

神戸市役所 工木局
大阪市立大学

正員 ○ 田辺 佳彦
正員 三瀬 貞
正員 山田 優

1. まえがき

歩行者の安全な通行を確保するため、歩道路面のすべり抵抗を基準化する必要がある。そこで、まず歩行者が路面にどのような力を作用させて歩いているかを調べてみた。野外の実際の歩道で歩行者の足と路面に働く力を直接測ることは困難であるので、歩行者を少し離れたところから観測して知ることができる歩幅や速度から、それらの路面反力を推定することにした。歩行時のすべりは、路面に勾配がある時や、左右に曲がろうとする時に起こりやすいと考えられるが、まず、水平な路面を真直ぐに歩いている時について考察した。

2. 路面反力と歩幅および速度との関係についての室内実験

2-1. 路面反力、歩幅、速度の測定方法 実験室内で幅70cm、長さ6mの実験用歩行路をつくり、そのほぼ中央に図-1に示すような路面反力測定装置を設け、被験者がその装置の上を通過する時、側方からビデオカメラで撮影するとともに、路面に作用する垂直分力と水平分力を測定、自己記録させた。

2-2. 被験者 被験者と使用した履物の靴底の種類を表-1に示す。測定にあたっては、被験者はできるだけ自然な歩行を保ったうえで、速度を自由に変えるようにした。

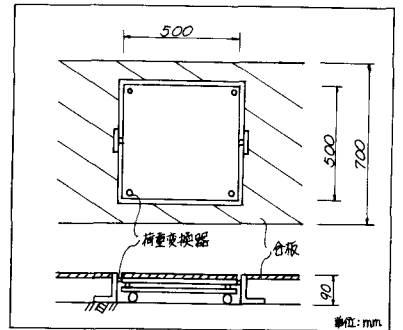


図-1 路面反力測定装置の概略

2-3. 歩行過程における路面反力の変化形状 垂直分力と水平分力の測定結果の一例を図-2に示す。これによると水平分力は、かかとが接地した瞬間においてピーク H_1 を生じる。このピークは一般には小さく、その向きは進行方向と同じであったり、逆であったりし、人による変動が大きいものである。つづいて、全衝撃がかかった時にピーク H_2 を生じ、その後、重心が前に移動するにつれグラフは下降し、つま先でける瞬間にピーク H_3 を生じる。一方、垂直分力は凹形となり、二つの大きなピークを生じる。また人によっては、ごく最初の段階で小さなピークを生じることもある。

表-1 被 験 者

被験者	年令	性別	身長 (cm)	体重 (kg)	靴底の種類		
					硬質ゴム	スポンジ	運動靴底
A	24	男	170	63		○	
B	26	〃	168	55	○		
C	23	〃	178	70	○		○
D	24	〃	163	54	○		○
E	25	〃	175	66	○		○
F	22	〃	164	64	○		○
G	35	女	151	64		○	

すべりに直接関係するのは H/V の値であるが、特に問題となるのは、かかとが路面に接地した時であるため、図における左側部分、つまり、 H_1/V_1 、 H_2/V_2 について考慮すればよい。 H_1/V_1 の値は速度が遅いときに大きくなる傾向があり、人によっては H_2/V_2 の値以上となることもある。しかし、 H の値そのものは小さく、体重がまだかかるとにかかっていないため、大きなすべりまで至ることはないように思われる。 H_2 が生じる時は、全体重がかかるとにかかった場合であり、この時のすべりが最も重要である。したがって、今回は H_2/V_2 の値について検討を行った。

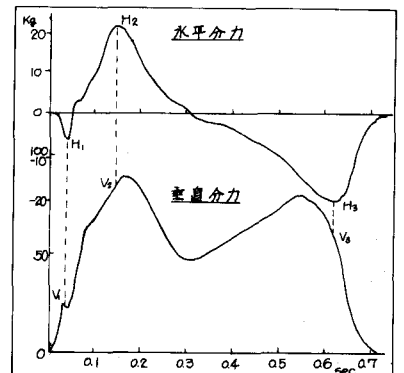


図-2 路面反力の測定例

2-4. H_2/V_2 と歩幅・身長および速度との関係 歩幅については個人差をできるだけ小さくするため、身長で割った値を用いた。

H_b/L と歩幅/身長の関係を図-3に、また H_b/L と速度の関係を図-4に示す。ここで、靴底の種類によって路面反力の生じ方は、多分異なってくるものと思われるが、今回の実験では明確に出なかったため、区別せずに全て図にプロットした。これらの図もみると、被験者によって H_b/L と歩幅/身長および速度との関係は大きく異なり、歩幅や速度だけで H_b/L を推定することは困難である。しかし、ある歩幅/身長において起こりえる H_b/L の最大値は、ほぼ直線的に増加することがわかる。なお、歩幅/身長と速度の間には、図-5に示すようにかなりの直線的相関がみられるが、 H_b/L と速度の関係は H_b/L と歩幅/身長の関係ほどはっきりしない。

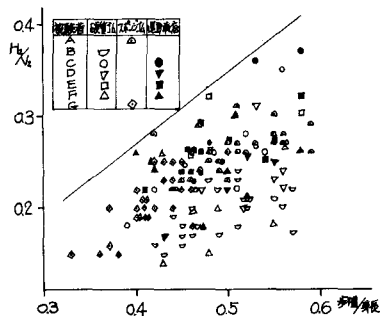


図-3 H_b/L と歩幅/身長の関係

3. 実際の野外の歩道における歩幅・速度の調査と路面反力の推定

3-1. 調査場所と方法 神戸市内の通常のアスファルト混合物を舗装した歩道とテラゾ舗装の歩道で、室内実験と同様、ビデオカメラを用いて調査した。両歩道は舗装材料以外の条件は、ほぼ同じであった。調査は両歩道とも、路面の乾いた状態と水をまいてぬらしした状態でを行い、調査した歩行者数は各条件ごとに74〜76人であった。

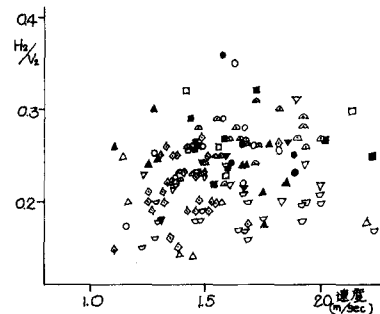


図-4 H_b/L と速度の関係

3-2. 歩幅/身長および速度の頻度分布 図-6、図-7に歩幅/身長、速度の測定値の頻度分布を示す。図-6によると、路面がぬれている時は乾いている時に比べ、またテラゾ舗装はアスファルト舗装に比べ、歩幅を小さくしていることがわかる。これは歩行者が路面がすべりやすいと感じた場合、注意して歩く結果と考えられる。一方、図-7の速度の分布をみた場合、路面の乾湿の影響については同様のことがいえ、路面がぬれている方が速度が小さい。しかし、アスファルト舗装とテラゾ舗装の違いは歩幅/身長の場合と逆で、テラゾ舗装の方が速度が大である。

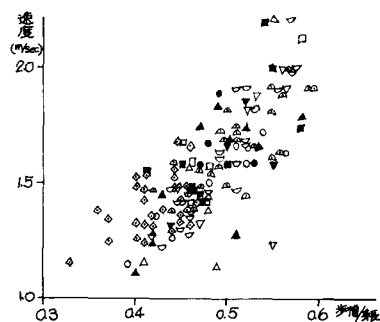


図-5 歩幅/身長と速度の関係

3-3. 路面反力比 H_b/L の推定 これまでの結果からみて、実際の歩行者の路面反力を推定するには、歩幅/身長ととらえるのが有効であると思われる。したがって、歩行者の歩幅/身長の頻度分布曲線にみいて、歩幅/身長の限界値を平均値+3σにとり、 H_b/L と歩幅/身長の関係から、それぞれの路面において歩行者が供している路面反力比 H_b/L の最大値を推定してみると、次のようになる。

アスファルト舗装(乾燥状態) … 0.394 (湿潤状態) … 0.317

テラゾ舗装 () … 0.357 () … 0.343

4. あとがき

歩道において、歩行者が必要とするすべり抵抗値を求めることは、すべりに影響する要因の複雑さ、歩行動作の複雑さなどからして難しい面が多い。今回の実験から推定した路面反力比 H_b/L の最大値についても、そのなすすべり抵抗の限界値として考えることはできないが、一つの目安としてとらえることはできるものと思える。今後は被験者、履物の種類別、或いは勾配のある場合などについて、さらに検討を加えたい。

最後に、この研究を始めるにあたり貴重なご意見をいただいた、千葉工業大学、宇野英隆教授に感謝します。

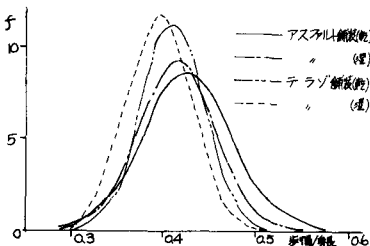


図-6 歩幅/身長の頻度分布

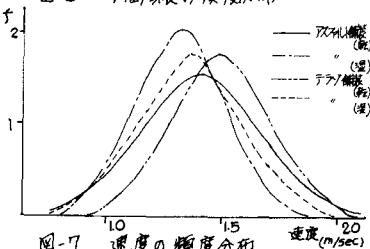


図-7 速度の頻度分布