歩行者系舗装の硬さと筋電位に関する一検討

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.　目的

近年、少子高齢化やバリアフリー化などの社会変化に伴い、高齢者や障害者でも安全で使用しやすい施設・舗装の整備が必要とされている。特に、運動・スポーツ・リハビリ訓練などに使用される歩行者系舗装には、歩きやすさに関する品質評価指標の提案が望まれている。歩行者系舗装は人が使用する舗装である以上、人から得られる定量的なデータから品質を評価できるようにすることが望ましい。しかし、実際の現場では複雑な評価試験を行うのは難しい現状がある。そこで著者らは、舗装の品質管理測定値と歩行者の下肢筋肉の筋活動電位（筋電位）との関係を把握し、舗装の性能評価に反映させることを目的として研究を行った。

2.　研究概要

本研究では、計 16 種類の歩行者系舗装の硬さを 3 種類の試験法で測定し、さらに歩行者の筋電位を測定した。その結果、歩行者の筋電位が歩きやすい歩行者系舗装の定量的指標として利用できる可能性が示唆されたことを報告する。

3.　実験方法

3.1　測定対象舗装

様々な物理性状を持つ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㈱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、鬼塚ら[1)]が報告しているおが屑舗装 2 種、土舗装、ILB 舗装、木レンガ舗装、砂利舗装、ニート舗装、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の計 16 種類である。

3.2　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）②小型FWD試験（舗装調査・試験法便覧S043-3T）③GB・SB 反発試験（舗装調査・試験法便覧S026-1）の3種類の試験を行った。

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。被験者は男性7名（20代～50代）と女性4名（10代～40代）の計11名とし、被験筋は前脛骨筋と腓腹筋の外側頭と内側頭とした（**図-1**）。なお、筋電位測定についての詳細な実験条件については谷知らによる報告[2)]を参考にして頂きたい。

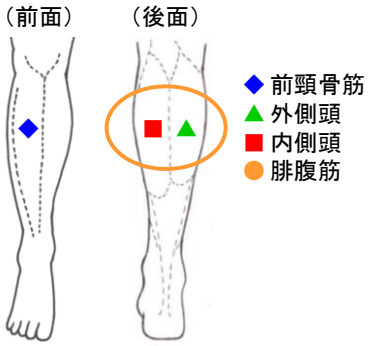

図-1　被験筋（右足）

4.　結果と考察

4.1　既往研究の硬さ試験との比較

硬さに関する物理性状を測定した結果を**表-1**に示す。また、これより得られた衝撃加速度と弾性係数の関係を**図-2**に示す。この結果より、床の硬さ試験から得られた衝撃加速度と小型FWD試験から得られた弾性係数との決定係数R^2は0.81を示し、高い相関があることがわかった。これは竹内らの文献[3)]に示されている衝撃加速度と弾性係数の関係と類似の傾向を示すものであり、同文献では検証されていなかった衝撃加速度80G～100Gのデータを加えても同様の傾向を得ることができた。

キーワード　筋電位，歩行者系舗装，小型FWD，床の硬さ試験，相関性
連絡先　〒300-2622　茨城県つくば市要315-126　東亜道路工業㈱　技術研究所　ＴＥＬ029-877-4150

4.2 硬さの試験と筋電位測定の関係性の考察

硬さの試験と筋電位測定の結果について述べる。前脛骨筋における歩行一周期中の筋活動量と床の硬さ試験の結果を比較した場合、被験者ごとに仕事量の絶対値で比較を行うと値が大きい人と小さい人で 10 倍近い差が出てしまった。これは被験者ごとに筋活動量に個人差があるためである。そこで、個体のデータばらつきを見やすくするために、暫定基準として各個人の密粒舗装の筋活動量を 1 として他の舗装と比較を行った。**図-3**に床の硬さと密粒舗装を基準とした場合の他の舗装との関係を示す。

図-3より、極端に軟らかい、または極端に硬い舗装になると筋活動量が増加する傾向があると考えられる。特に 20～40Ｇと 120Ｇ以上の舗装では他の舗装に比べて有意に筋活動量が高い傾向にある。これは、舗装が軟らかすぎると足先離地時に足が地面を蹴りにくくなり、逆に硬すぎると反発力により足に負担がかかるためであると考えられる。また、衝撃加速度 60G～80G の間では筋活動量が少ない傾向にあり、歩行者にとって負担が少ない舗装の可能性を示した。なお、腓腹筋の外側頭と内側頭のデータにおいても同様の傾向を示している。

表-1 硬さの試験結果一覧

工区名	床の硬さ試験	小型FWD	GB・SB反発試験	
	衝撃加速度(G)	弾性係数(MPa)	GB係数(%)	SB係数(%)
おが屑1	27	3	0	0
おが屑2	43	11	1	1
土	41	29	0	0
ILB	107	138	70	15
木レンガ	94	54	46	16
砂利	26	23	0	0
ニート	121	180	68	10
石板	122	512	79	69
密粒	118	181	71	5
透水	111	129	67	3
遮熱	125	240	58	8
木チップ	52	8	29	24
コンクリート	124	1173	75	61
人工芝	83	17	18	5
天然芝	29	5	7	3
ゴムチップ	59	12	28	28

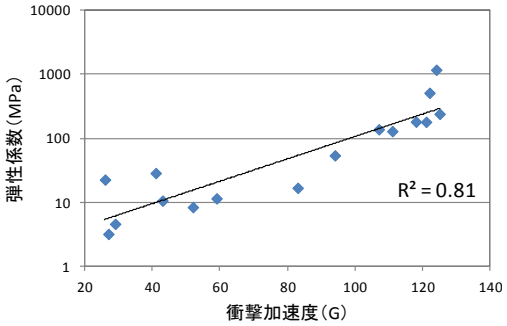

図-2 衝撃加速度と弾性係数の関係

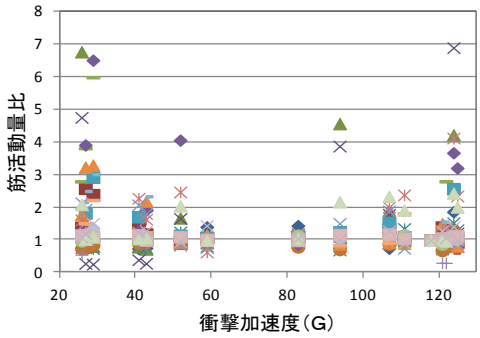

図-3 床の硬さ試験と筋活動量の関係

5. まとめ

- 床の硬さ試験と小型FWDの測定結果の関係式から、この2つの試験機は比較的高い相関関係を持つことが確認された
- 各種硬さ試験と前脛骨筋活動量との関係から、極端に軟らかいもしくは硬い舗装になると筋活動量が増加する傾向が見られた
- 衝撃加速度60G～80Gの舗装が人の筋に対する負担が小さい傾向にある

なお、筋電位と他の物理データとの関係性については参考文献[2) 4)] を参照して頂きたい。

6. 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の栗本育三郎教授、沢口義人准教授、専攻科神田夕葵氏、瀬本智貴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) 鬼塚信弘，清野哲也，熊島豊，金井太一，篠田光太郎，内田希望，永沼翼：おが屑を主体とした軟質地盤舗装の作製と運動生理学的手法による舗装の硬軟質路面が人体に与える影響について，地盤工学会関西支部 地盤の環境・計測技術に関するシンポジウム論文集 2010，pp.127-132，2010.

2) 谷知尚之，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，16 種類の歩行者系舗装に関するすべりと筋電位の評価（投稿中），2015.9.

3) 公益社団法人 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―，舗装工学ライブラリー11，pp.44-45，2014.11. 第１版.

4) 神田夕葵，鬼塚信弘，沢口義人，栗本育三郎，多田悟士：土木学会第 70 回年次学術講演会講演概要集第Ⅴ部門，歩行者系舗装の性能の違いが人の筋活動に与える影響とデータの再現性（投稿中），2015.9.