

小型 FWD による路面素材に対するランナーの走りやすさの評価方法

日本道路(株) 正会員 ○池田茜
山口大学 矢羽田達也・前嶋大輝
山口大学大学院 正会員 中島伸一郎

1. はじめに

ランナー走行時における着地衝撃は瞬間的に体重の3～4倍であり、着地衝撃が足に作用する時間は10～30 msである。ランナーの足には、足が路面に接地する度、極めて短い時間に大きな衝撃が加わっている。この着地衝撃を緩衝するために走行フォームやシューズで補っている。一方、着地衝撃は路面素材の種類で緩衝することも可能である。

本研究では、ランナーの足に生じる路面素材ごとの着地衝撃や緩衝作用を評価する方法を検討^{1),2)}する一環として、小型 FWD を用いた着地衝撃と蹴り出しやすさの評価を行った。

2. 実験概要

対象とした路面素材は、人工材料と自然材料両方のデータを得るために、図-1に示す8種類の路面で試験を実施した。アスファルト舗装やコンクリート舗装はマラソン大会時に走行する車道のみならず、歩道や公園で用いられている路面素材である。大学近郊の公園のウォーキング・ランニングコースに舗設されている弾性舗装、脱色バインダ舗装、ウッドチップ舗装と、インターロッキングブロック舗装（以下、ブロック舗装）、芝生も対象とした。弾性舗装はアスファルト舗装の上に25 mm程度、コルクとアスファルトを混合した弾性層が敷設されており、ウッドチップ舗装は路盤の上に25 mm程度、ウッドチップが敷設されている舗装である。

実施した試験は、図-2に示す小型 FWD³⁾ (Falling Weight Deflectometer)を用いた試験である。載荷版上に重錘を自由落下させて生じた荷重と変位を測定した。試験条件は、重錘質量5 kg、載荷版半径50 mm、重錘落下高さ500 mmとした。

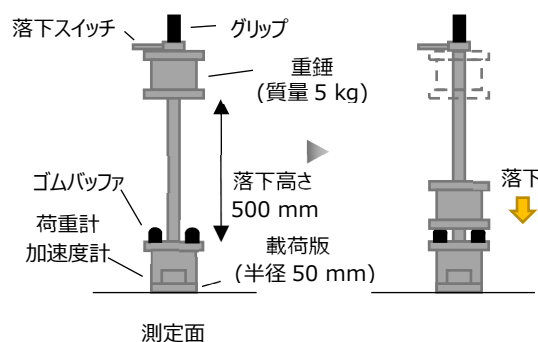


図-1 小型 FWD 模式図

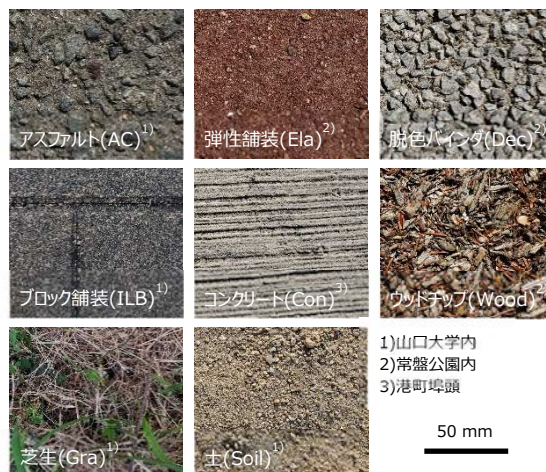


図-2 試験対象路面素材

3. 試験結果

各路面素材の荷重と変位関係を図-3に示す。図-3(a)に8種類の路面素材の結果を示し、図-3(b)に変位のスケールをアップし、芝生とウッドチップ舗装を除く6種類の路面素材の結果を示した。図-3(a)より、芝生とウッドチップ舗装は他の路面素材に比べて、約10～20倍の変位が生じている。

次に、地盤反力係数 K 値（以下、 K 値）を算出した。図-3に示す荷重-変位曲線の最大荷重 P と最大変位 D を式(1)に代入して算出した。 K 値が大きいほど、路面の剛性が高いため、ランナーは着地衝撃を大きく感じる傾向にあると推察する。

キーワード 舗装 ランナー 着地衝撃 小型 FWD 荷重変位曲線

連絡先 〒105-0004 東京都港区新橋 1-6-5 日本道路(株)生産技術本部 技術部 TEL 03-3571-4896

$$K = \frac{P}{\pi r^2 D} \quad (1)$$

ここで、 K ：地盤反力係数 [N/mm^3]、 P ：最大荷重 [N]、 r ：载荷版半径 [mm]、 D ：最大変位 [mm]とする。

各路面素材の地盤反力係数を図-4 に示す。コンクリート舗装が $14.0 \text{ N}/\text{mm}^3$ と他の路面素材の中で最も大きい。人工素材の中でインターロッキングブロック舗装は $3.2 \text{ N}/\text{mm}^3$ 、弾性舗装は $3.0 \text{ N}/\text{mm}^3$ とほぼ同程度の値である。自然素材の土や芝生、ウッドチップ舗装の地盤反力係数は人工素材に比べて小さい。

小型 FWD の測定値の評価として、エネルギー効率の考え方を導入し、地盤反力係数とエネルギー効率から、走りやすさを評価する。図-5 に示すように、小型 FWD の荷重-変位曲線の載荷過程の面積 W_1 と除荷過程の面積 W_2 は路面に与える仕事と路面から受け取る仕事を示す。その比率であるエネルギー効率 $e = W_2/W_1$ が 1 に近いほど、着地によって生じるエネルギーを路面からの復元力（以下、地面反力）として回収できることを示す。ランナーは地面反力を蹴り出し時に活用できるので走りやすいと考えられる。

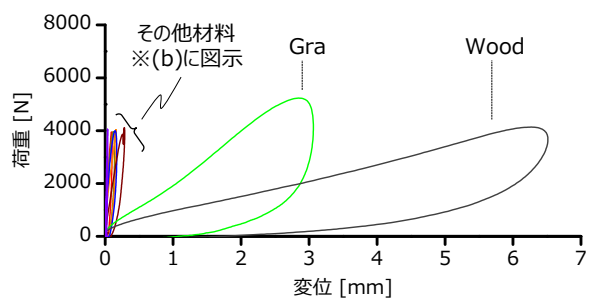
エネルギー効率と K 値の関係を図-6 に示す。 K 値が小さく、かつエネルギー効率が良い、すなわち図において左上にある路面ほど、ランナーにとって走りやすい路面素材であると考えられる。本研究で対象とした路面素材において、コンクリート舗装やアスファルト舗装は地面反力が大きいため蹴り出しやすいが、着地衝撃は大きい。芝生やウッドチップ舗装については、着地衝撃は小さいが、地面反力は小さいため蹴り出しにくいと推察される。

4. まとめ

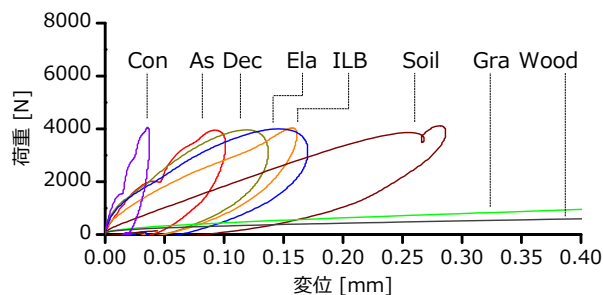
本研究は小型 FWD の測定値を用いてランナーが舗装に対して感じる走りやすさ（着地衝撃の大きさ・蹴り出しやすさ）の評価方法を提案した。今後、ランナーのアンケート調査結果とエネルギー効率との関係性について検討を行っていく。

【参考文献】

- 1) 池田茜，遠藤桂，縞居公介，中島伸一郎：小型 FWD を用いた舗装のエネルギーロス率とランナーの走りやすさに関する検討，令和 2 年度土木学会全国大会第 75 回年次学術講演会，V-506，2020。
- 2) 前嶋大輝，中島伸一郎，池田茜：ランナーの着地衝撃を評価するための弾性ボール落下試験，令和 4 年度土木学会全国大会第 77 回年次学術講演会，V-330，2022。



(a) 舗装 8 種類（全種類）



(b) 舗装 6 種類（芝生，ウッドチップ以外を表示）

図-3 各路面素材の荷重-変位曲線

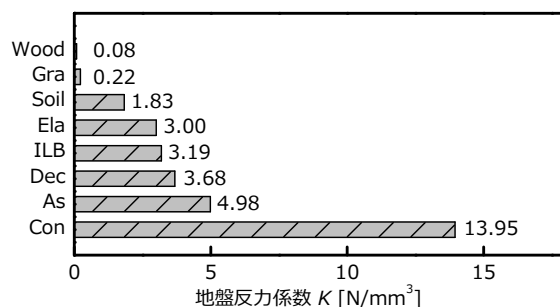
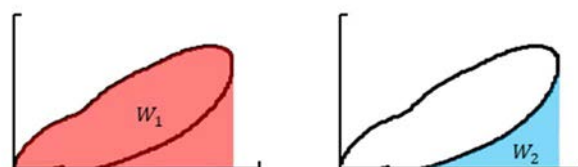


図-4 各路面素材の地盤反力係数



(a) 衝撃力による仕事量 W_1 (b) 復元力による仕事量 W_2

図-5 エネルギー効率 (W_2/W_1) の定義

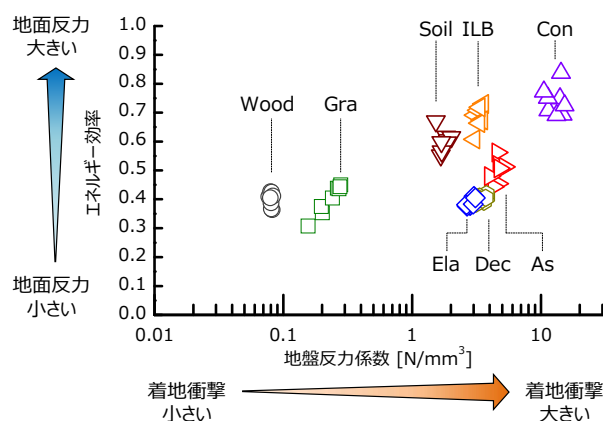


図-6 エネルギー効率と地盤反力係数の関係