

コンクリートの反射特性関数の測定

日大生産工 ○内田 暁, 蒔田 鐵夫
岩崎電気(株) 山田 哲司

1. はじめに

近年, 省エネルギーやメンテナンスフリーの点から LED 光源が多く導入されており, 道路照明やトンネル照明も例外ではない¹⁾.

道路照明やトンネル照明の設計における照明の要件として, 平均路面輝度, 輝度均斉度, 視機能低下グレア, 誘導性が規定されている²⁾. 平均路面輝度は光束法, また輝度均斉度は逐点法にそれぞれ基づいて値が算出される³⁾. これらの値を求めるにあたり, 路面の反射特性(反射率)や照明器具の配置とその配光によって変化する, 平均照度換算係数や輝度換算係数を用いる必要がある⁴⁾.

一方, 固体照明光源の一つである LED は, 従来用いられているメタルハライドランプや蛍光灯などと比較して, 配光特性や分光分布が異なる. しかしながら, 従来用いられている光源の特性に対応した, 路面の照度換算係数や輝度換算係数, また拡散反射率は用意されているが, 反射の指向性を示す反射特性関数や分光反射率については明らかとなっていない.

そこで, 本研究では路面などの材料として使用されているコンクリートやアスファルトについて, LED を含む光源に対応した光学特性を明らかにし, 道路ならびにトンネル照明設計の一助となるようなデータの収集と, 資料の構築を目的としている.

今回はコンクリートの反射特性に着目し, LED 光源を用いて反射特性関数を測定した.

2. 実験方法

2.1 試料の概要

実験に用いた試料(コンクリート)は, モルタルと砂利の混合比を 2:3 としたものを作成した. なお, 砂利はふるいにかけて分類し, 粒径が約 8 mm となるものを用いた. 試料の寸法は, 幅 40 cm × 奥行き 40 cm × 厚さ 4 cm である.

2.2 反射特性関数の測定

反射特性関数の測定は, 田中および松浦と上谷の方法を参考にした⁵⁾⁶⁾. 図 1(a) (b)に測定の概要を示す.

測定の手順は以下の通りである. まず, 図 1(a)に示すように, 照度計の受光部に対して θ

方向から入射する光源の照度 $E(\theta)$ を測定する. 次に, 図 1(b)に示すように, 照度計を試料に置き換え, θ_0 方向に設置した輝度計により試料の輝度 $L(\theta, \theta_0)$ を測定する. 測定した照度および輝度から, 式(1)より反射特性関数 $\rho(\theta, \theta_0)$ が得られる.

$$\rho(\theta_i, \theta_o) = \frac{L(\theta_i, \theta_o) \cos \theta_o}{E(\theta_i)} \quad (1)$$

なお, 式(1)で得られた反射特性関数 $\rho(\theta, \theta_0)$ を反射光の立体角 (2π [sr]) で積分すると, 試料の反射率となる.

今回の測定では, 光源(東芝ライテック製 LED 電球 LDA7N-H)と試料, また試料と輝度計との距離はともに 80 cm に設定し, 試料の表面に対する光源からの入射角度 θ は 0° , 15° , 30° , 45° , 60° , 75° の 6 通りとした. また, 照度計は CL-200, 輝度計は LS-110 (ともに Konica-Minolta 製) をそれぞれ用いた.

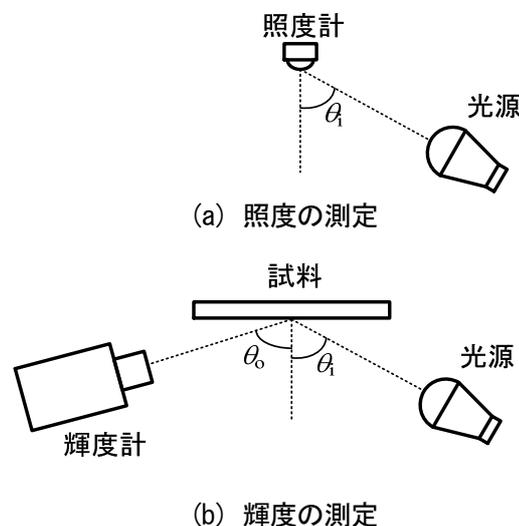


図 1 反射特性関数の測定の概要

3. 結果および検討

図 2(a)~(c)に反射特性関数の測定結果の一例を示す. (a)は光源からの入射角度(実線の矢印)が $\theta = 15^\circ$ の場合, (b)は $\theta = 45^\circ$ の場合, (c)は $\theta = 75^\circ$ の場合である. また, 図 3 に入射角度をパラメータとした, 輝度の測定角度に対する

反射特性関数を示す。

図2(a)より、測定値は均等拡散反射に近い傾向を示し、 $\theta_0 = 0^\circ$ で正規化した場合の平均誤差率は2.9%であった。一方、図2(b)(c)および図3より、光源からの入射角度 θ が 45° 以上で、入射角度と逆側(マイナス側)の同じ角度に正反射(鏡面反射)成分が認められ、反射特性関数の値が他の測定角度の場合と比較して増加する傾向にある。この特性は、試料を紙や木材とした場合の、既往研究の結果と概ね傾向が一致する^{5),6)}。

また、拡散反射率計(村上色彩研究所製 CM-53D)を用いて、コンクリート表面の拡散反射率を測定した。その結果、反射率は約50%となり、一般に活用されている15~30%を上回る値となった⁷⁾。

4. おわりに

本研究では、コンクリートの反射特性関数をLED光源により測定した。

その結果、コンクリートの反射特性関数は、光源からの入射角度が増加すると正反射成分を示すことが明らかとなった。また、拡散反射率を測定した結果、一般に活用されている値を上回ることを確認した。

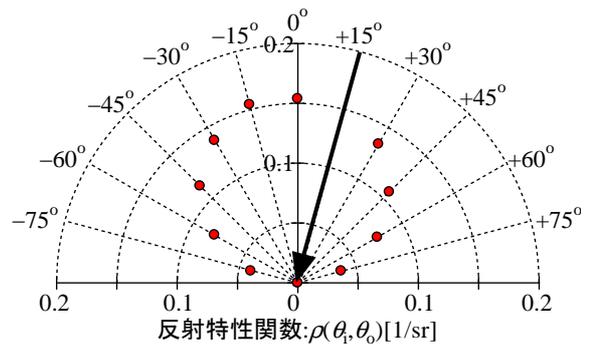
今後は分光反射率も測定するとともに、コンクリートを作成する際の材料の混合比について、またコンクリートの表面を曝露させた場合の特性についても同様の検討を行う予定である。

謝辞

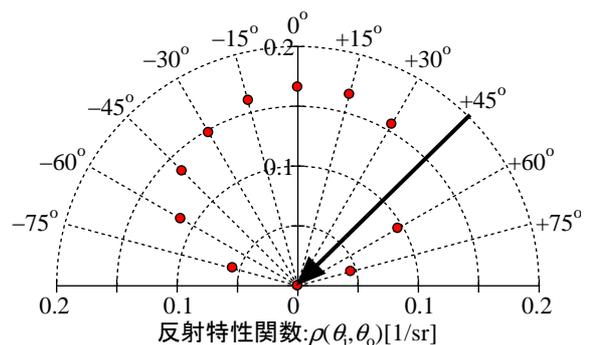
本研究における測定とデータ整理を、卒研生の大塚悠矢君と片桐颯君に協力いただきました。また、コンクリートの基礎的な特性については建築工学科 師橋憲貴先生にご教示いただくとともに、研究全般については日本大学名誉教授 大谷義彦先生に御指導、御鞭撻を賜りました。ここに記して皆様に感謝致します。

参考文献

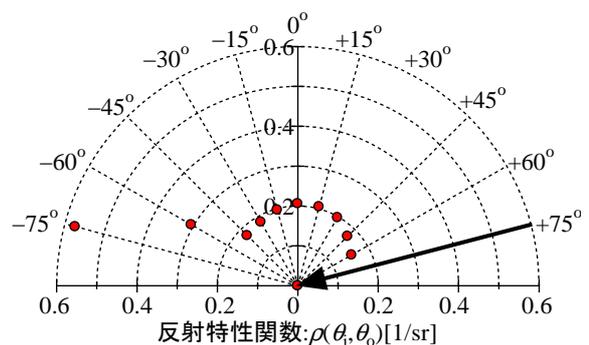
- (1) 国土交通省：LED道路・トンネル照明導入ガイドライン(案)，p.1(2015)。
- (2) 照明学会編：照明ハンドブック(第2版)，オーム社，p.394~395(2003)。
- (3) 照明学会編：照明ハンドブック(第2版)，オーム社，p.398~403(2003)。
- (4) 田辺ほか：トンネル照明における路面の輝度・照度換算係数，照明学会全国大会講演論文集，pp.70(1979)。
- (5) 田中：偏光による紙の反射特性の測定，応用物理，25-5，pp.207~213(1956)。
- (6) 松浦，上谷：建築材料の偏光を用いた反射指向特性の測定，建築学会計画系論文集，388，pp.15~22(1988)。
- (7) 松浦，高橋：建築環境工学I，朝倉書店，p.56(2001)。



(a) 入射角度： $\theta = 15^\circ$



(b) 入射角度： $\theta = 45^\circ$



(c) 入射角度： $\theta = 75^\circ$

図2 反射特性関数

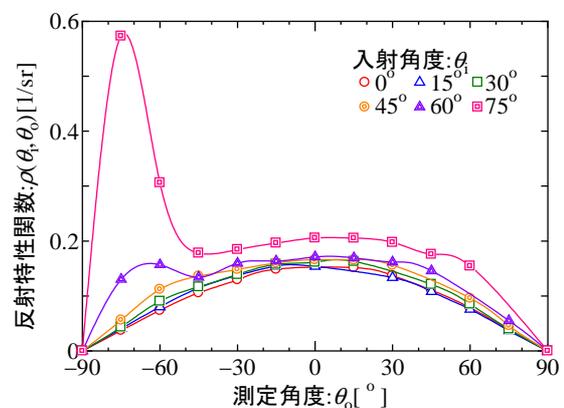


図3 測定角度に対する反射特性関数