

歩行者系舗装路面のすべり抵抗性と下腿筋電の関係

東亜道路工業(株) 技術研究所

正会員 ○三上 晃寛

同

正会員 多田 悟士

木更津工業高等専門学校 環境都市工学科

正会員 鬼塚 信弘

1. はじめに

歩行者系舗装の歩きやすさの指標を求めて、著者らは路面のすべり抵抗性と被験者の歩行から得た下腿筋電の関係について研究を始めた。神田らの報告¹⁾では、種々の舗装のすべり抵抗性を測定する装置の中から、前頭骨筋筋電の RMS 値との関係において床滑り試験機が有望とされた。谷知らの報告した筋電位の評価²⁾では、歩行 1 周期の筋活動量について密粒舗装を暫定 1 として筋活動量比を出し、歩行者系舗装のすべり抵抗性との関係を報告した。しかし、ある特定の舗装を基準にすることが適切であるか課題が残った。本報は、筋電図の計測装置及び解析方法の改善を行うことで、立脚終期の筋活動量と路面のすべり抵抗の直接関係性を示すことが可能になったので報告する。

2. 試験方法

2.1 測定対象舗装

測定対象となる様々な物理性状を持つ歩行者系舗装を、東亜道路工業(株)技術研究所構内に施工した。構内に施工した歩行者系舗装は 16 種類であり、おが屑舗装 2 種、土舗装、ILB 舗装、木レンガ舗装、ニート舗装、石板舗装、密粒舗装、開粒舗装、遮熱舗装、木チップ舗装、コンクリート舗装、人工芝舗装、ゴムチップブロック舗装、芝生舗装、ゴムチップマット舗装となっている。

2.2 歩行者系舗装のすべり抵抗値の測定

すべり抵抗値の測定には、床滑り試験 (JIS A 1454 高分子系張り床材試験法) を使用した。この試験機は、床面と接触するすべり片に鉛直載荷荷重 80kg をかけ 18°で引っ張ることで、すべり抵抗係数(C.S.R)を測定するものであり歩行者の蹴り出しを想定した試験機である。本報では床滑り試験機に準拠し装置を自作した³⁾。

2.3 筋電位測定

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、19-20 歳の男性 M01~04 の 4 名と女性 F01~03 の 3 名の計 7 名である。測定装置では無線装置に改善したことで、有線装置と比べると歩行動作の制限が大幅に改善され自然な歩行が可能になった。被験筋は前脛骨筋、内側頭、外側頭の 3 箇所を対象とし、内側頭と外側頭の筋電位の和を腓腹筋筋電位とした。各舗装で 4 歩×5 試行の計 20 歩分の筋電位を測定し、筋電波形はフィルタ処理してノイズ除去を行った後、踵に取り付けたフットスイッチの信号から歩行周期の 1 周期時間の筋電波形を切り出し、0~100%で時間を正規化した。筋電位は全波整流し、積分することで筋活動量を算出した。歩行周期の分類方法のひとつであるランチョ・ロス・アミーゴ方式では歩行周期を表-1 の様に分割しており、筋活動量を歩行時間によって分割した。分割して算出した筋活動量は、スミルノフ・グラブス棄却検定を用いて異常値を除き、標本平均を筋活動量の値とした。

表-1 ランチョ・ロス・アミーゴ方式による歩行周期の時間的割合

歩行周期 (右足)	立脚期					遊脚期		
	両脚支持		単脚支持		両脚支持			
相	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)
相の時間割合	0%	0~12%	12~31%	31~50%	50~62%	62~75%	75~87%	87~100%
筋活動	前頭骨筋		腓腹筋			前頭骨筋		

キーワード 歩行者系舗装, すべり抵抗性, 筋電位, 歩きやすさ
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. 測定結果

図- 1 では、歩行の 1 周期の筋活動量と各相から求めた筋活動量率との関係を整理すると、前脛骨筋では遊脚終期から荷重応答期の床に足が接地する前後の相が筋活動量全体の 50%以上を占め、腓腹筋では床を蹴り出す立脚終期で筋活動量全体の 50%以上を占めることが確認された。被験者 7 人の代表例として被験者 F01 の結果を示す。図- 2 に F01 の腓腹筋の立脚終期におけるすべり抵抗係数と筋活動量の関係、表- 2 に F01 の歩行周期の各相の決定係数をそれぞれ示す。路面とすべり抵抗の関係では、前脛骨筋、腓腹筋のいずれの被験筋でも歩行周期の各相の中で立脚終期(31~50%)がすべり抵抗係数と最も良い相関を示していることが確認できる。全ての被験者で同様に立脚終期において決定係数が高まる傾向がある。表- 3 に示す各被験者の立脚終期における決定係数から、M02 を除く全被験者で同程度の決定係数が得られていることがわかる。この結果から、立脚終期の踵が床から蹴りだし離れる動作と、床滑り試験機が想定する動作には関係性があると考えられる。すべり抵抗係数と筋活動量の関係を示した図- 2 では、腓腹筋においてすべり抵抗係数が高い程、筋活動量が減少するという傾向が確認された。これは表- 3 の赤字で示す被験者・被験筋を除く全ての被験筋で同様の傾向を示している。今後の課題とするが、本報に協力頂いた被験者で再度筋電計測を行い、表- 3 の赤字で示す被験筋について決定係数が改善されるのか、加えて良好な結果を得た被験者・被験筋の再現性について確認する。

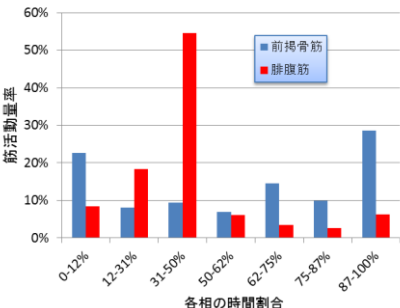


図- 1 歩行 1 周期中の各相の筋活動量割合

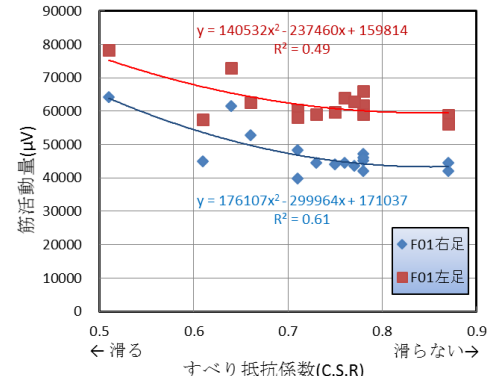


図- 2 腓腹筋の立脚終期における筋活動量 (F01)

表- 2 各歩行周期の決定係数 (F01)

歩行周期 (%)		0-12	12-30	31-50	50-62	62-75	75-87	87-100	0-100
決定係数	腓腹筋	右足	0.35	0.09	0.61	0.42	0.33	0.09	0.26
		左足	0.08	0.38	0.49	0.27	0.03	0.21	0.27
	前脛骨筋	右足	0.03	0.39	0.46	0.41	0.42	0.46	0.31
		左足	0.36	0.21	0.62	0.60	0.62	0.49	0.32

表- 3 各被験者の立脚終期(31-50%)における決定係数

被験者名		M01	M02	M03	M04	F01	F02	F03
決定係数	腓腹筋	右足	0.52	0.21	0.59	0.54	0.61	0.52
		左足	0.47	0.29	0.56	0.51	0.49	0.48
	前脛骨筋	右足	0.42	0.62	0.58	0.60	0.46	0.42
		左足	0.35	0.25	0.49	0.11	0.62	0.68

赤字…筋活動量の関係が図- 2 と異なる傾向や低い決定係数を示した被験筋・被験者

4. まとめ

本報告では前報の密粒舗装での歩行筋活動を暫定 1 とする解析結果を課題とした。歩行状態を時間で分割し、積分で求めた筋活動量を下腿筋の活動率として表すことで、腓腹筋の立脚終期に大きな活動率があることがわかった。立脚終期の腓腹筋筋活動量とすべり抵抗値は負の相関を示した。この結果、床の滑り試験機が想定する歩行挙動と同じ立脚終期に高い相関性が示されたことから、床の滑り試験機が歩行者の筋活動と相関がある試験機であることが示唆された。

謝辞

本研究の遂行にあたり、ご協力を頂いた木更津工業高等専門学校の沢口義人准教授、栗本育三郎教授ならびに被験者の諸氏にお礼申し上げます。

【参考文献】.

1) 神田夕葵, 鬼塚信弘, 栗本育三郎, 沢口義人, 多田悟士: 歩行者系舗装の性能の違いが人の筋活動に与える影響, 土木学会第69 回年次学術講演会講演概要集第V部門, pp.1265-1266, 2014. 9.

2) 谷知尚之, 多田悟士, 鬼塚信弘, 神田夕葵: 16種類の歩行者系舗装に関するすべりと筋電位の評価, 土木学会第70 回年次学術講演会講演概要集第V部門, pp.663-664, 2015. 9.

3) 小野英哲, 須藤 拓, 武田 清: 床のすべりおよびその評価方法に関する研究, その4 床のすべりおよびその評価方法に関する研究, 日本建築学会論文報告集, 第356号, pp.1-7, 1985.