

自転車歩行者道の舗装材評価に関する研究

牧 恒雄¹・小梁川 雅²・竹内 康³・飯田 克己⁴・西村 和宏⁵

¹正会員 農博 東京農業大学教授 地域環境科学部生産環境工学科
(〒156-8502 東京都世田谷区桜丘1-1-1)

²正会員 工博 東京農業大学助教授 地域環境科学部生産環境工学科

³正会員 農修 東京農業大学講師 地域環境科学部生産環境工学科

⁴ブリヂストンスポーツ株式会社 用品事業部 (〒368-0005 埼玉県秩父市大野原20)

⁵ブリヂストンスポーツ株式会社 マーケティング部 (〒140-0013 東京都品川区南大井6-22-7)

自転車は多くの人々が利用しているが、自転車道の舗装材に関する研究はほとんど行われていない。そこで、4種類のゴムチップ舗装材と2種類のアスファルト舗装材について、自転車を製造するときの試験方法を用いて走行抵抗性と制動性の評価を行った。また、滑り抵抗性や弾力性、透水性の試験を行い歩道の評価を行った。その結果、自転車を製造するときの試験方法で、自転車道の舗装材を評価できることがわかり、ゴムチップ舗装材としては、粒状ゴムチップが50%~30%配合されている舗装材が、自転車歩行者道に良い舗装材であることが分かった。

Key Words : *bicycle track, sidewalk, rubber pieces pavement, tractive resistance, braking evaluation, skid resistance, elasticity, permeability*

1. はじめに

自転車は身近な交通手段として多くの人々に利用されているが、自転車道の整備が始まったのは昭和46年頃からで、平成9年4月現在の総整備延長は約99,313km¹⁾に達しているが、全体の93.8%が自転車と歩行者の通行に供されている自転車歩行者道である。特に都市部では、新たな自転車道の設置が難しいことから、自転車の歩道通行を許可している所が多く、自転車道と歩道の整備は強い関連がある。自転車歩行者道では、歩道と自転車道を縁石やラインで分けしているが、中にはカラー舗装を用いたり、舗装材の種類を違えて分けしているところがある。しかし、自転車道には様々な種類の舗装材が使われているにもかかわらず、舗装材に関する評価基準はない。²⁾

自転車道に使われる舗装材には、快適な走行性やブレーキをかけたときの安全性などが求められるが、これらを実地する方法や基準は定められていない。

そこで、自転車を製造する時におこなわれる試験方法を応用し、舗装材の走り易さと停止性能の評価を試みた。また、あわせて歩道舗装材として評価を行った。

自転車歩行者道の舗装材としては、歩道などに使われているゴムチップ舗装材に着目したが、ゴムチップ材料の物理的な特性の検討は、舗装材としての評価に結びつかないことから、本研究では、これらの検討を舗装材として必要な物理的特性、自転車通行上の評価、あるいは歩道としての評価にしばって検討することとした。

2. 試験方法

歩道舗装材では、舗装材の快適性や安全性を評価する研究³⁾が行われており、平坦性や滑り抵抗性、あるいは透水性や弾力などが測定されているが、自転車道^{2, 4)}については道路幅や勾配などの構造的な基準が決められているだけで、舗装材そのものは

平坦性があればよいとされている。そこで、自転車歩行者道を評価する方法として、検討項目を次の3つに分類し、ゴムチップ舗装材とアスファルト舗装材について比較検討を行った。

- 1) 舗装材としての検討——強度特性、耐久性、耐候性
- 2) 自転車に対する検討——走行抵抗性、制動性
- 3) 歩行者に対する検討——滑り抵抗性、透水性、弾性

(1) 使用材料と配合

ゴムチップ舗装材の物理特性⁵⁾は、ゴムチップの形状や樹脂の特性によって変化するが、自転車歩行者道では、舗装材の固さが自転車の走行性や歩道の快適性に影響することから、本研究では、ゴムチップの固さを変化させる方法として、ひじき状ゴムチップと粒状ゴムチップの混合割合を変えて固さを調整した。使用したゴムチップは、品質が一番安定し量的に確保しやすい古タイヤのひじき状ゴムチップと、廃棄されたゴルフボールを粉碎した粒状ゴムチップである。ゴムチップの緒元は表-1に示す。樹脂は1液タイプで固化時間が24時間のウレタン樹脂をゴムチップ材料の重量比で35%使用し、表-2に示す4種類の配合で舗装材を作成した。なお、ウレタン樹脂の引張り強さ(フィルム状)は、150kgf/cm²、伸びは300%であった。

表-1 ゴムチップの緒元

形状	寸法	材質	比重
ひじき状ゴム	長さ 4~15mm 形状 φ0.5~2mm	タイヤトレッドゴム	1.10
粒状ゴム	粒径 1~4mm	ゴルフボール	1.15

表-2 ゴムチップ舗装材の重量配合比(%)

配合名	ひじき状ゴムチップ	粒状ゴムチップ
ひじき 100:粒状 0	100	0
ひじき 85:粒状 15	85	15
ひじき 70:粒状 30	70	30
ひじき 50:粒状 50	50	50

(2) 舗装材の物理的な検討

a) 強度特性試験

【試験方法】

ゴムチップ舗装材の検討に必要な強度特性としては、圧縮強さ、引張強さ、曲げ強さなどが考えられるが、アスファルト舗装の上にゴムチップを薄く施工するタイプの舗装では、引張強さが重要になる。

ゴムチップ舗装の引張強さは、チップの形状が影響し、樹脂の接着面積に影響を受ける。また、施工後に養生を1週間程度行うが、屋外では養生期間中あるいは養生直後に急激な気温の影響を受けたりすると、材料の強度が変化する可能性がある。そこで、本実験では過酷なケースを考え、常温で168時間標準養生した材料と、標準養生後さらに70℃の蒸留水に168時間浸せきし強制劣化させた材料の2種類で強度を比較検討した。引張試験は、加硫ゴムの物理試験方法(JIS-K6301)に準拠して行い、いずれの試験もインストロンを用い、試験温度20℃、引張速度500mm/minで行なった。

表-3 標準養生材料の引張強さと伸び

配合名	密度(g/cm ³)	引張強さ(kgf/cm ²)	伸び(%)
ひじき 100:粒状 0	0.65	10.8	83
ひじき 85:粒状 15	0.67	8.5	80
ひじき 70:粒状 30	0.68	7.8	78
ひじき 50:粒状 50	0.69	7.6	75

表-4 強制劣化材料の引張強さと伸び

配合名	密度(g/cm ³)	引張強さ(kgf/cm ²)	伸び(%)
ひじき 100:粒状 0	0.65	10.6	88
ひじき 85:粒状 15	0.67	8.6	82
ひじき 70:粒状 30	0.67	7.6	80
ひじき 50:粒状 50	0.68	7.6	78

【測定結果と考察】

測定結果は表-3, 4に示す。チップの形状が異なる材料を混合した場合、粒状ゴムチップの混合割合が多くなるほど、引張強さが低下し伸びが小さくなる傾向を示した。これは、粒状ゴムチップはゴムチップ同士が点で接着しているが、ひじき状ゴムチップは面で接着していることがその原因であると考えられる。また、強制劣化させた材料は、標準養生の材料と比べて引張強さに差は生じていないが、伸びが大きくなる傾向を示した。

ゴムチップ舗装の引張強さと伸びについての一般的な基準はないが、陸上競技場などのトラック舗装に使われているウレタン、レジン、ゴムチップなどの弾性材料は、国際陸上競技連盟(IAAF)が定めた「屋外用人工トラック材料の施工指針」⁶⁾(以降IAAF基準と呼ぶ)に強度基準が記載されている。IAAFでは舗装材の引張強さを5kgf/cm²以上、切断時の伸びを40%以上と規定しているが、本試験材料はいずれもIAAFの強度基準値を満たしていることから、引張強度特性は満足していると言える。

b) 耐久性試験

【試験方法】

ゴムチップ舗装材は複合材料であることから、舗装材として全体の耐久性を評価することは難しく、適切な試験方法がない。また、ゴムチップ舗装材をウエザーメータにかけて評価しても、物理的な耐久性は評価出来ない。そこで、本試験では物理的な耐久性試験方法として、コンクリートの骨材評価試験に用いられている「ロサンゼルス試験機による粗骨材のすりへり試験方法」(JIS A1121-1976)を準用し、評価を行うこととした。舗装材は厚さ 10mm と 15mm の 2 種類を作成し、5cm×5cm 角に切った供試体を 25 個と、ロサンゼルス試験機で用いる硬球を 6 個入れたドラムを 1000 回転させ、ゴムチップ舗装材の減量を測定した。

表－5 耐久性試験結果(10mm 厚)

配合名	試験前の質量(g)	試験後の質量(g)	減 量 (%)
ひじき 100:粒状0	390.4	389.9	0.13
ひじき 85:粒状15	389.2	388.2	0.26
ひじき 70:粒状30	369.0	368.0	0.27
ひじき 50:粒状50	397.1	395.9	0.30

表－6 耐久性試験結果(15mm 厚)

配合名	試験前の質量(g)	試験後の質量(g)	減 量 (%)
ひじき 100:粒状0	584.7	583.5	0.21
ひじき 85:粒状15	540.7	538.4	0.43
ひじき 70:粒状30	575.4	571.4	0.70
ひじき 50:粒状50	570.7	567.8	0.51

【測定結果と考察】

測定結果は表－5, 6 に示す。測定結果を見ると、厚さ 10mm 及び 15mm の材料とも、いずれの舗装材も減量は 1%以下で、ゴムチップの配合や舗装材の厚さによる違いは認められなかった。従って、ゴムチップ舗装材は通常の利用を行う限りかなり耐久性があると考ええる。

c) 耐候性試験

ゴムチップ舗装材のような複合材料の耐候性を検討する場合、紫外線等による強制劣化を行っても劣化されるのは表面だけで、材料全体の劣化を評価できない。また、ゴムチップの多くは黒色をしていることから、カラー舗装にする場合、表面に塗料を塗布する方法が用いられているが、時間が経過すると気温や紫外線などの影響を受けて色が変化することが多い。また、本研究で使用したゴムチップは、ゴムチップそのものが着色されており、舗装表面に新たな塗料を塗布する必要はないが、このような舗

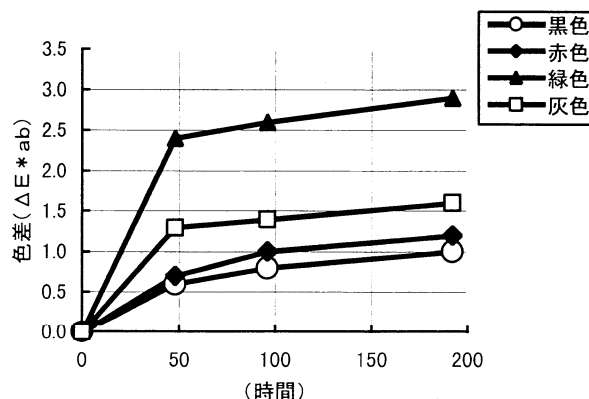
装材の色彩がどのような変化をするかを知ることが重要である。そこで、耐候性試験として紫外線等による舗装材の色彩変化を調べることとし、ウエザーメータを用いて強制劣化させた材料の色彩変化を評価した。

【試験方法】

ゴムチップ材は、着色していない黒色のひじき状ゴムチップ、赤色、緑色、灰色に着色してある粒状ゴムチップの計 4 種類を用い、それぞれ供試体を作成した。強制劣化の方法は、ウエザーメータで紫外線を連続照射しながら 60 分ごとに 12 分間注水するパターンで 192 時間劣化させ、色彩色差計を用い 48 時間後、96 時間後、192 時間経過後の色を測定し、実験前の色を基準に色の変化を色差として式(1)で求めた。色差はこの値が大きいほど当初の色に比べて色彩が変化していることを表している。

$$\Delta E^*ab = \{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2\}^{(1/2)} \quad (1)$$

但し、 ΔL^* 、 Δa^* 、 Δb^* は、未使用時の($L^*a^*b^*$)値と劣化後の($L^*a^*b^*$)値の差から求めた値



図－1 色差の変化量

【測定結果と考察】

測定結果は図－1 に示す。色差の変化を見ると、ゴムチップに着色してある舗装材の色差変化は小さく、コンクリート舗装等に塗布された色彩の測定結果⁷⁾と比べてほとんど変化していないことが分かった。48 時間経過した時点で色差が小さかった色は、黒色、赤色、灰色、緑色の順であったが、最初の 48 時間を初期変化と見て、48 時間経過後の色差を基準にその後の変化を比較すると、色差の変化が少ないのは灰色、黒色、赤色、緑色の順で、有彩色より無彩色の方が変化しにくく、有彩色では緑色よりも赤色の方が変化しにくい結果を得た。

(3) 自転車の安全性や快適性の検討

自転車でゴムチップ舗装上を走行する場合、快適性に関係する要因としては、舗装面と自転車の間に生じる路面の抵抗があり、安全性に関わる要因としては、ブレーキをかけたときの制動距離が挙げられる。しかし、自転車走行の快適性や停止の安全性を評価する方法や基準等がないことから、自転車を製造するときの製造基準を応用できるのではないかと考え、ゴムチップ舗装材上で走行抵抗性試験と制動試験を行った。

a) 走行抵抗性試験

【試験方法】

自転車の走行性を阻害する要因として、自転車の性能以外に体重や体に受ける空気抵抗、タイヤと舗装材の間に生じるころがり抵抗などがあり、ゴムチップ舗装材が、これらの要因にどの程度影響しているかを知る必要がある。そこで、コンクリート舗装上に幅 1m、厚さ 10mm、長さ 10m のゴムチップ舗装材を 4 種類施工し、各種試験を実施した。使用したゴムチップ舗装材の配合は表-2 の通りである。測定に使用した自転車は、軽快車と呼ばれる一般の自転車で、前輪はキャリバーブレーキ、後輪はダイネックスブレーキで、タイヤの空気圧は 3kg/cm² である。なお、自転車の運転者は体重 65kg の男性で行った。

走行抵抗を知るには、自転車と舗装材との間のころがり抵抗を求める必要がある。そこで、本試験では、図-2 に示すような形でころがり抵抗係数を求め、これを用いてころがり抵抗を求めた。

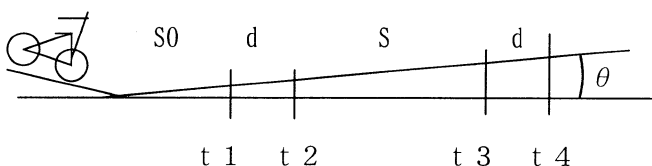


図-2 ころがり抵抗係数の計測方法

測定方法は、一定の角度を持つ斜路から自重だけで動き出した自転車の任意区間の速度を測り、自転車と舗装面のころがり抵抗を次のような式で求めた。

S0 : 助走距離 (一定)

d : スイッチ間隔の距離

S : 減速区間距離

θ : 測定区間の傾斜

W : 全重量 (人の体重 + 自転車の車重) = (mg)

μ_r : 路面のころがり抵抗係数

E1 : 運動エネルギーの減少分

E2 : 摩擦抵抗によるエネルギーの損失

E3 : 路面の傾斜によるエネルギー損失
(位置エネルギーの増減)

として、最初に計測区間の初速を求めると、

$$V1 = d / (t2 - t1) \quad (2)$$

$$V2 = d / (t4 - t3) \quad (3)$$

が得られる。

次に、それぞれのエネルギーを計算すると、

$$E1 = (1/2) \times m \times (V1^2 - V2^2) \quad (4)$$

$$E2 = \text{摩擦力} \times \text{距離} = (\mu_r \times W) \times (S + d) \quad (5)$$

$$E3 = W \times (S + d) \times \sin \theta \quad (6)$$

となり、エネルギーの保存則より、

E1 = E2 + E3 が成り立ち式(7)が求まる。

$$(\mu_r + \sin \theta) \times g = (1/2) \times (V1^2 - V2^2) / (S + d) \quad (7)$$

また、同じ計測区間を逆方向から走行すると、

$$V3 = d / (t2 - t1) \quad (8)$$

$$V4 = d / (t4 - t3) \quad (9)$$

が得られ同様に式(10)が求まる。

$$(\mu_r - \sin \theta) \times g = (1/2) \times (V3^2 - V4^2) / (S + d) \quad (10)$$

(7)+(10)より

$$2 \mu_r = (1/2) \times ((V1^2 - V2^2) + (V3^2 - V4^2)) / ((S + d) \times g)$$

$$\therefore \mu_r = (1/4) \times ((V1^2 - V2^2) + (V3^2 - V4^2)) / ((S + d) \times g) \quad (11)$$

次に、ここで求めたころがり抵抗係数 μ_r から、式(12)でころがり抵抗を求め、式(13)で走行速度に対する空気抵抗値を求めた。なお空気抵抗係数、空気密度は、自転車実用便覧第4版⁸⁾の値を用い、前面面積の値は、自転車実用便覧第5版⁹⁾の値を用いた。

$$\text{ころがり抵抗 (kgf)} = W \times \mu_r \quad (12)$$

$$\text{空気抵抗 (kgf)} = CD \times \rho \times S \times V^2 / 2 \quad (13)$$

但し CD : 空気抵抗係数⁸⁾ = 0.9

ρ : 空気密度⁸⁾ = 0.125 (kgf × m⁻⁴ × s²)

S : 前面面積 (乗員 + 自転車)⁹⁾ = 0.72 (m²)

v : 走行速度 (m/s)

そして、ころがり抵抗と空気抵抗から式(14)により走行抵抗を求めた。

$$\text{走行抵抗} = \text{ころがり抵抗} + \text{空気抵抗 (kgf)} \quad (14)$$

測定は各路面につきそれぞれ5回づつ行った。

【測定結果と考察】

路面のころがり抵抗の測定結果は表-7の通りである。ころがり抵抗は、粒状ゴムチップが多く含まれている材料ほど抵抗が小さく、一番ころがり抵抗の小さいひじき50:粒状50の舗装では、密粒度アスコン舗装に比べ2.6倍の抵抗値を示したが、透水

表－7 ころがり抵抗係数ところがり抵抗

舗装材の種類	μ_r	ころがり抵抗 (kgf)
ひじき 100：粒状0	0.0093	0.706
ひじき 85：粒状15	0.0061	0.465
ひじき 70：粒状30	0.0042	0.318
ひじき 50：粒状50	0.0037	0.279
密粒度アスコン(乾燥)	0.0014	0.109
透水性アスコン(乾燥)	0.0038	0.287

表－8 速度別の空気抵抗⁴⁾

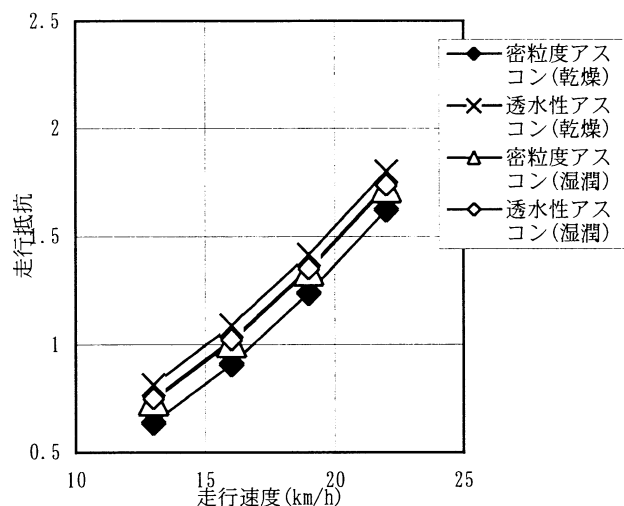
走行速度 (km/h)	空気抵抗 (kgf)
13	0.528
16	0.800
19	1.128
22	1.513

アスコンよりも小さな値を示した。この結果をもとに、表－8 に示す空気抵抗をもとめ、舗装材別の走行抵抗を図－3、4に求めた。ゴムチップ舗装材は、アスファルト舗装に比べてころがり抵抗が大きいことから走行抵抗も大きくなり、走行速度が遅い場合ひじき 50：粒状 50 の舗装材はアスファルト舗装材の 1.3 倍の走行抵抗を示したが、速度が速くなると走行抵抗が 1.1 倍程度になり負荷が小さくなる結果を得た。また、ゴムチップ舗装材では、ひじき 50：粒状 50 の舗装材が一番走行しやすい材料であった。

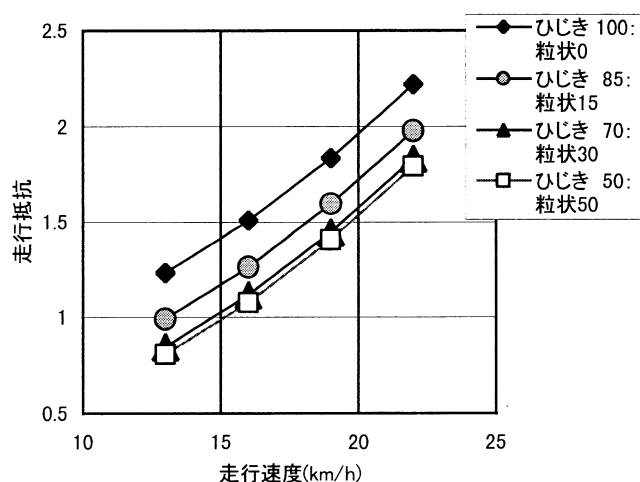
b) 制動試験

【試験方法】

制動試験は、一定速度で走行している自転車がブレーキをかけてから停止するまでの距離で舗装材を評価しようとする方法で、JIS D-9201 の試験方法を用いて検討するものである。制動試験は風の影響をうけることから、本学内で建物に囲まれた場所にあるアスファルト舗装上に、舗装幅 70cm、舗装厚さ 10mm、長さ 50m のゴムチップ試験路を 3 本作り測定を行った。舗装の種類は、アスファルトの路面幅の関係から、表－2 にある配合のうち、ひじき 100：粒状 0、ひじき 70：粒状 30、ひじき 50：粒状 50 の 3 種類で行った。使用した自転車は、前述の軽快車（26 インチ、前輪キャリブ・ブレーキ、後輪ダイナミックブレーキ、歯車距離比 4.89）、とマウンテンバイク（以降 M B T と略す）（26 インチ、前後輪キャリブ・ブレーキ、歯車距離比 5.81）の 2 種類を使用し、試験速度は JIS に定められている歯車距離比から計算し、軽快車 16km/h、M B T 24km/h とした。また、ブレーキの操作方法は JIS の測定方法に準じて前後両輪ブ



図－3 アスコン舗装の走行抵抗性



図－4 ゴムチップ舗装の走行抵抗性

レーキを同時にかけることとし、ブレーキをかけるときのレバー荷重は 150Nで行った。また、路面状態は、乾燥および散水による湿潤状態で行い、各舗装で所定の速度のときに得られた 5 回のデータで検討した。

【測定結果と考察】

測定結果は表－9 に示す。自転車の製造基準ではアスファルト舗装上で 180N 以下のブレーキをかけた場合、制動距離が 5.5m 以下になるように決められているが、本実験では、レバー荷重が 150N の時にいずれの舗装材でも、制動距離が 5.5m を大幅に下回っているため、ゴムチップ舗装材上でブレーキをかけた場合十分な制動性があるといえる。また、ゴムチップ舗装材間で比較すると、ひじき 100% の舗装材が一番制動性が良く、次にひじき 70%、ひじき 50% の舗装材が良い結果を得たが、これをアス

ファルト舗装材の制動性と比較すると、ゴムチップ舗装はアスファルト舗装材より制動性が良い結果を得た。

表－9 制動距離の測定結果 (m)

舗装材の種類	軽快車(16km/h)		MTB(24km/h)	
	乾燥時	湿潤時	乾燥時	湿潤時
ひじき 100：粒状0	1.06	1.41	2.84	2.82
ひじき 70：粒状30	1.36	1.46	2.88	3.01
ひじき 50：粒状50	1.21	1.91	2.57	3.05
密粒度アスコン	1.69	1.69	3.31	4.03
透水性アスコン	2.03	2.03	3.15	3.36

4) 歩行者の安全性や快適性の検討

自転車歩行者道で、利用者の安全性や快適性を考える場合、雨の日の水溜りや、雨の日の滑り、あるいは長時間快適に歩くための弾力性などが評価の対象になる。そこで、本研究では、これらの評価について池田³⁾らが実施した歩きやすさの評価試験に準じて行うこととし、前述の幅1m、長さ10m、厚さ10mmのゴムチップ舗装上で評価を行った。

a) 滑り抵抗性試験

【試験方法】

滑り抵抗性は雨の日の歩行時に問題になるだけでなく、自転車の乗り降り時に生じる靴底と舗装材との滑り抵抗性も関係してくる。そこで、自転車の乗り降りを考え、歩道のすべり抵抗性を測定する SDF テスター¹⁰⁾で乾燥時と湿潤時の静止摩擦係数と、速度が10km/hのときの動摩擦係数を測定した。

表－10 摩擦係数の測定結果 (μ)

舗装材の種類	乾燥時		湿潤時	
	静止摩擦	動摩擦	静止摩擦	動摩擦
ひじき 100：粒状0	1.1	1.32	1.05	0.6
ひじき 85：粒状15	1.3	1.3	1.15	0.67
ひじき 70：粒状30	1.15	1.26	1.05	0.63
ひじき 50：粒状50	1.2	1.23	1.07	0.72

【測定結果と考察】

測定結果は表－10に示す。静止摩擦係数を見ると、乾燥時、湿潤時ともに $\mu=1.0$ 以上の値を示し、安全の目安である $\mu=0.5$ を上回っていた。また、自転車の制動試験(JIS-D-9201 1997)では「試験を行う舗装材のタイヤと試験走路の摩擦係数は0.5以上でなければならない」とされていることから動摩擦係数は $\mu=0.5$ 以上が必要になると考え測定した結果、湿潤時の動摩擦係数は $\mu=0.6$ 以上を示し、十分安全な滑り抵抗性を示した。また、前述のIAAF基準⁶⁾では、ポータブルスキッドレジスタン

ステスターで測定することになっているが、測定した値を摩擦抵抗に換算すると $\mu=0.5$ 以上が基準値になっているが、ゴムチップ舗装材はこれらの基準を満たしていた。

b) 弾性試験

歩道舗装材の弾性評価は難しく、測定方法や評価方法に基準はないが、IAAFには陸上競技場トラック舗装材の弾性基準がある⁶⁾。この測定に使用している試験機は、衝撃吸収率測定試験機と衝撃変位量測定試験機の2種類であるが、適切な歩道用の弾性評価試験機がないことから、本材料もこれらの試験機を用いて評価を行うこととした。衝撃吸収率測定試験では、舗装の上に置いたバネ定数1750～2250KN/mのスプリング上に20kgの重錘を55mmの高さから落下させ、そのときに舗装材をとおして受ける衝撃荷重をロードセルで求め、同様にして求めたコンクリートの衝撃荷重と比較して式(15)で衝撃吸収率を求めた。また衝撃変位量試験は、重錘を落下させて衝撃を受けたときに舗装材が変形する量を測定するもので、試験機の構造は図－5、6に示す。IAAFが定めた舗装材の弾性の範囲は、衝撃吸収率35～50%、衝撃変位量0.6～1.8mmである。

$$\text{衝撃吸収率(\%)} = (1 - F_s / F_c) \times 100 \quad (15)$$

F_s : コンクリート上に舗装材を置いて測定した材料の衝撃荷重

F_c : コンクリートの衝撃荷重

衝撃変位量(mm) = 最初に衝撃を受けたときに舗装材が沈んだ量

表－11 弾性試験結果

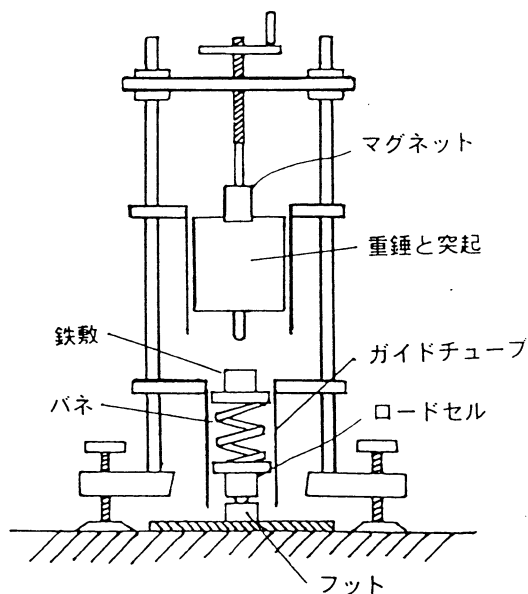
舗装材の種類	衝撃吸収率(%)	衝撃変位量(mm)
ひじき 100：粒状0	48.0	3.30
ひじき 85：粒状15	46.8	3.28
ひじき 70：粒状30	45.4	2.34
ひじき 50：粒状50	42.9	1.57

表－12 各種舗装材の弾性試験測定結果

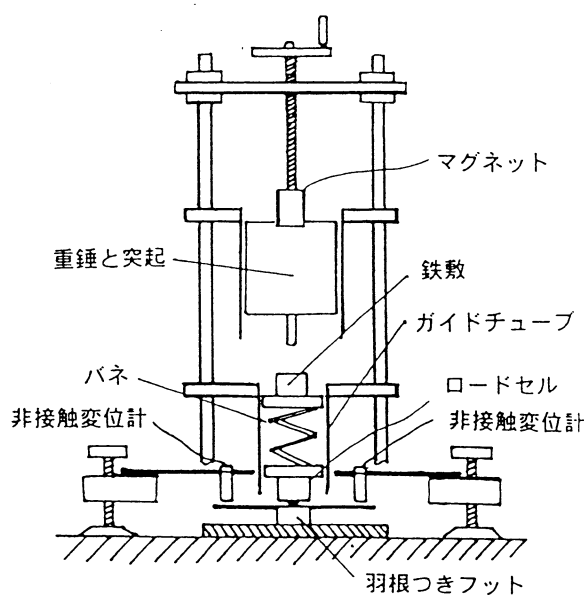
舗装材の種類	衝撃吸収率(%)	衝撃変位量(mm)
天然芝	63.59	3.51
ホッケー用人工芝	45.23	1.74
土系舗装フルド	44.04	0.72
土系舗装トラック	34.33	0.65
レジン舗装トラック	41.7	1.63

【測定結果と考察】

弾性試験の測定結果は、表－11に示す。4種類の配合の中では、ひじき100：粒状0の舗装材が衝撃吸収率、衝撃変位量とも大きな値を示し、ひじき



図一5 衝撃吸収率測定試験機



図一6 衝撃変位置測定試験機

50：粒状50の舗装材が一番小さな値をしめした。また、粒状ゴムチップの混入量が多くなると堅くなり衝撃吸収率が低下し衝撃変位置量が小さくなる結果を得た。また、表-12ではその他の舗装材で測定したデータを示すが、天然芝は芝の葉の構造から大きな衝撃吸収率を示しているが、ゴムチップ舗装材は土系舗装のフィールドと同じ程度の衝撃吸収率を示し、変位置量は土系舗装に比べてかなり大きい。従って、舗装材としては適度な弾性があり変位置量が小さいほうが歩き易いことから、今回測定したゴムチップ舗装でIAAFの基準を満たしているものは、ひじき50：粒状50の舗装材だけであるが、粒状

チップ50～30までの配合は好ましい舗装といえる。
c) 透水性試験

【試験方法】

自転車歩行者道の舗装材は安全性や快適性を考えて、雨の日でも舗装表面に水が貯まりにくい舗装材が求められている。ゴムチップ舗装材は、通常アスコン舗装上に施工されるので、透水性を検討する場合、表層のゴムチップの透水性を評価することになる。舗装材の透水性は、道路公団型の現場簡易透水試験機を使用し、3回の平均値から求めた。

表-13 透水試験結果

舗装材の種類	透 水 時 間(sec)	
	厚さ10mm	厚さ15mm
ひじき 100：粒状0	8.17	8.05
ひじき 85：粒状15	8.05	8.21
ひじき 70：粒状30	7.96	7.84
ひじき 50：粒状50	8.08	8.05

【試験結果および考察】

透水試験の試験結果は表-13の通りである。測定結果を見ると、10mm、15mmの舗装材とも、650ccの水が8秒前後で浸透することから、ゴムチップ舗装材は非常に透水性の高い材料であった。従って、降雨時の自転車走行や歩行では表面に水のたまりにくい舗装といえる。

3. まとめ

自転車歩行者道の舗装材を評価する目的で、古タイヤから作ったヒジキ状ゴムチップと、ゴルフボールから作った粒状ゴムチップを用いて固さの異なるゴムチップ舗装材をつくり、自転車を製造するときの試験方法を用いて、舗装材の性能評価を試みた。また、ゴムチップ舗装材の物理特性や歩行者が利用する場合の安全性や快適性などについて、国際陸上競技連盟が定めた「屋外用人工トラック材料の施工指針」⁶⁾などを参考に検討を行った。

(1) ゴムチップ舗装材は、粒状ゴムチップの割合が増加すると引張強度が小さくなる傾向にあったが、強制劣化試験を行っても著しい強度の低下は認められず耐久性もあり、IAAFの基準も満足する材料であった。また、耐候性として紫外線等による色彩の変化を検討した結果、本材料で作った舗装材は色彩が変化しにくい舗装材であった。

(2) 舗装材の走行抵抗と、ブレーキをかけた時の制動性について、自転車製造の試験方法を用いて検討した結果、これらの試験方法で自転車道の舗装材

の評価が出来ることが分かった。また、走行抵抗が一番小さな舗装材はひじき 50 : 粒状 50 の舗装材で、自転車の速度が遅い時はアスファルト舗装に比べ 1.3 倍の走行抵抗があったが、走行速度が早い 24km/h では 1.1 倍の走行抵抗であった。また、ブレーキの制動性は、ひじき 100% の舗装材が一番良く、ひじき 50 : 粒状 50、ひじき 70 : 粒状 30 の順に良い結果を得たが、これらの舗装材は、いずれもアスファルト舗装材より制動性が良い。

(3) 歩道に利用できる材料として、雨の日の透水性や滑り抵抗性を検討したが、透水性の高い材料であり、湿潤時の滑り抵抗性は $\mu=0.6$ 以上あった。従って、ゴムチップ舗装材は歩道材料としても安全性で快適な材料である。また、弾性を検討した結果、本材料は天然芝と土系舗装の中間の特性を示し、快適な歩行感が得られる材料で、ひじき 50 : 粒状 50 とひじき 70 : 粒状 30 の材料の弾性が好ましい。

4) 以上の結果を総合すると、自転車歩行者道の舗装材としては、ひじき 100% のゴムチップ舗装材より、粒状ゴムチップを 50~30% 混合した舗装材が自転車歩行者道に適した舗装材といえる。

終わりに当たり、ゴムチップ材料の提供をして頂いた俵彩友の原嘉道氏に厚く御礼申し上げる。

参考文献

- 1) 財団法人 自転車道路協会 : Bicycle Society Networks 第 6 号 1998.10
- 2) (社) 日本道路協会 : 自転車道等の設計基準解説, 1996
- 3) 池田拓哉, 谷口聡, 小森谷一志 : 歩行者系舗装の歩きやすさの評価に関する研究, 舗装第 33 巻 4 号, pp4~8, 1998.4
- 4) (財) 自転車道路協会 : 自転車道必携 : 1985
- 5) 牧恒雄, 高橋英一 : 弾性舗装材に関する研究, 東京農業大学農学集報, 第 36 巻 1 号, pp43~57, 1991.8
- 6) IAAF, Performance Specifications for Synthetic Surfaced Athletics Tracks (Outdoor), 1990.1
- 7) 牧恒雄, 竹内康, 小梁川雅 : インターロッキングブロックの色彩に関する研究 : 舗装第 33 巻 6 号, pp24~27, 1998.6
- 8) 自転車実用便覧 第 4 版 (財) 自転車産業振興協会 1982
- 9) 自転車実用便覧 第 5 版 (財) 自転車産業振興協会 1991
- 10) 牧恒雄, 竹内康, 小梁川雅, 安部裕也 : 歩道舗装材の摩擦係数測定試験機に関する研究 : 土木学会舗装工学論文集第 2 巻, pp197~204, 1997.12

STUDY ON EVALUATION OF BICYCLE AND PEDESTIAN TRACK PAVEMENTS

Tsuneo MAKI, Masashi KOYANAGAWA, Yasushi TAKEUCHI,
Katsumi IIDA and Kazuhiro NISHIMURA

Bicycles are used many peoples in town load, but very few studies have been conducted on bicycle track pavement. We evaluated the braking evaluation and tractive resistance for bicycle and pedestrian track on the 4 rubber pieces pavements and 2 asphalt pavements, using of the testing method for the making of bicycles. The skid resistance, elasticity and permeability were examined for the sidewalk evaluation. There was conceded that this testing method was able to evaluate of the pavement materials for bicycle and pedestrian track, and it was the best mix proportion to make the bicycle and pedestrian track, that was Granular rubber=50%~30%.