

V-3

舗装の弾性測定法に関する研究
—生体振動解析法—

東京農業大学 正会員 牧 恒雄

はじめに

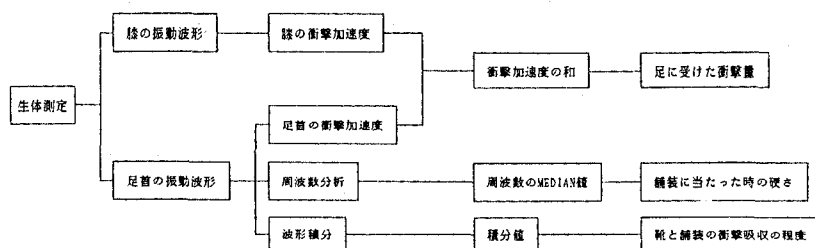
近年、舗道や広場・ジョギング道などに用いられる舗装材は様々な種類のものが開発されているが、これらの舗装材が持つ快適性や舗装が人体へ与える影響などの研究は殆ど行われていない。舗装の弾性に注目してみると、従来、舗装材の持つ弾性測定法として重錘落下による衝撃加速度試験、ボール等の跳ね返り高さから求める反発試験などが行われてきた。しかし、これらの測定法は人が受けた感覚との間に差があるなどの問題点があり試験法の確立が求められている。

本来、舗装から受ける衝撃は、それぞれの人によってその感覚が異なり、これを測定した場合データに個人差が生じる可能性は高い。しかし相対的な感覚として、アスコン舗装が天然芝の舗装よりも弾性があると感じる人はいないはずである。従って、舗装の弾性を測定する時人が受けた衝撃を人を通して得られる衝撃データで直接解析し、これを相対的に比較検討することが好ましい方法ではないかと考えた。人体から直接得られる衝撃データとして、体育学などの分野では衝撃量を靴のかかとや頭に取り付けた加速度計で測定する試験法が行われている。この方法は、衝撃加速度の波形を解析しやすい形で求めるため、測定場所によっては得られたデータが実際の感覚と異なるなどの問題点がある。そこで、本研究では人体の受けた衝撃を人体の緩衝が少ない場所で測定し、この波形を解析して判定する手法を検討したので報告する。

測定方法の概要

一般に衝撃波形は、硬いものに衝撃を加えると周波数が高く振動時間の短い波形が得られるが、軟らかいものでは材料が変形し緩衝することから、周波数が低く振動時間の長い波形となる。本測定法はこの原理を応用して、人が受ける衝撃を人体の中でも皮膚や筋肉、関節などの緩衝作用がなるべく働かない場所として、足のくるぶし(前脛骨下端)と膝関節(大腿骨下端)に加速度計をつけて生体振動波形を求めた。そしてこの波形を解析し、(1)足首と膝の最大衝撃加速度の和から足全体が受けた衝撃加速度値を知る。(2)足首の振動波形をFFTで周波数分析し得られた周波数のメジアン値から舗装に当たった時の硬さを検討する。(3)舗装や靴底が軟らかいと変形し衝撃を吸収する分長く振動することから、足首の振動波形を波形積分した結果から靴を通した測定のプロフローチャート

舗装の衝撃吸収性を
知る。これら3つのデータから人体が舗装から受ける影響を検討しようとする方法である。



実験方法

人体が受ける衝撃を測定する場合、一般には運動時の衝撃を求めることが好ましいが、運動時は衝撃量が一定とならず測定値に不偏性がなくなる。そこで今回は衝撃量なるべく安定する様に、ぶら下がり健康器から垂直落下する方法で行なった。なお、本試験では足の接地速度2.0m/sを目標として、20cmの高さから落下させ10回づつの測定をおこなった。

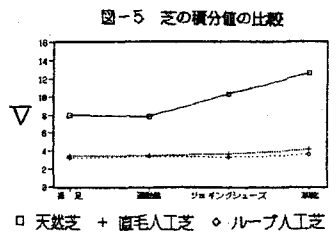
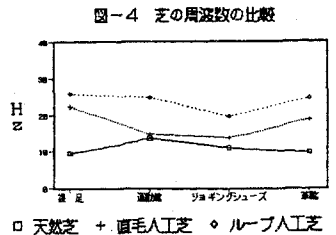
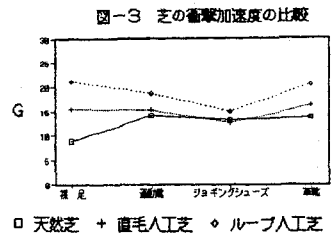
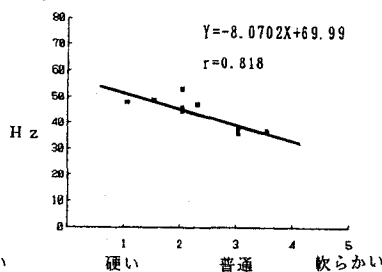
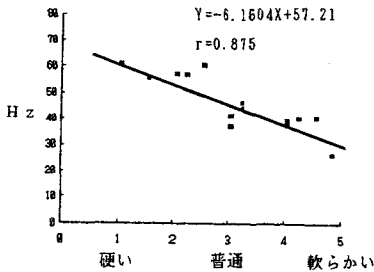
今回測定を行った被験者は22～35歳までの男女5名である。測定に用いた加速度計はいずれも圧電素

子タイプの小型加速度で共振周波数50000Hz、測定加速度 0~5000Gのものを用い人体にはテーピングテープで固定した。なお測定に使用した靴は男女で異なるがジョギングシューズ、運動靴、革靴(1部のデータ)の3種類とし、これに裸足を加えた4種類で行った。測定した舗装は、密粒度アスコン舗装、アスコン基盤上のゴムチップウレタン舗装(厚さ11mmでひじき状ゴム)、クレイ舗装(荒木田混合土)を中心に行い、1部の測定は人工芝、天然芝、トラック等でも行なった。併せて5段階評価法による官能判定試験を行った。

測定結果

衝撃加速度値を見ると、垂直落下による衝撃は足の着地方法に差が生じたり、材質によって膝で緩衝する割合が異なるなどデータに個人差が出たが、1個人の測定結果を相対的に比較してみると、一般的な舗装の弾性の感覚をよく表していると思われ靴の種類による緩衝効果の差も認められた。次に、人体が舗装から受ける硬さの感覚は、舗装に当たった時の感覚が影響すると思われることから、官能試験結果と周波数値を比較検討してみた。図-1, 2に示すように、靴を履いて飛び降りたときの感覚と周波数値は、男子で $r=0.875$ 、靴の種類が異なる女子で $r=0.818$ と高い相関を示したが、裸足では足の裏の緩衝が人によって異なるのかデータにばらつきを生じ相関係数も $r=0.35$ 程度であった。また、1個人のデータを比較すると相関係数は高いもので $r=0.9476$ を示すなど官能検査結果との間に強い相関があることが判明した。また、1例として表面の舗装形状が似ている天然芝、ループ状人工芝(10mm厚)、アンダーパット(10mm)入りの直毛人工芝で行った試験結果(図-3, 4, 5)を見ると、衝撃加速度はアスコン上に直接敷設したループ人工芝が大きく、周波数値も緩衝材の入っていないループ人工芝が高い周波数を示し、舗装に当たった時に受ける感覚と同様の結果を得た。しかし舗装の衝撃吸収性を示す積分値は、アンダーパットの有無にかかわらず、硬い基盤上に施工された人工芝は天然芝に比べ小さな積分値を示し、舗装に衝撃吸収性が少ない結果を示した。

図-1 男子の官能試験結果と周波数値の相関 図-2 女子の官能試験結果と周波数値の相関



考察

人体が舗装から受ける衝撃を測定する場合、飛び降り方や緩衝機能に個体差があり、個々の衝撃加速度値の大小だけで判定することは危険であるが、1個人から測定したデータで舗装を比較すると、弾性に対して同様の傾向が認められた。また、官能試験結果と周波数値に高い相関が認められた。波形の積分値は衝撃加速度値が大きいと積分値も大きくなる傾向にあるが、積分値で舗装の持つ衝撃吸収性が判断出来ることが分かった。以上のことから、本試験方法は人体の持つ感覚に比較的近い測定が可能な手法と言える。

まとめ

本測定法はまだ測定事例が少なく、舗装構造の基準をつくるまで至っていないが、今後データが集まるとこれらの結果から理想的な舗装構造が判断できると考える。