

歩行者系舗装の硬さと筋電位の関係

東亜道路工業(株) 技術研究所 正会員 ○野尻 大祐
同 正会員 多田 悟士
木更津工業高等専門学校 正会員 鬼塚 信弘

1. はじめに

歩行者系舗装は人が利用する舗装であるが、人の筋肉への負荷を簡易的・定性的に評価する方法は確立されていない。そこで、筆者らは人の筋活動のデータと舗装の物理性状データとの関連を示すことができれば、舗装が人に与える歩行負荷を舗装の物理性状で評価することが可能となると考えた。

本研究では舗装の硬さが人に与える負荷の傾向を見出すことを目的とした。筋電位データを歩行周期相ごと切り分けて解析し、さらに様々な歩行者系舗装の硬さを2種類の試験法で測定した結果との関係性を調べ、下腿筋肉が歩行動作のどのタイミングで硬さを感じているのかを検討した。その結果、舗装の硬さと歩行筋活動との関係性が示す可能性が示唆されたので報告する。

2. 実験方法

2.1 測定対象舗装

様々な舗装について歩行者の筋電位測定を行うため、東亜道路工業(株)技術研究所構内に試験用の歩行者系舗装を施工した。試験用に用意した歩行者系舗装は、おが屑舗装 2 種、土舗装、ILB 舗装、木レンガ舗装、ニート舗装、砂利舗装、石板舗装、密粒舗装、透水性舗装、遮熱舗装、木チップ舗装、コンクリート舗装、人工芝舗装、天然芝舗装、ゴムチップブロック舗装、ゴムマット舗装の計 17 種類である。

2.2 測定方法

各歩行者系舗装の硬さを測定するため、①床の硬さ試験 (JIS A 6519) ②HIC 試験 (ASTM-F1292-09) の試験を行った。加えて、皮膚表面に電極を使用した表面筋電図法を用いて歩行時の筋電位を測定した。被験者は7名 (男性M01~04の4名、女性F01~03の3名、年齢: 19~20才) とし、被験筋は前脛骨筋と腓腹筋 (外側頭・内側頭) とした (図-1)。解析方法は、人の歩行動作の 1 周期の時間切り出しを行い、正規化・全波整流の後、ランチョロス・アミーゴ方式 (表-1) で相分離した筋活動量を算出した。腓腹筋については、内側頭と外側頭の和を用いて解析を行っている。なお、筋電位測定の詳細な解析条件については三上らによる報告¹⁾を参照して頂きたい。

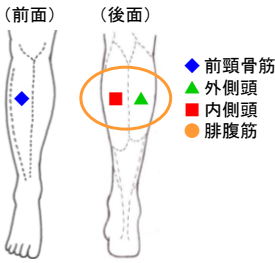


図-1 被験筋 (右足)

表-1 ランチョロス・アミーゴ方式による歩行周期の相と切り出し時間

歩行周期	立脚期				遊脚期		
	両足支持	単脚支持		両脚支持			
相の名称	初期接地 (IC) ~ 荷重応答期 (LR)	立脚中期 (MSt)	立脚終期 (TSt)	前遊脚期 (PSw)	遊脚初期 (ISw)	遊脚中期 (MSw)	遊脚終期 (TSw)
時間的割合	0~12%	12~31%	31~50%	50~62%	62~75%	75~87%	87~100%

キーワード: 筋電位, 歩行者系舗装, 床の硬さ試験, HIC試験

連絡先 〒300-2622 茨城県つくば市要315-126 東亜道路工業(株) 技術研究所 TEL 029-877-4150

3. 結果と考察

歩行1周期中の筋活動量において各相の占める割合を被験者ごとに算出して平均した結果を図-2に示す。前脛骨筋では遊脚終期(87-100%)から初期接地(0-12%)の地面に足が接地する前後の期間で1歩行周期筋活動量の50%以上を占め、一方腓腹筋は地面を蹴り出し始める立脚終期(31-50%)において1歩行周期筋活動量の50%以上を占めていることがわかった。これより、それぞれの筋の筋活動量の大きい歩行周期区間の筋電位と舗装の硬さの関係性を調べれば、硬さが人の歩行に与える影響を評価することが可能となる。更に解析を行うと、前脛骨筋においては全被験者に一様の傾向は見られたが、決定係数が低い結果を得た。一方、腓腹筋では一様の傾向に加えて高い相関が得られたので以下、腓腹筋の筋活動量に注目して検討を進めた。

床の硬さ試験と筋活動量の関係性を図-3に示す。ここでは例としてF02(腓腹筋31-50%)のデータを用いた。これより、比較的高い二次式の正の相関が得られ、衝撃加速度が小さい舗装ほど筋活動量が高い傾向が得られた。以前の報告²⁾では歩行一周期全ての期間で解析を行った結果、60~80Gを境にU字型の傾向を示したが、本報のように歩行負荷に関係する相を選択して解析すると、60~80Gを境に変曲してから80G以降では筋活動量が平衡するような傾向を示した。これより、一定の硬さ以上では歩行負荷は変化しにくいことが示唆された。

次に図-4にはHIC高さと筋活動量の関係を示す。ここでは例としてM04(腓腹筋31-50%)のデータを用いた。比較的高い一次式の正の相関式が得られ、HIC高さが高い(軟らかい)舗装ほど筋活動量が増えていく傾向が得られた。表-2では被験者M04のHIC試験と筋活動量の他の歩行周期相の関係を示す。すべて一次式の正の相関を示し、歩行周期31-50%区間において最も高い相関を示している。表-3では全被験者の腓腹筋31-50%におけるHIC試験と筋活動量の関係を示す。全ての被験者において図-4のような一次式の正の相関を与え、ほとんどの被験者が決定係数が0.5以上を示し、比較的高い相関があると言える。これより腓腹筋は地面を蹴り出す時に舗装の硬さの影響を受けていると言える。

4. まとめ

床の硬さ試験と筋電位測定の関係から二次式、またHIC試験と筋電位測定の関係から一次式の相関関係を持つことが確認され、軟らかい舗装ほど筋活動量が増加傾向を示した。以上より、舗装が人に与える歩行負荷を舗装の物理性状で評価できる可能性が示唆された。

謝辞

本研究におきまして、多大なご協力を頂きました木更津高等工業専門学校校の沢口義人准教授、平野氏ならびに被験者の諸氏に深くお礼申し上げます。

参考文献

1) 三上晃寛, 多田悟士, 鬼塚信弘: 土木学会第71回年次学術講演会講演概要集第V部門, 歩行者系舗装路面のすべり抵抗性と下腿筋電の関係(投稿中), 2016.9.
2) 野尻大祐, 多田悟士, 鬼塚信弘: 土木学会第70回年次学術講演会講演概要集第V部門, 歩行者系舗装の硬さと筋電位に関する一検討, 2015.9.

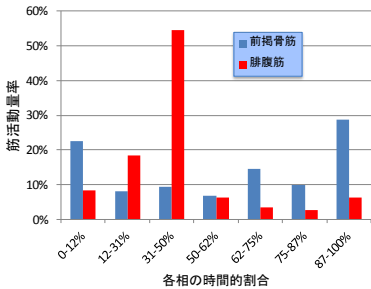


図-2 歩行周期各相の筋活動量率

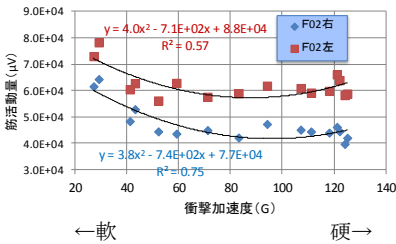


図-3 衝撃加速度と筋活動量の関係 (F02: 腓腹筋 31-50%)

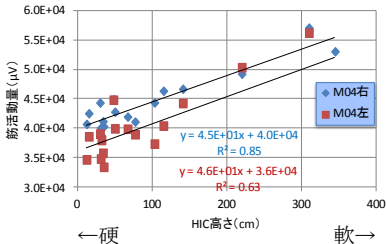


図-4 HIC 高さと筋活動量の関係 (M04: 腓腹筋 31-50%)

表-2 各相ごとの決定係数 (M04)

歩行周期	M04-腓腹筋			
	右足		左足	
	決定係数	相関	決定係数	相関
0-12%	0.26	+	0.30	+
12-31%	0.27	+	0.05	+
31-50%	0.85	+	0.63	+
50-62%	0.30	+	0.05	+
62-75%	0.02	+	0.28	+
75-87%	0.01	+	0.34	+
87-100%	0.01	+	0.25	+

表-3 各被験者ごとの決定係数

被験者	腓腹筋 (31-50%)			
	右足		左足	
	決定係数	相関	決定係数	相関
M01	0.78	+	0.65	+
M02	0.51	+	0.62	+
M03	0.57	+	0.69	+
M04	0.85	+	0.63	+
F01	0.90	+	0.29	+
F02	0.42	+	0.56	+
F03	0.15	+	0.22	+