

V-5

「舗装の弾力性に関する研究」

東京農業大学

正会員 牧 恒雄

鹿島道路㈱技術研究所

○正会員 壁谷 紀郎

鹿島道路㈱技術研究所

金井 利浩

まえがき

人のための舗装材は種々開発されてはいるが、これらの舗装材が人体にどのような衝撃を与えているか、などは十分に研究されないまま舗装材が利用されている。現在舗装の弾力性を測定する方法として(1)テニスコート等で用いられているGB-SB試験（東京都港湾局基準）、(2)重錘等を落下させ衝撃加速度や変位量を測定する方法、(3)人体の膝や腰につけた加速度計から衝撃加速度を測定する方法、(4)人体の構造に似せたモデルの試験機を作りこの試験機から衝撃量を測定する方法。など様々な研究が行われている。そこで本研究では、これらの試験方法について代表的な試験方法を3つ選び、これらの相関性を調べると共に、試験結果からの舗装材の弾力性についてその特性を調べようとするものである。

目 的

舗装材の衝撃吸収量あるいは弾力性を測定する比較的簡易な方法としてはボールによる反発係数の測定がある。一般にこの試験方法ではゴルフボール（GB試験）とスチールボール（SB試験）が用いられているが、舗装材表面が硬いアスコン等の材質と軟らかい樹脂系の材質では当然反発量も異なり、使用したボールの材質の影響が出てくると考えられる。そこで表面硬度の異なる様々な材質のボールを用いて反発係数を測定し、ボール落下試験の特性を知ろうとするものである。また機械的な衝撃量判定方法として重錘落下による衝撃加速度判定試験を行い、落下速度と衝撃加速度、反発係数の関係を測定し、材質の衝撃吸収性について調べる。次に人が舗装上に飛び降りた場合に人体が受ける衝撃について、人体の一部に固定した加速度計により、靴の種類により人体が受ける衝撃量の差について測定し、機械による衝撃加速度試験結果と比較検討しその特性を知ることを目的としている。

実験方法

ボールによる反発係数測定は9種類の材質の異なるボールを用い、1mの高さから落下させその跳ね返り高さを求め反発係数を計算した。重錘落下試験では、小型加速度計を内蔵した重錘（3640g）を衝突速度が2.0m/secと2.5m/secになる様な高さから落下させ、シグナルプロセッサで衝撃加速度、接触時間、滞空時間を求め反発係数を計算した。また、人体が受ける衝撃加速度は、重錘落下測定に用いた加速度計を足首のくるぶしにテーピングテープで固定し、裸足、上履き、ジョギングシューズ、革靴について、それぞれ20cmの高さから垂直に落下させ、その時の最大の衝撃加速度を測定した。今回の飛び降り実験は21才男子で行った。測定場所は、(1)土系の舗装、(2)樹脂系の舗装、(3)芝系の舗装、(4)硬い材質の舗装の4種類に分けて行った。

表-1 ボールによる反発係数

ボールの種類	平均値	ナイロン	ゴルフ	真鍮	アルミ	アクリル	ガラス	鉄	シリコン	スチール
ボールの径(mm)	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
ボールの質量(g)	17.42	45.56	118.93	32.89	16.80	32.70	63.65	9.76	9.10	9.10
ショアー硬度(Hs)	57.00	83.40	23.10	12.40	73.50	94.40	54.30	57.50	71.10	71.10
舗装材	0.1488	0.4208	0.1984	0.1710	0.1592	0.1164	0.1328	0.1392	0.1246	0.6378
フィード	0.1663	0.4247	0.2449	0.1589	0.1612	0.1449	0.1414	0.1549	0.1581	0.7246
トラック	0.2096	0.6156	0.3114	0.1732	0.1789	0.2145	0.1897	0.1949	0.2049	0.8664
天然芝(青芝)	0.4041	0.4638	0.4144	0.3844	0.4118	0.4068	0.4094	0.3998	0.4018	0.4872
人革靴(ブーツ)	0.3908	0.5586	0.4438	0.3209	0.3710	0.4301	0.3795	0.3317	0.4583	0.6819
人革靴(スリッパ)	0.7251	0.7196	0.7442	0.7430	0.7322	0.7056	0.7308	0.7418	0.6782	0.7112
ヒョウタンゴムチップ	0.5226	0.6086	0.5230	0.4800	0.5290	0.5390	0.5320	0.5100	0.5510	0.7790
約杖ゴムチップ	0.5519	0.6630	0.5710	0.5230	0.5570	0.5600	0.5540	0.5320	0.5660	0.8640
ウレタンゴムチップ	0.5782	0.6568	0.5901	0.5620	0.5788	0.5795	0.5815	0.5749	0.5809	0.7937
ゴム砕石混合舗装	0.3301	0.5153	0.4050	0.3369	0.3256	0.3191	0.3399	0.3271	0.2565	0.7660
タータントラック	0.5830	0.6820	0.5980	0.5710	0.5721	0.6010	0.5900	0.5180	0.6310	0.8960
アスコン舗装	0.3566	0.6892	0.8414	0.1082	0.1684	0.4400	0.2836	0.1200	0.5346	0.9062
コンクリート舗装	0.7357	0.7014	0.9210	0.6238	0.5156	0.9264	0.7468	0.5790	0.8370	0.9034
コンクリート平板	0.6795	0.7182	0.9012	0.5638	0.4548	0.8634	0.6625	0.5546	0.7562	0.8978
磁器タイル	0.8251	0.7014	0.9102	0.7209	0.4694	0.9360	0.9570	0.9478	0.8394	0.8942
セッティングタイル	0.6123	0.7012	0.9100	0.2586	0.2882	0.8224	0.7006	0.5640	0.7722	0.9000

*はナイロンボールとスチールボールを除いた平均値

結果及び考察

(1) ボールによる反発係数測定結果は図-1に示す。ボール表面のショアー硬度がそれぞれ異なる材質でも弾力性のある舗装材料ではナイロンボールと反発量の大きいスーパーボールを除くと、ほぼ似たような反発係数を示した。しかしアスコン、タイルなど表面の硬い材質では、ボール材質の違いで反発係数にかなりバラツキがありこの方法を適用するのは難しい。また舗装表面温度の影響については、硬い材質では差がでるが弾力性のある材質では殆ど影響が無かった。

(2) 重錘落下試験では衝突速度の違いにより衝撃加速度に差が大きく出ているが、反発係数を求めると衝突速度による差はあまり大きくなかった。（表-2）

(3) 人体の足につけた加速度計より求めた衝撃加速度の結果は表-3に示す。自然の裸地では裸足と靴を履いた場合とは殆ど差はなく、天然の芝生では裸足の場合の方が靴を履いた場合よりその値が小さい。しかし人工芝では基盤の影響を受け大きな衝撃となっている。クレイ系の舗装材は走路であるトラックはフィールドより硬く仕上げてあり、裸地では土の締まりもよくないが、革靴の衝撃加速度がいずれの靴よりも小さい値となっていた。一方ゴムチップウレタン舗装等の弾力性のあるものでは、靴の種類による衝撃加速度の差は小さく、これらの舗装材では足に生じる衝撃の負担をわざわざ靴底の厚い靴で衝撃を緩和しなくても良いと言える。また靴については靴底の厚さや弾力性のある材質の有無によりかなりの衝撃加速度が軽減されることが判明したが、舗装材料別の靴の適用の判断はその他の要素もあり非常に難しい。

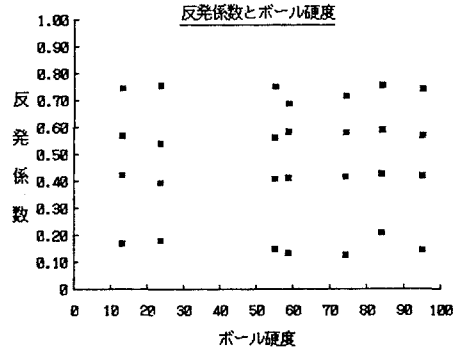


図-1 反発係数とボール硬度

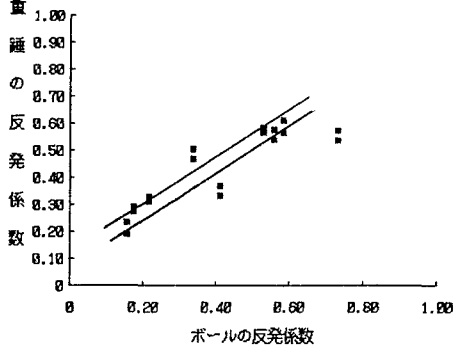


図-2 ボールと重錘による反発係数の相関

表-2 重錘落下試験の結果

データ		衝撃加速度 (2m/sec)	反発係数	衝撃加速度 (2.5m/sec)	反発係数
芝	29	0.225	35	0.18	
天然芝(高麗芝)	33	0.359	37	0.324	
人工芝直毛タイプ	98	0.564	140	0.526	
人工芝ループタイプ	--	--	--	--	
フィールド	71	0.282	98	0.261	
トラック	63	0.319	78	0.301	
ひじき状ゴムチップ	91	0.575	139	0.554	
粒状ゴムチップ	86	0.567	130	0.532	
ウレタンゴムチップ	95	0.603	145	0.557	
ゴム砕石混合舗装	75	0.46	106	0.493	

まとめ

舗装の弾力性を測定する方法として、比較的簡易なボール落下による反発係数測定や、重錘落下による衝撃加速度と反発係数の測定、あるいは人体が落下によって受ける衝撃加速度の値について比較検討した。その結果、比較的弾力性のある舗装材では、これらの試験方法を用いて舗装の反発係数の測定は相対的には行えるが、アスコン等の硬い材質の舗装ではボールの表面硬度による影響がかなり出てくるので、ボールを用いた反発係数測定は難しいと思われる。また衝撃加速度は人体が受けた値と、実験から求めた値に大きな差があり、そのままこれを利用する事は難しいが、その傾向は判断できる。

実験に際し、実験にご協力いただいた都内各地の小学校の皆様には厚く御礼申し上げます。

表-3 人体が受ける衝撃加速度

舗装の種類	データ	衝撃加速度 はなし	衝撃加速度 革靴	衝撃加速度 上履き	衝撃加速度 ジョギング
芝地		15.619	15.331	16.129	14.561
天然芝(高麗芝)		12.484	15.127	15.676	15.575
人工芝直毛タイプ		17.571	18.487	17.71	15.039
人工芝ループタイプ		27.524	21.297	21.134	19.517
フィールド		20.039	15.617	19.57	18.991
トラック		21.05	17.867	18.949	20.316
ひじき状ゴムチップ		18.289	20.178	17.277	18.143
粒状ゴムチップ		21.976	17.154	18.226	16.558
ウレタンゴムチップ		16.127	15.144	13.997	13.421
ゴム砕石混合舗装		19.933	18.943	18.45	15.999
アスコン		25.096	24.069	19.022	19.003