

人体熱負荷量を指標とした車椅子利用者に対する保水性舗装の効果の検証

大成ロテック(株) 技術研究所 正会員 ○唐木 健次

同 正会員 青木 政樹

岡山県立大学, 豊橋技術科学大学 島崎 康弘

1. はじめに

近年, 地球温暖化やヒートアイランド現象の影響などから, 日本の都市部では夏季の暑熱環境が過酷になっている. ヒートアイランド現象の一要因としては, アスファルト舗装 (以下, AS 舗装) などによる地表面の人工被覆が挙げられており, その対策技術のひとつに, 保水性ブロック舗装 (以下, WR 舗装) がある. WR 舗装は, 給水や雨水により保水した水分が蒸発する際, 気化熱を奪うことにより路面温度の上昇を抑制する機能を有しており, その効果は主に路面温度や舗装上の気温, 放射量などの環境物理量で評価されてきた^{1), 2)}.

筆者らは, WR 舗装の人に対する暑熱環境改善効果をより直接的に評価することを目的に, 従来の環境物理量に加え, 人の代謝量や正味ふく射量などの人体生理量を統合して得られる「人体熱負荷量」³⁾という指標を用い, WR 舗装の有効性を定量評価してきた⁴⁾. その結果, 路面からの放射熱や人の皮膚温は, 路面に近いほど高いことが確認できた. このことは, 路面に近い車椅子利用者や子ども, ペットなどはより過酷な暑熱環境にさらされていることを示唆しており, その暑熱環境に着目し, 改善効果を検証する必要があると考えた.

そこで, 本報では, 夏季屋外において車椅子利用者に対する WR 舗装の暑熱環境改善効果を人体熱負荷量を指標として評価することとした.

2. 人体熱負荷量の概要

図-1 に示すように, 人体の温熱状態は授熱と放熱の収支 (熱収支) で表すことができる. 夏季のように人体への入射エネルギー (正味ふく射量) が多く人体から熱が十分に放散されなければ人は暑く感じ, 反対に冬季のように入射エネルギーが少なく人体から熱が過度に放散されると寒く感じる. つまり, このような状態では, 人体に温熱的負荷がかかることになる. この負荷量を人体熱負荷量 F_{load} とし, 式(1)の熱収支式で定義され³⁾, 季節を問わず屋内外で評価できる指標である.

$$F_{load} = M - W + R_{net} - C - E \quad \cdots (1)$$

F_{load} : 人体熱負荷量 [W/m²]

M : 代謝量 [W/m²] (体表面積, O₂摂取量, CO₂生産量から算出)

W : 機械的仕事量 [W/m²] (人体が行う外部仕事量)

R_{net} : 正味ふく射量 [W/m²] (人体が授受した日射量, 赤外放射量)

C : 顕熱損失量 [W/m²] (平均皮膚温と気温の差による損失熱, 呼吸による熱交換)

E : 潜熱損失量 [W/m²] (発汗, 呼吸による損失熱, 不感蒸泄)

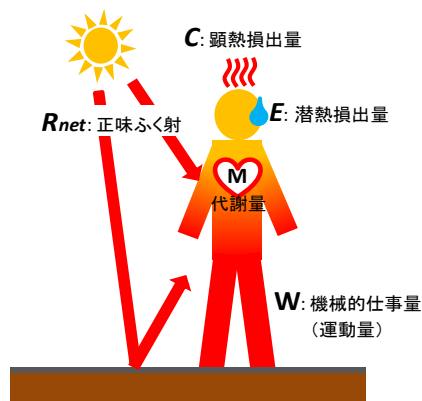


図-1 人体熱収支の概要

3. 屋外実験の概要

屋外実験は 2018 年夏季に, 岡山県立大学構内に設けた WR 舗装および AS 舗装上で車椅子に座った被験者と立位安静状態の被験者の人体熱負荷量を測定し, 車椅子利用者の暑熱環境とその改善効果について検証した. 試験舗装の概要を表-1 に示す. 本実験は 7/30~8/3 の連続する 5 日間で 1 日 3 トライアル実施した. 全日程とも快晴であった. 各実施日の

連絡先 〒365-0027 埼玉県鴻巣市上谷 1456 大成ロテック(株)技術研究所 TEL048-541-6511

キーワード 保水性ブロック舗装, 人体熱負荷量, 熱収支

表-1 舗装の概要

項目	AS舗装	WR舗装
舗装材料	密粒度アスファルト混合物 (13)	保水性ブロック (0.4m×0.4m×0.06m)
面積・構成	49m ² (7m×7m) t=0.04m	49m ² (7m×7m) ブロック:t=0.06m 敷き砂:t=0.03m
色	黒	茶色
日射反射率 (%)	8.5	13
最大保水量 (kg/m ²)		8.76

平均気象条件を表-2 に示す。本実験の被験者には、健康な成人男性 33 名 (20～25 歳) を選定し、車椅子 30 名と立位安静状態 30 名、延べ 60 名で実験を行った。被験者は、統一された白と黒の 2 種類のウェア、帽子、サンダルを着用し、前額、上腕、手甲、腹、大腿、下腿、足甲にはセンサーを取り付け、皮膚温度および発汗量を測定すると同時に、深部温度や心拍数、体重変化量などを 30 分間計測した。実験状況を写真-1 に示す。

なお、本実験で使用した車椅子の座面の高さは 50cm であり、実験の結果は白黒のウェアで測定した平均値を用いた。

表-2 実験時の気象条件

測定時刻	10:00～, 12:00～, 14:00～	
気温 (°C)	32.3 ～ 34.7	
湿度 (%)	50.1 ～ 60.3	
全天日射量 (W/m ²)	719 ～ 898	
路面温度 (°C)	AS : 48～62	WR : 36～44



写真-1 屋外実験状況

4. 実験結果

環境物理量と人体生理量の測定結果を統合して求めた人体熱負荷量を図-2 に示す。立位安静状態の被験者の人体熱負荷量は AS 舗装上で 269 W/m²、WR 舗装上で 211 W/m² であり、WR 舗装上の方が 58 W/m² 低かった。一方で、車いすの被験者の人体熱負荷量は AS 舗装上で 276 W/m²、WR 舗装上で 215 W/m² であり、WR 舗装上の方が 61 W/m² 低く、立位安静状態と同様、人体熱負荷量の顕著な低減効果が確認できた。

また、立位安静状態と車いすの被験者の正味ふく射量を比較した場合は、AS 舗装、WR 舗装ともに車いすの方が大きく、その結果として人体熱負荷量も大きくなった。このことから、車いす利用者は立位状態と比較し、より過酷な暑熱環境にさらされており、WR 舗装は車椅子利用者などに対してより優しい舗装であることがわかった。

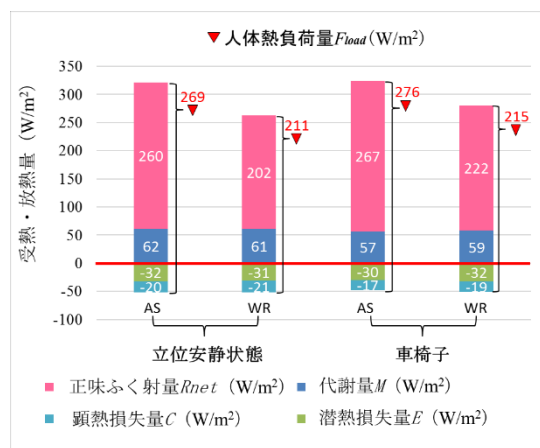


図-2 人体熱負荷量の算出結果

5. まとめ

- ①屋外実験の結果、路面に近い車椅子利用者の方が、立位安静状態の人より路面からのふく射熱等の影響を強く受けるため、正味ふく射量が大きくなり、人体熱負荷量も大きくなる。
- ②WR 舗装は車椅子利用者などに対してより優しい舗装であると考えられる。

6. おわりに

近年では犬や猫などのペットを飼育する人が増加している。これらの小動物は路面に近い位置を歩行することから WR 舗装はペットへの負荷も軽減できると考えている。今後は WR 舗装のペット等への熱負荷の軽減の程度についても確認したいと考えている。

参考文献

- 1) 小栗直幸, 刈谷貴之, 玉木琢雄, 給水機能付き保水性ブロック舗装の熱環境改善効果, 2007 日本道路会議論文集, 12P44.)
- 2) 保水性舗装に散水した場合の気温・湿度・黒球温度への効果, 平成 19 年東京都土木技術センター年報)
- 3) Shimazaki Y., Yoshida A., Suzuki A., Kawabata T., Imai T., and Kinoshita S., (2001). Application of Human Thermal Load into Unsteady Condition for Improving Outdoor Thermal Comfort. Building and Environment, 46(8), pp.1716- 1724.
- 4) Aoki M., Shimazaki Y., Nitta J., Kamidouazono K., (2017). Improving effects of Water Retaining Pavement on Human Thermal Environment. Verification Based on Human Physiological Responses. Proceedings of The Fourth International Symposium on Asphalt Pavements & Environment, pp.1 –15.