

IV-400 照明レベル低減時におけるカウンタービーム照明下の障害物の視認性

建設省土木研究所 正会員 ○ 石村 利明

同 正会員 真下 英人

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。これまでの報告^{1) 2)}では、現在国内で用いられている対称照明に比べて障害物の視認性、トンネル進入の難易等が優れていること、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、設計速度40km/h時の条件は両照明方式ともに自然光の影響を受けやすいことなどが明らかとなった。本報告では、カウンタービーム照明下での障害物の視認性が高いことから照明レベルを対称照明に比べて低減できるものと考え、障害物の視認性の走行実験を行うとともに、国内で最初のカウンタービーム照明の適用トンネルにおいて一般利用者に対して供用後のアンケート調査を実施したので報告するものである。

2. 障害物の視認性の走行実験

実験は、トンネルの入口部照明を検討対象として、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、50km/h、40km/h時を想定（設定野外輝度4,000cd/m²）してカウンタービーム照明の照明レベルを対称照明に比べて全体的に約2割程度低減した設計条件のもとで、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進入させ、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回づつ走行した。

(1) 視認距離と輝度対比の関係

過去の走行実験結果²⁾によれば障害物の視認性は式(1)に示す輝度対比Cとの関係があり、輝度対比から視認距離の推定ができると考えられた。80km/h時の輝度対比と視認距離の関係を図-1に示す。図中には照明レベルの異なる過去の走行実験結果もあわせて表示した。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 の結果から求めた。 $C = (L_b - L_o) / L_b \dots\dots\dots(1)$

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が長くなる傾向があり、ある程度の相関が得られた。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。他の設計速度の条件でも同様な傾向であった。

(2) 照明方式による障害物の視認性の相違

野外の明るさが全く同一の条件で走行実験を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。両照明方式の視認性を比較するため、ある野外条件の時（晴天時で野外輝度が約4,700～4,800cd/m²）の自然光の射し込みの状態と各人工照明のみの状態での障害物・背景路面輝度の測定を行い、その結果から野外の明るさが同一の条件下に相当する輝度対比を求めて図-1の関係を

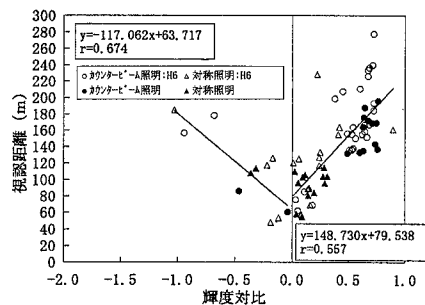


図-1 視認距離と輝度対比の関係(80km/h)

いて輝度対比から視認距離を推定した。視認距離の推定した結果(障害物の反射率30%)を図-2に示す。これより、各設計速度ともに、カウンタービーム照明の視認距離は照明レベルの高い対称照明に比較して同等もしくはそれ以上の視認距離が得られていることが分かった。また、障害物の反射率20%においても同様な傾向が認められた。したがって、障害物の視認性に関してはカウンタービーム照明の照明レベルを約2割程度低減した条件でも十分確保されていることが分かった。

3. 適用トンネルにおけるアンケート調査

国内で最初のカウンタービーム照明を適用した新与那トンネル(沖縄県:一般国道58号線)で一般の利用者に対するアンケートを行った。新与那トンネルは、延長557m、2車線対面交通、設計速度は60km/hのトンネルであり、舗装は転圧コンクリートである。照明条件は、設定野外輝度5,000cd/m²、減係数0.5、保守率0.6である。アンケートは、一般利用者に事前にアンケート用紙を渡しておき、トンネルを利用した時の印象を利用日時等の記入とともに回答してもらい、後日回収する方法をとった。有効な回答数は、照明点灯状態が全点灯(晴天時)、1/2調光点灯(曇天時)でそれぞれ36件である。回答者の属性は、90%が男性、年齢層は20・30代でそれぞれ30%、40・50代がそれぞれ20%程度である。また、トンネル利用時の車種は約80%が軽・小型・普通自動車であった。

アンケート結果の平均値を図-5に示す。各評価と標点の関係は、標点1から5の順序で「非常に悪い」「やや悪い」「どちらとも言えない」「やや良い」「非常に良い」に相当する。図より、晴天時・曇天時ともに各アンケート項目の平均的な標点の値は3~4程度で、一般利用者がトンネルを利用する際に受ける印象はどちらかといえば「やや良い」程度の評価となった。なお、晴天時の各アンケートの評価の割合は、「トンネルに進入する時の不安感」は、回答者の約67%が「やや良い」以上の評価で「やや悪い」と評価したのは僅か8%程度であった。「トンネル進入後の走りやすさ」「トンネル出口部での走りやすさ」もほぼ同様な結果であった。出口部での走りやすさは、本トンネルが対面交通でありカウンタービーム照明の照射方向が出口方向への照射となることで出口部での先行車後部が照らされて明るくなることも高い評価となった要因と考えられる。以上のように適用トンネルでの評価も比較的高い結果が得られた。

4. 今後の課題

今後、路面状態と照明効率の関係等を明らかにして合理的な設計方法を確立するとともに、カウンタービーム照明の適用トンネルでの効果の確認・追跡調査が重要と考える。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) 石村、猪熊、松原：「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」、土木学会第50回年次学術講演会概要集第4部、平成7年9月

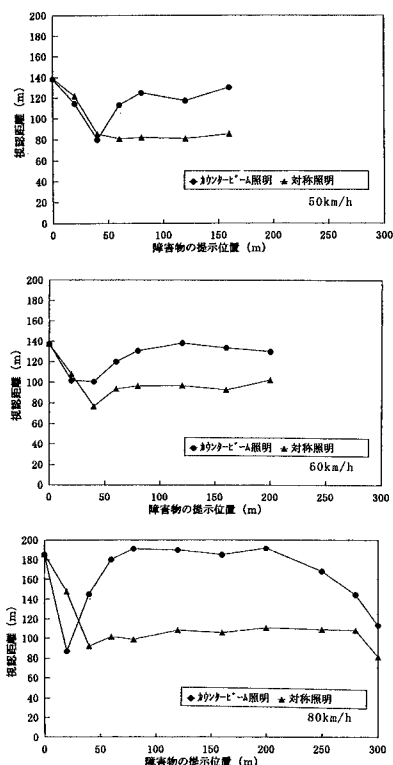


図-2 視認距離の推定結果(反射率30%)

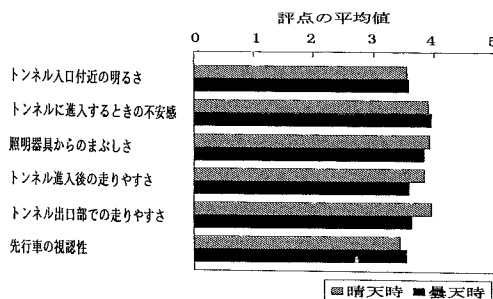


図-3 新与那トンネルにおけるアンケート結果