

歩行者系舗装性能の定量的路面評価法の提案

木更津工業高等専門学校 学生会員 ○平野 晴也

木更津工業高等専門学校 正 会 員 鬼塚 信弘

木更津工業高等専門学校 沢口 義人

東亜道路工業（株）技術研究所 正 会 員 多田 悟士

1. はじめに

2006 年の高齢者、障害者等の移動等の円滑化の促進に関する法律（バリアフリー法）¹⁾ が施行されて以来、歩道等の歩行空間においてもバリアフリー化やユニバーサルデザインの考え方が推進され、現在では多様な舗装材料を用いた歩行者系舗装が施工されている。現在の道路整備は車両中心から人を中心としたものに移行している²⁾。しかし、人を中心と考えているにもかかわらず、舗装が人にどのような影響を与えているか研究された事例は少ない。既往の研究^{3, 4)}で舗装種の違いによる歩きやすさの評価がなされてきたが、人への影響を定量的に評価し、その評価を体系化することまでは行われていない。

舗装設計の基準となる舗装設計便覧では歩道の舗装材料に関して、表層に使用する材料の選定は、利用者の人数や高齢者、障害者等の歩行者構成、アメニティ、周辺環境との調和等を考慮して行うとしている⁵⁾。また、バリアフリー法に基づく移動等円滑化基準のために必要な道路の構造に関する基準を定める省令では歩道等の舗装は平たんで滑りにくく、水はけの良い仕上げとする⁶⁾として、歩道等の材料選定に関する明確な指標がない。

本報では舗装の物理性状の違いにより人が受ける影響を表面筋電図法により定量的に評価し、その関係性を体系化することで、歩行者系舗装性能の定量的路面評価法を提案する。被験者が物理性状の異なる16種類の舗装を歩行した際の下腿の筋活動の測定を行った。

2. 試験方法

試験を行った舗装の物理性状を表 1 に示す。歩行者系舗装の性能指標には硬さやすべり抵抗値、ラフネス、浸透水量など²⁾があるが、筋活動によって評価できる因子は硬さとすべり抵抗値と考えたため、

本研究では舗装の物理性状を硬さ（衝撃加速度）およびすべり抵抗係数としている。舗装路面の硬さ試験には床の硬さ試験機（JIS A 6519）、すべり抵抗性試験には JIS A 1454 を参考に東亜道路工業自作の床滑り試験機を用いた。

筋活動の測定はスポーツ、リハビリテーション、人間工学の分野に用いられる表面筋電図法により行った⁷⁾。皮膚の電気抵抗を低下させるため、電極を貼り付ける際に日本光電社製スキンプュアおよびアルコール脱脂綿を使用し前処理を行った。測定装置は本校自作の無線装置を使用し、測定する筋は前脛骨筋、腓腹筋とした。また、歩行動作と筋電図を同期させるため、三軸加速度計を装着して測定を行った。

被験者は男性 4 名、女性 4 名の計 8 名で年齢は 18 歳から 20 歳の範囲で、同一の運動靴を履いて行った。舗装は乾いた路面で測定し、各被験者は舗装を 12 歩の歩行を 5 回ずつ 16 種類の舗装で測定した。自然な歩行になるよう歩行速度は規定せずに測定を行った。

表 1 試験舗装の物理性状

No.	舗装種	衝撃加速度 (G)	すべり抵抗係数 (C.S.R)
①	おが屑舗装1	27	0.64
②	おが屑舗装2	43	0.66
③	土舗装	41	0.71
④	ILB舗装	107	0.78
⑤	木レンガ舗装	94	0.78
⑥	ニート工法舗装	121	0.78
⑦	石板舗装	122	0.76
⑧	密粒舗装	118	0.75
⑨	透水性舗装	111	0.73
⑩	遮熱性舗装	125	0.87
⑪	ウッドチップ舗装	52	0.87
⑫	コンクリート舗装	124	0.77
⑬	人工芝舗装	83	0.71
⑭	ゴムチップ平板25mm	59	0.78
⑮	芝舗装	29	0.51
⑯	ゴムチップシート7mm	71	0.61

3. 解析方法と結果

測定した筋電位（図 1）は生体信号解析ソフト Labchart により解析を行った。筋電図にはコードの

揺れや動作中の皮膚に貼り付けた電極のずれによるノイズが混入するため、highpass フィルター15Hz、測定場に存在する電磁波の影響を排除するため、notch フィルター50Hz によりノイズ除去を行った。上下加速度により歩行動作と対応した筋電位を切り出し、1歩行周期の RMS（平均二乗平方根）値を算出した。RMS は筋活動の量的パラメータであるが個々で数値の桁が異なるため、最大筋収縮時の RMS 値を 100% とする %MVC (1) により正規化し比較を行った。

$$\%MVC = \frac{\text{一歩行周期の RMS 値}}{\text{最大筋収縮時の RMS 値}} \times 100 \quad (1)$$

測定結果には外れ値が混入するため、被験者 8 名のデータを 10%調整平均値により統計処理を行った。

解析結果を図 2 および図 3 に示す。筋活動は硬さの違いによって曲線的に変化し、すべり抵抗係数の違いでは、直線的に変化することがわかる。この傾向を舗装の物理性状の違いによる筋活動の評価式を算出した。なお、左下腿も同様の傾向を示した。

4. 定量的路面評価法としての考察

既往の研究では官能試験による評価が行われてきたが、筋活動による路面の定量的な評価は主観的な影響を受けにくく、客観的な評価が可能といえる。

人を中心に考える歩行者系舗装を設計する際に、この評価法を用いることで舗装の物理性状の違いによって人が受ける影響を相対的に知ることができる。したがって舗装の利用目的に合わせて、人への負担を考慮した舗装を設計できると考える。

5. まとめ

本報では舗装の物理性状の違いによる筋活動の変化を評価し、体系化をすることにより、人を中心に考える歩行者系舗装の定量的路面評価法として下腿筋活動の測定を提案した。今後、被験者の増加や靴の種類、湿潤状態での影響を調査することで、より普遍的な定量的路面評価法にすることを目指す。

参考文献

- 1) 国土交通省ホームページ：
<http://www.mlit.go.jp/road/road/traffic/bf/design/about.html>
(2015 年 12 月 19 日閲覧)
- 2) 土木学会：歩行者系舗装入門－安全で安心な路面を目指して－、丸善出版、pp3, pp6, 2014
- 3) 田中孝典ら：下肢筋肉活動及び歩行者意識による歩道舗装の評価、舗装、pp31-35, 2015
- 4) 小森谷一志ら：歩行者系舗装の歩きやすさの評価手法に

関する研究、第 2 回舗装工学講演論文集 pp181-188, 1997

- 5) 日本道路協会：舗装設計便覧、pp.241, 2006
- 6) 移動等円滑化のために必要な道路の構造に関する基準を定める省令：<http://www.mlit.go.jp/common/000207246.pdf>
(2015 年 12 月 19 日閲覧)
- 7) 木塚朝博ら：表面筋電図、東京電機大学出版局、pp.1, 2008

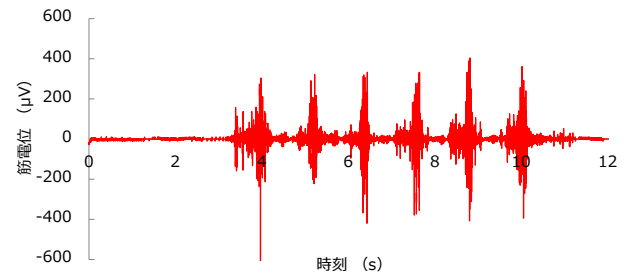


図 1 歩行時の筋電図

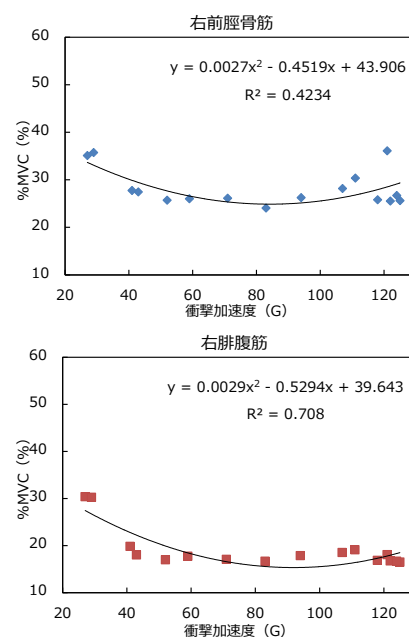


図 2 硬さの違いによる筋活動の変化

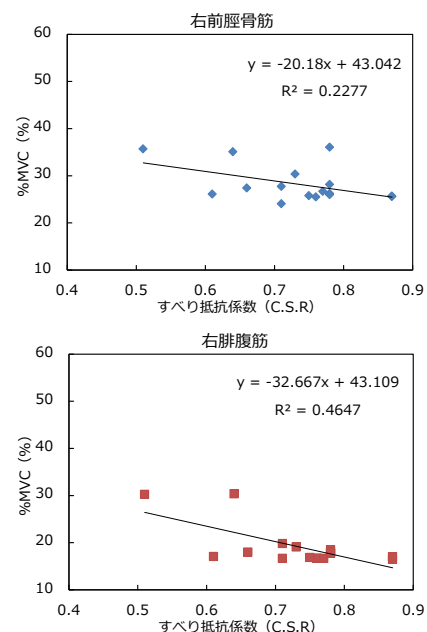


図 3 すべり抵抗係数の違いによる筋活動の変化