること、カウンタービーム照明時の照明器具からの眩しさは問題にならないことなどが明らかとなった。本報告では、設計速度80km/h、40km/h時のカウンタービーム照明の障害物の視認性についての適用性についてこれまでと同様な実験により検討を行ったので報告するものである。

2. 実験方法

実験は、トンネルの入口部照明を検討対象として、図-1に示す対称照明及びカウンタービーム照明の2つの照明方式について、設計速度80km/h、

40km/h時を想定(設定野外輝度は、 $4,000\text{ cd/m}^2$)して図-2に示す現在の基準²⁾の照明レベルのもとで、被験者による走行実験を行った。走行実験は、

小型自動車を用いて被験者に設計速度に応じたスピードでトンネル内に入らせ、トンネル内の定められた位置に提示した反射率30%の2種類の障害物(20cmの立方体、直径23cmの円板)のいずれかを視認させ、その時の視認距離を測定した。ここで、視認距離は、「前方の道路上に何か分からないが障害物が見えたときの距離」をいう。走行実験の結果は野外の明るさの条件(野外輝度)により大きく影響されるため、障害物輝度および背景の路面輝度の測定を行い、

障害物の輝度対比を同時に測定した。実験場所は、土木研究所にある実大トンネル実験施設(延長700m、2車線断面、舗装路面;コンクリート舗装)とし、被験者は正常な視力を有する12人として、同一の照明条件下でそれぞれ2回ずつ走行した。なお、カウンタービーム照明下の照明器具は、特殊な配光を有するカウンタービーム用の照明器具を使用した。

3. 実験結果および考察

3.1 視認距離と輝度対比の関係

図-3に設計速度80km/h時の視認距離と輝度対比の関係を示す。ここで、視認距離は各被験者の平均値を用い、輝度対比は各走行実験時に測定した障害物輝度 L_o および背景の路面輝度 L_b の結果から、式(1)により輝度対比 C を求めた。

$$C = (L_o - L_b) / L_b \quad \cdots (1)$$

図より、照明方式による視認距離の顕著な相違は見受けられず、両照明方式ともに輝度対比の増加とともに視認距離

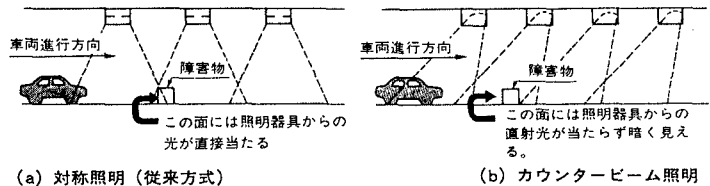


図-1 照明方式の概念図

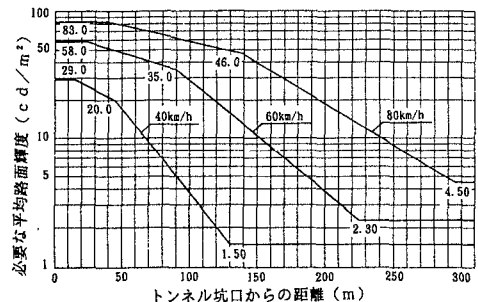


図-2 各設計速度の照明レベル

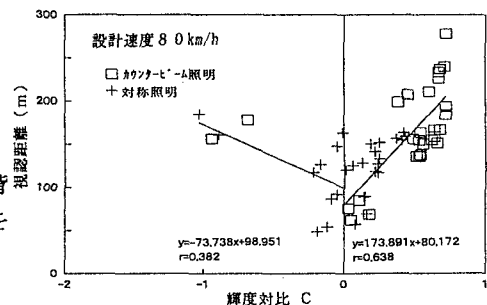


図-3 輝度対比と視認距離の関係

離が長くなる傾向があり、ある程度の相関が得られることが分かった。図中の直線は正負の輝度対比別に求めた回帰直線を示す。なお、設計速度40 km/h時の走行実験でも同様な傾向が得られており、障害物の視認性は輝度対比の大きさである程度推定できると考えられる。

3.2 照明方式による障害物の視認性の相違

走行実験は野外の明るさが必ずしも同一の条件で実施することが極めて困難なことから、得られた視認距離を直接比較することができない。そこで、障害物の視認性が輝度対比によってある程度推定できることから、野外の明るさが同一の条件下での輝度対比を測定し、輝度対比から視認距離を推定して比較することとした。野外の明るさが同一の条件下（晴天時で野外輝度が約4,000～6,000 cd/m^2 ）で測定した障害物の輝度対比の結果を図-4に示す。輝度対比はトンネル坑口付近の負の輝度対比（障害物が背景よりも明るく逆シルエットで見える状態）から正の輝度対比（障害物が背景よりも暗くシルエットで見える状態）に移行する傾向にあることが分かる。坑口部周辺の輝度対比は自然光の射し込みの影響の程度と照明レベルの大きさとの関係で決定されることが考えられる。図より、照明レベルの高い設計速度80 km/hの照明下では自然光の射し込みによる影響が輝度対比の大きさにあまり影響されない結果となっているが、設計速度40 km/hの照明下では自然光の射し込みの影響により障害物の輝度が高く、全体的に負の輝度対比側に移行している。これより、坑口部周辺は自然光の射し込みの影響が障害物の視認性に大きく影響することが分かった。なお、図中には示していないが、障害物の反射率によっても輝度対比が変わることが今回の測定で分かっており、その影響の程度は対称照明で大きく、カウンタービーム照明で少ないことが分かった。

図-5、6に図-3の視認距離と輝度対比の関係を用いて野外の明るさが同一の条件下で求めた輝度対比の値から視認距離を推定した結果（障害物の反射率30%）を示す。これより、カウンタービーム照明は照明レベルの高い条件（設計速度80 km/h）では対称照明に比べて障害物の視認性に優れていることが明らかになった。また、自然光の射し込みの影響を受けやすい照明レベルの低い条件（設計速度40 km/h）では対称照明に比べて劣ることが分かったが、障害物の反射率が20%では対称照明と比べてほぼ同程度の視認距離であった。したがって、照明レベルの低い（設計速度40 km/h）トンネルのカウンタービーム照明の適用にあたっては、トンネル坑口の見え方、トンネル進入の難易などが対称照明に比べて優れていることが分かっている他、視線誘導の効果も高いと考えられるため、こうした点と併せて検討することが必要である。

4. 今後の課題

今後、路面状態と照明効率の関係を明らかにするとともに、合理的な設計方法を確立することが重要である。なお、本研究は、日本道路公団、首都高速道路公団、岩崎電気（株）、建電設備（株）、小糸工業（株）、東芝ライテック（株）、松下電器産業（株）との共同研究で実施した内容の一部である。

【参考文献】

- 1) 石村、猪熊、松原、角：「道路トンネルのカウンタービーム照明に関する実験的検討」、土木学会第49回年次学術講演会概要集第4部、平成6年9月
- 2) (社)日本道路協会：「道路照明施設設置基準・同解説」、昭和56年4月

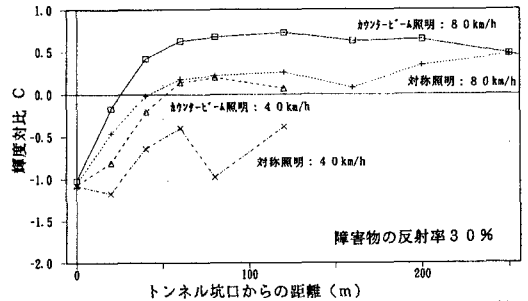


図-4 野外の明るさが同一条件下での輝度対比

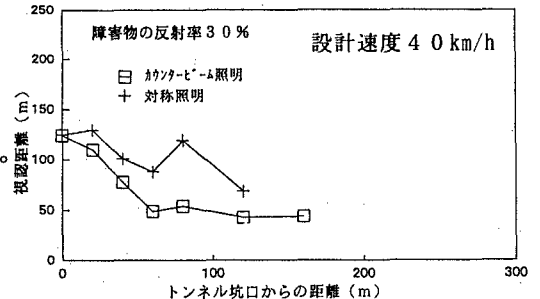


図-5 障害物の位置と視認距離

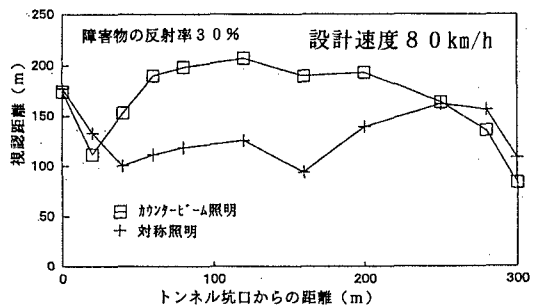


図-6 障害物の位置と視認距離