

表面筋電位とアンケート調査による舗装材の材料特性に関する検討

大分工業高等専門学校 機械・環境システム工学専攻 学生会員 大谷 勇太
同 都市・環境工学科 会員 田中 孝典
福岡工業大学 情報工学部 情報システム工学科 徳安 達士

1. 緒言

近年、歩行空間の整備として様々な舗装材が用いられるようになったが、歩行分析に基づき歩行者の身体的負荷の低減に配慮した歩道舗装の材料特性に関する基準は明確に定められていない。これまで著者らが行った歩行時の足首周りの衝撃加速度および表面筋電位の評価の結果、歩行時の左右足首の衝撃加速度について有意差検定を行うことにより被験者の歩行特性を推測できること、歩行者の下肢部における表面筋電位の周波数の変化からインターロッキングブロック舗装上の歩行時において被験者に筋疲労がみられたことを前回に報告した¹⁾。しかし、舗装材等の材料特性の違いと表面筋電位の相関性は明らかにならなかった。

そこで、本研究では歩行速度変化に伴う被験者の表面筋電位、積分筋電値を測定するとともに、被験者のアンケート調査により舗装材の材料特性との関係について検討した。

2. 実験方法

2.1 表面筋電位と積分筋電値の測定

歩行実験においてはアスファルト舗装、インターロッキングブロック舗装(以下、ILB 舗装という)、ゴムチップ舗装と芝生を対象とした。表-1 に各舗装等の材料特性を示す。同実験では屋外における歩行者の下肢筋肉の表面筋電位(以下、EMG という)及び積分筋電値(以下、IEMG という)を測定する。EMG とは、筋肉の活動において生じる電位の変化を皮膚上に設置した電極等の計測器具を通して観察するものである。大きい筋力を発揮する際には EMG の振幅は大きくなる。人が歩行する際には身体のような筋肉を交互に組み合わせて働かせることで歩行動作を成立させている。歩行周期の間、筋は予測可能なパターンで駆り出され、効率的な順序で筋が働くといわれている²⁾。また、IEMG は表面筋電位を積分して得られる値である。

測定においてはノートパソコン(以下、PC という)に無線データ送受信装置を取り付けるとともに、筋電センサを EMG ロガに接続し、測定される EMG 及び IEMG のデータを同送受信装置を通して PC に取り込む。測定はサンプリング 1msec のリアルタイムで行い、測定する下肢筋の部位は歩行動作に最も関わっているとされる前脛骨筋、大腿二頭筋、腓腹筋とした³⁾。被験者は健康な男子学生 11 名である。被験者の歩行速度は、被験者の衣類に装着した携帯用メトロノームの音に合わせて 1 分間あたり 100, 110, 120, 130, 140 歩数とし、着用靴は各被験者の足のサイズに合っ

表-1 GB 係数および BPN 値

	GB 係数[%]	BPN 値
アスファルト	72.1	77.6
ILB	67.3	65.7
ゴムチップ	32.6	80.0
芝生	8.8	—

た同メーカーが市販している同型の革靴とした。また、歩幅および歩行動作は指定せず、歩行方法に過剰な意識をもたないように配慮して測定を行った。なお、定常的な歩行動作のデータを取得するために、歩行開始から 10 秒間経過した後の 30 秒間(約 50 歩数に相当)のデータを有効データとして分析を行った。

2.2 アンケート調査

各舗装材等上を被験者に歩かせた後、各舗装材について歩きやすさの観点から 5 点満点の評価とアンケート調査を実施した。アンケート調査項目は、被験者が比較的感知しやすい材料特性として弾力性、硬さ、すべり、平坦性、転倒時の安全性を対象とした。

弾力性は、①大きい、②少し大きい、③どちらでもない、④少し小さい、⑤小さい、硬さについては、①軟らかい、②少し軟らかい、③どちらでもない、④少し硬い、⑤硬い、すべりでは、①すべりにくい、②少しすべりにくい、③どちらでもない、④少しすべりやすい、⑤すべりやすい、また、平坦性については、①良い、②少し良い、③どちらでもない、④少し悪い、⑤悪い、の 5 つに分類した回答を選択させた。

3. 結果

実験で得られた EMG は、陽性波形(正)と陰性波形(負)で構成されており、振幅を計算するとほぼ 0 となる。そのため、歩行周期間の EMG を包括的に評価するために、50msec 時間幅で二乗平均平方根(以下、RMS という)を施し、それを平均化した振幅の評価を行った。

次に、IEMG は表面筋電位を積分して得られる値であることから筋肉の筋活動量として考えられており、測定筋群の活動量を定量的に評価できる。一般に、筋活動が活発になると EMG の振幅は大きくなり、筋活動の活動量が増加すると IEMG は直線的に大きくなるといわれている⁴⁾。各被験者、各舗装材等および各歩行速度において、EMG の

振幅および IEMG が最も大きかった部位は前脛骨筋であった。

ある被験者の前脛骨筋における EMG 振幅および IEMG を図-1 に示す。EMG の振幅および IEMG の値は歩行速度が速くなるにつれて増加する傾向が観察された。舗装材毎の筋活動に伴う筋疲労による EMG の振幅および IEMG の変化と舗装材の GB 係数および BPN 値との間では明確な相関性は得られなかった。また、ILB 舗装における腓腹筋および大腿二頭筋の EMG に RMS を施した波形については、ピーク値が他舗装材等のそれと比べて最も高い値を示す特徴が多く、被験者でみられた。これは ILB のブロック間の目地による躓きを避けるために歩幅等を調整したことにより、腓腹筋および大腿二頭筋の筋活動パターンが変化することが考えられる。

各舗装材等に対する 5 点満点での評価点を図-2 に示す。ゴムチップ舗装が高い評価を得ている。ゴムチップ舗装の材料特性は GB 係数がアスファルト舗装および ILB 舗装のその約 50% であり、アスファルト舗装および ILB 舗装に対して BPN 値が大きい点である。

図-3 は各舗装材等の各調査項目に対する評価の平均値である。弾力性はゴムチップ舗装および芝生においては「大きい」あるいは「少し大きい」と、ほとんどの被験者が回答している。同舗装はゴムチップを材料として用いられていることから、全被験者は踵接地から踵離地の歩行動作中に路面からの弾力性を感知していることが分かった。アスファルト舗装および ILB 舗装の硬さについては「硬い」と回答している割合が高かった。すべりに対しては、ほとんどの被験者が芝生を「少しすべる」と回答しており、これは表面の芝や土粒子が鞋底と点で接触することにより摩擦係数が小さくなったためだと推察される。今回のアンケート調査の結果から、被験者が歩きやすいと感知する舗装材は、ゴムチップ舗装の材料特性値を有することが示唆された。また、下肢筋の筋活動を示す EMG の振幅および IEMG では歩行者が感知する舗装材の材料特性を評価することはできないことが分かった。

4. まとめ

本文の結果を要約すると以下の通りである。

- EMG の振幅および IEMG と舗装材の GB 係数および BPN 値との間では明確な相関性は得られなかった。
- ILB 舗装における腓腹筋および大腿二頭筋の EMG に RMS を施した波形については、ピーク値が他舗装材のそれと比べて最も高いという特徴が多く、被験者でみられた。
- アンケート調査結果から、被験者が歩きやすいと感知する舗装材は、ゴムチップ舗装の材料特性値を有することが示唆された。
- 下肢筋の筋活動を示す EMG の振幅および IEMG では歩行者が感知する舗装材の材料特性を評価することはできないことが分かった。

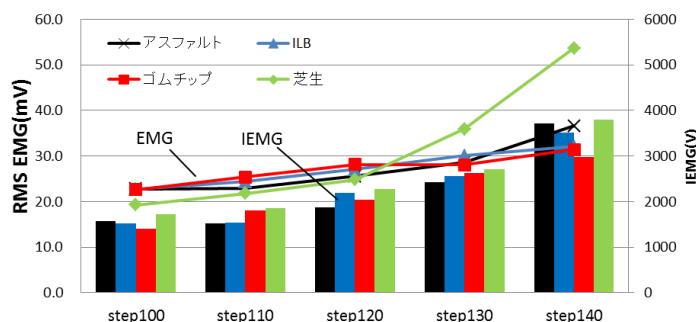


図-1 前脛骨筋における EMG の振幅および IEMG

評価点

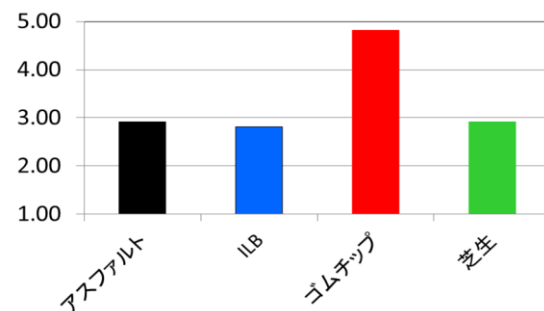


図-2 各舗装材等に対する評価点 (5 点満点)

評価点

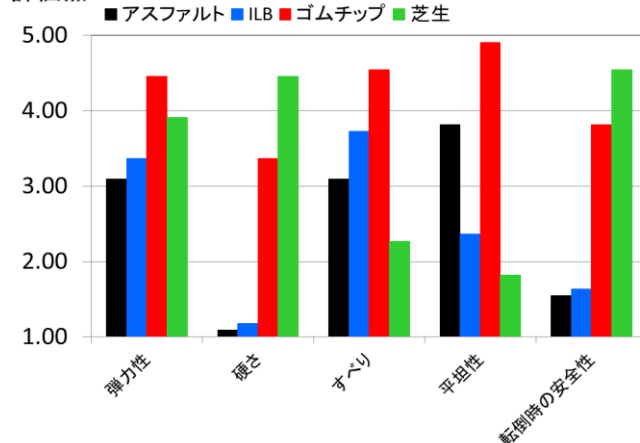


図-3 各舗装材等に対するアンケート調査

謝辞

本研究は平成 25 年度科学研究費助成事業 (基盤研究 (C) 課題番号 25350699) の助成を受けたことを記します。

参考文献

- 1) 大谷勇太, 田中孝典, 徳安達士, 歩行者の下肢身体情報に着目した歩道舗装の評価について, 平成 25 年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集, 2014 年
- 2) Peggy A. Houghlum, Dolores B. Bertoti, ブルンストローム臨床運動学原著第 6 版, 医歯薬出版株式会社, p506, 2013 年
- 3) Peggy A. Houghlum, Dolores B. Bertoti, ブルンストローム臨床運動学原著第 6 版, 医歯薬出版株式会社, p.496, 2013 年
- 4) 吉武康栄, 生体信号処理のレシピ, 大分看護科学研究 Vol.4 No.1 April2003, pp27-33, 2003 年