

歩行者空間における舗装材の熱特性に関する研究

大分工業高等専門学校 学生会員 森 隼人
 大分工業高等専門学校 正会員 田中 孝典
 大分工業高等専門学校 正会員 亀野 辰三

1. はじめに

建設行政は、ヒートアイランド対策を推進するために、ヒートアイランド現象緩和のための建築設計ガイドラインを作成した。同ガイドラインでは歩行空間等において、舗装する場所には路面温度低減の効果が期待できる被覆材を選定することの必要性が述べられている。そこで、本研究は夏期の気象条件下で測定した舗装材の表面温度及び気象データ等を数値解析の入力値とし、路面着色が異なる 6 種類の遮熱性舗装と従来のアスファルト舗装の模型舗装を用いて歩行者に影響を及ぼす舗装材の熱特性について数値的解析を行った。

2. 模型舗装の概要と温度測定

対象とした舗装材は従来のアスファルト舗装であり、遮熱性舗装の路面着色については、2液硬化型樹脂系のグリーン、イエロー、ベージュ、ブルー、グレーとエマルジョン型樹脂系のグレー(以下、グレー(E))である。ここで、2液硬化型樹脂系は遮熱顔料と微細中空粒子を、エマルジョン樹脂系は遮熱顔料を熱反射性特殊材料としている。

各模型舗装の試験体は縦 30cm、横 30cm、厚さ 20cm の寸法で作製し、同模型舗装の表面から深さ 1cm の位置に熱電対を設置し、データロガにより 1 時間毎に連続測定を行った。

3. 温度の測定結果

図 - 1 は、測定期間において、外気温が最も高かった 2008 年 8 月 3 日の遮熱性舗装と従来のアスファルト舗装の路面温度である。日中においては従来のアスファルト舗装と遮熱性舗装(ベージュ)で最も差がみられ、約 7 であった。遮熱性舗装(ベージュ)を除く遮熱性舗装においては、大きな差がみられなかった。

4. 人体が吸収する放射量

歩行者を本校の歩行空間(長さ 71.7m、幅 14.3m)の舗装材中央に静止し、真東を向いている人体と仮定して人体が吸収する放射量の計算を行った。なお、歩行動作に伴う人体の形状変化等を考慮していない。人体が

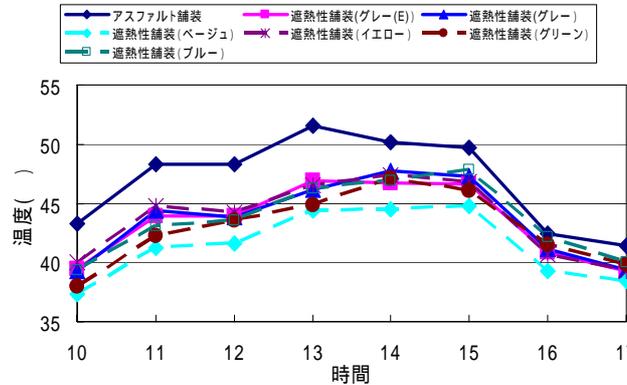


図 - 1 模型舗装の路面温度測定値(2008 年 8 月 3 日)

吸収する放射量は、大気放射量、水平直達日射量及び水平拡散日射量、舗装材から射出される放射量に分類される。このうち、舗装材から射出される放射量と、大気放射量、拡散日射量から人体が吸収する放射量の計算においては、人体の形状を標準的体格(体重 65kg、身長 1.70m)の体表面積と等しい表面積をもつ直方体にモデル化した¹⁾。本計算における形態係数は、矩形板の算出式²⁾により人体と舗装間の形態係数は 0.452、人体と空の形態係数は 0.176 を用いた。舗装から人体が吸収する長波長放射量 $R_{abs.(p)}$ と、人体が直接吸収する大気放射量 $R_{abs.(Ja)}$ および拡散日射量 $R_{abs.(diff)}$ はそれぞれ式(1)、式(2)、式(3)より求めた。

$$R_{abs.(p)} = F_{p \rightarrow i} A_{rad} \left\{ \epsilon_{PL} \left[\epsilon_L \sigma (273 + T_i)^4 + (1 - \epsilon_L) Ja \right] \right\} \quad (1)$$

$$R_{abs.(Ja)} = \epsilon_{PL} F_{p \rightarrow sky} Ja A_{rad} \quad (2)$$

$$R_{abs.(diff)} = \epsilon_{PS} F_{p \rightarrow sky} I_{diff} A_{rad} \quad (3)$$

ここに、 P_p は人体と舗装の形態係数、 $F_{p \rightarrow sky}$ は人体と空の形態係数、 A_{rad} は着衣衣服を考慮した人体の有効放射面積率³⁾、 ϵ_{PL} は人体の長波長放射率、 ϵ_{PS} は人体の短波長放射率、 Ja は大気放射、 I_{diff} は水平拡散日射である。

なお、着衣衣服を考慮した人体の有効放射面積率は式(4)より計算する。

$$A_{rad} = A_{eff} (1 + 0.15 I_{clo}) \quad (4)$$

ここに、 A_{eff} は立体状態における裸体時の有効放射面

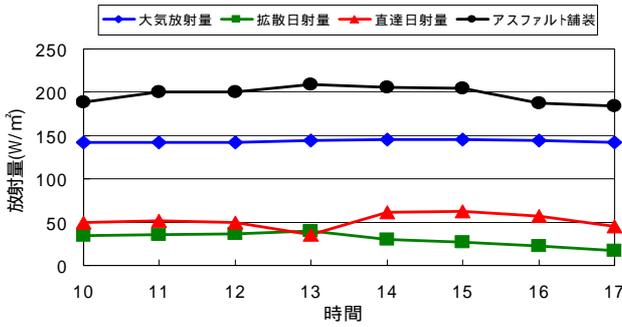


図 - 2 人体が吸収する放射量の分析結果

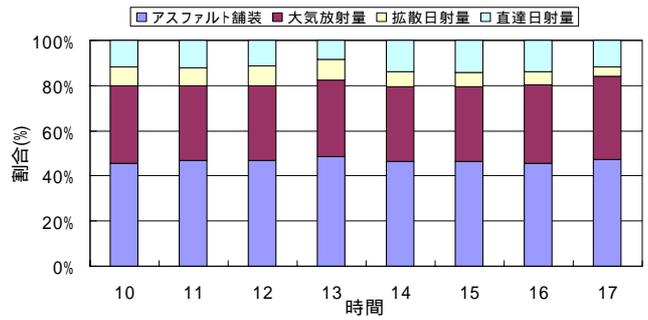


図 - 3 人体が各放射量から吸収する割合

積率(0.725²), 0.15I_{clo}は裸体時の体表面積に対する衣服着用時の体表面積増加率²), I_{clo}は着用衣服の保温力⁴)である。

人体が直接吸収する直達日射R_{abs.(dir)}は太陽高度と太陽方位角の変化に伴う人体の投影面積率(A_p/A_{Du})を考慮して式(5)より計算する。

$$R_{abs.(dir)} = \epsilon_{PS} I_{dh} (A_p / A_{Du}) \quad (5)$$

ここに、I_{dh}は水平直達日射量、A_pは人体の投影面積、A_{Du}は体格に影響される人体の体表面積である。人体の投影面積A_pは人体の形状を楕円柱(長軸 0.146m, 短軸 0.095m, 高さ 1.499m)とした式(6)により求め⁵), 人体の体表面A_{Du}は式(7)に示すDuboisの式³)により求める。

$$A_p = \pi ab \sin \theta + 2h \cos \theta (a^2 \cos^2 \phi + b^2 \sin^2 \phi)^{0.5} \quad (6)$$

ここに、aは楕円柱の長軸の長さ、bは楕円柱の短軸の長さ、hは楕円柱の高さ、θは太陽高度、φは太陽方位角である。

$$A_{Du} = 0.203W^{0.425} H^{0.725} \quad (7)$$

ここに、Wは体重(kg)、Hは身長(m)である。

図 - 2 は従来のアスファルト舗装の場合に人体が吸収する放射量の分析結果であり、図 - 3 はその分析結果において人体が吸収する全放射量に対する各放射量からの吸収する割合を示したものである。アスファルト舗装から吸収する放射量の割合は各時刻においても全放射量の約 5 割を占めており、舗装から人体が吸収する放射量が多い。

図 - 4 は従来のアスファルト舗装と遮熱性舗装において、人体が吸収する全放射量を比較したものである。人体が吸収する放射量が最も大きいのがアスファルト舗装で、最も小さいのは遮熱性舗装(ページュ)であった。それは、遮熱性舗装(ページュ)が路面温度に伴う放射量が他の舗装材に比べて小さかったためである。

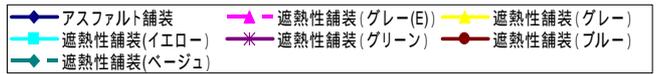


図 - 4 人体が吸収する放射量の比較

5. 結論

結果を要約すると以下のとおりである。

- ・舗装からの放射量が人体に及ぼす影響が大きい。
- ・遮熱性舗装において、路面着色の違いにより路面温度の差がみられた。
- ・遮熱性舗装はアスファルト舗装と比べ舗装からの放射量と人体が舗装から吸収する放射量は小さい。
- ・舗装の路面温度低減が歩行者の熱環境の緩和に寄与する。

[参考文献]

1)T.Horikoshi ほか：Cofiguration Factors between a Rectangular Solid as a Model of the Human Body and Rectangular Planes,for Evaluation of the Influence Thermal Radiation on the Human Body ,Journal of Architecture,Architectural Institute of Japan, pp155-168(1977)
 2)Siegel ほか：Thermal Radiation Heat Transfar,pp195-306
 3)A.P.Gagge ほか：Heat Exchange between Human Skin Surface and Thermal Environment, Chapter 5, Hand-book of Physiology, Reactions to Environmental Agents American Physiological Society,pp69-92(1977)
 4)長田編：新生理科学大系 22 巻,医学書院,pp148-149
 5)C.R.Underwood ほか：The Solar Radiation Area of Man, Ergonomics,pp155-168(1962)