

G&U

Ground and Underground

G&U Ground and Underground

特集

なぜ、すべるのか？
道路環境の安全を
考える

特集 なぜ、すべるのか？ 道路環境の安全を考える

- 02 **1. 歩道のすべり**
「歩道のすべりの原因とメカニズム、これからの歩道の方方向性について」
東京農業大学地域環境科学部生産環境工学科教授 牧 恒雄氏

- 10 **2. 車道のすべり**
「舗装のすべりを考える」
独立行政法人土木研究所
つくば中央研究所道路技術研究グループ舗装チーム主任研究員 寺田 剛氏

- 16 「舗装の技術開発におけるすべりの問題」
株式会社NIPPOコーポレーション技術研究所研究第三室長(工学博士) 井原 務氏

- 22 **3. 歩道の安全を考える**
「弱者の立場から歩く空間づくりを発想する」
タウンクリエイター代表/都市プランナー 松村 みち子氏

- 28 **4. マンホールのすべり**
「マンホールふたのすべりについて」
株式会社G&U技術研究センター

- 38 **5. すべりを測る**
「すべり抵抗の測定で世界に挑んだ男」
日邦産業株式会社代表取締役社長 安部 裕也氏

- 42 **6. タイヤのすべり**
「二輪車を中心にタイヤのすべりを考える」
株式会社ブリヂストンMCタイヤ開発部部长 戸村 敦次氏

- 48 **コラム**
「技術が靴底に描く地図を読み解く」
ミズノ株式会社商品開発本部技術開発部フットウェア開発課副主事 荒木 研史氏
「テニスとコートサーフェースの話」
青森大学硬式テニス部部长・監督 塚本 新治氏

聞き手/中川幸男(株式会社G&U技術研究センター代表取締役所長)
田中 博(株式会社G&U技術研究センター常務取締役)



なぜ、すべるのか？

生活道路から高速道路まで、道路はそれぞれの役割を担って、さまざまな自然環境、地域・経済社会を網羅する。かつて人や車を通すための道路から、利便性や耐久性に向かった時代を経て、道路環境としての安全性が求められる時を迎えている。その中でも、二輪車によるスリップ事故や、歩行者の転倒事故など、これまで顕在化していなかった道路の「すべり」が最近、クローズアップされるようになって来た。

道路は、なぜ、すべるのか——。
その原因とメカニズムを探り、すべりに関係するそれぞれの現場で分析を行い、これからの道路環境の安全を考えていく。



1 歩道のすべりの原因とメカニズム、これからの歩道の方方向性について



東京農業大学
地域環境科学部生産環境工学科／総合研究所教授
牧恒雄さん

歩いている時、人は無意識のうちに足を動かし、体を移動させている。しかし時には、すべったりつまずいたり、転んだりすることもある。これらはこういった条件下で、どのようなメカニズムで起こるのだろうか。人が歩く空間としての歩道の機能と安全性、快適性や環境問題について、東京農業大学教授の牧恒雄さんに話を聞いた。

人はなぜ、すべるのか

——最初に、すべりとは何かという、原理的なことからお聞きしたいと思います。
牧 なぜ人はすべるのか、というところからお話ししましょう。人が歩いたり走ったりする行為は摩擦に関係し、すべりも摩擦の中から生まれてくる概念です。すべりは、道路でいえば車道とタイヤ、歩道でいえば舗装材と靴の間に生じます。人はどう歩くと前に進むのか、どう歩いたらすべるのか。これはかなり昔から研究されていて、バイオメカニクス（人体の動きで筋肉や足裏圧力などにどのような生物学的構造変化が生じるかを研究している分野）でも多く研究されています。

人が歩いていてすべるには、いろいろな要因が重なります。歩く時、人間は2足歩行をしているので、足をスイングさせて最初にかかとの部分を地面につけます。次に体を前方に移動しながら足裏全体が地面に着いて、体全体の重

心も前に移動します。次にかかとを持ち上げ、つま先部分が地面を蹴って前に進むわけです。これを交互に繰り返している。このように歩行時の足の動きには3つの段階があります。当然屋外では、人の足裏と舗装の間には靴が介在しているので、靴と舗装の間で適度な摩擦が生じており、すべらないように歩けるわけです。しかし、雪道などのように、表面が凍っていてすべりやすい場合は、歩き方も違ってきます。勢いよく足をスイングさせないで、最初から足裏全体が地面に着地するように歩きます。そうすることで接地面積も増えて、すべらずに重心の移動ができるので、安心して歩けるのです。人間は本能的に体の中ですべりが分かっており、自然に雪道で安全な歩き方をしている。そう考えると、すべりというのはそんなに難しいことではないとも言えますね。

日頃の生活の中で考えると、室内で

は基本的にすべる現象は起きません。というのは、すべるには床材との間に潤滑剤が介在して、摩擦抵抗が小さくなった時にすべるからです。したがって、床材の上には水や油などがまかれていないという前提です。床材の保護のためにワックスを塗るというのは、わざわざすべりやすくしているということになりますね。ところが歩道では、雨や雪が降ったり乾燥していたり、多種多様な状況下にあるので、内装材の床と、歩道あるいは車道とでは、すべりに対する考え方が違って来るわけです。

すべり現象をミクロ的に見ると、舗装面は平滑でないので凹凸があります。そこに靴底が当たると靴底材料は舗装より軟らかいので凹凸に食い込みます。靴底を動かすということは、舗装面の凹凸を靴底で引っかくことになるので摩擦が起こります。これで靴底が減ってくる。このように、歩くということは、靴底材料を細かく引きちぎりながら摩擦抵抗を得ているので、すべらないで歩けるといえます。もし、引っかかるものがなかったら、歩けないでしょうね。

もう少し詳しく言うと、スケートですべるような動作や、走行中の車がブレーキを踏むとロックされたタイヤが路面をすべる現象は、摩擦の中でも動摩擦とされています。人間が足を交互に

出して歩く、車がタイヤを回転させて動き始める時は、これは静止摩擦が必要です。同じように摩擦と呼ばれていても、この2つはまったく違う動きをします。運動も理論的には1つ1つは静止摩擦です。例えばテニスをする時、コートが全くすべらなかつたら、つらいものがありますね。テニスの靴はコート上で、すべりも必要ですし、踏ん張る力も必要です。ここでは、動摩擦と静止摩擦の両方が必要です。

場所や対象によってすべりの考え方は違ってくる

このように、摩擦という現象は、それぞれの条件に応じて考えなければならぬものなのです。ですから、歩道の摩擦係数を考える場合も、若い人やお年寄り、急いでいる人やゆっくり散歩を楽しんでいる人、ジョギングシューズや革靴、サンダルの人など、さまざまな条件を頭に入れておかなければならないと思います。すべりのメカニズム自体は単純ですが、どういう場所で何を対象にして、すべりを考えていくのかというところが、すべりの問題の難しいところです。

——ころがりとは、どう考えればいいのか。

牧 ものが移動する時、摩擦がなけれ

ば理論上は永久に動き続けます。しかし、氷の上でも実際は摩擦が生じているので少しずつ止まっていきます。自転車はタイヤがスムーズにころがった方がよさそうですね。しかし、動き始めるには、摩擦がないと動きませんし、動き始めると楽に転がるはずですが、人の体重も加わり、実際はタイヤと路面の間に摩擦が生じて、抵抗になります。また、靴と舗装の間に細かい砂などがあると砂が回転してころがりが発生します。ころがりとは摩擦は、自転車をこぐ時のように、それぞれ抵抗として働くこともあります。

——牧先生はバリアフリーの研究もされていますが、歩道のつまずきは、すべりや摩擦係数も関係しているのですか。
牧 摩擦係数が大きいとつまずくはずですが、この歩道は摩擦係数が大きすぎで歩けないね、という話は聞きませんね。摩擦係数をなぜ測るかと言えば、すべる方を測るだけでよい、という考え方です。つまずくのは、むしろ段差ですね。凹凸の方でつまずきます。

私の最初のテーマは、人が快適に歩くにはどうしたらよいか、ということでした。でも、快適とは何か。何をもちて快適と評価するのか。それはそれぞれ人によって違いますね。快適性の要因を調べると、500人いれば500通りの要因

1 歩道のすべりの原因とメカニズム、 これからの歩道の方向性について

がある。ところが、不快適さの要因を求めると、何を研究すればよいか見えてくる。誰でも水が溜まったり、すべりやすかったり、凸凹のある道路はイヤですね。快適性を追いかけるより、みんなが不快適に思うものをなくしていくと、それが快適につながるのではないかと考えたのが研究の転換になりました。すべりの問題も、どの程度すべると安全ではなく

なという観点で、研究を行いました。

——ところで、歩道の研究はどういうきっかけで始められたのですか。
牧 私は東京農業大学の教員ですから、普通はなぜ農大で歩道の研究なのかと思いますよね。でも農業分野でも道路をつくっています。国交省が道路をつくれれば国道になるし、農水省がつくれば農道になる。農業土木という分野があって、私も道路の研究をしていたのですが、道路の研究者には工学部の本

職の方がたくさんおられる。そこで、あまり研究されていない分野の歩道を研究したわけです。当時は、車道工事の最後になって、バタバタとつくられるのが歩道でした。しかし、最近では住環境、都市景観、歩行者の安全などが議論さ

れ、歩道というのはまちの大事な空間であり、公共空間である歩道を快適に整備することによって人が集まり、まちの活性化につながるということで、今ではそういった取り組みが大いに注目を集めていますね。

さまざまなすべりの問題

——二輪車がマンホールふたの上ですべりやすいと言われるように、歩道でも雨の日や坂道などで、歩行者がマンホールふたですべったという話も聞かれるようになりましたが。

牧 そういった話は昔からあって、各地で話を聞きます。例えば、エスカレーターの話をししましょう。今までエスカレーターは室内用で、建物の中にしか設置されていませんでしたが、最近外で使われることが多く、エスカレーターの上ですべるかすべらないかという議論が必要になってきました。ある大手メーカーが屋外にエスカレーターをつくった時に、私も参加して、すべりに問題がないか安全性をチェックしました。エスカレーターのステップに溝をつけたが、それがすべる。それを改良して、安全な形状の溝にしました。また、乗り降りの際の金属板も、形状をいろいろ変えてすべりのチェ

ックをしました。歩道のマンホールは、昔から使われていますが、ふたのすべりの検討が必要と考えている人は、意外と少ないかもしれませんね。マンホールのふたですべてケガをしたという人の割合が、どの程度あるのかは知りませんが、そういう意味でも、詳しい調査をしなければならないと思います。

大阪の通天閣の下で転んだ女性が、大阪市を相手取って裁判を起こしたことがありますが、今後公共空間で使われるものは、すべて訴訟の対象になることは間違いありません。私も裁判所に依頼されて、すべりの鑑定を行ったことがあります。道路工事現場で、誘導用の仮設のビニールシートの上を歩いて転んだもので、当日は気温5℃で雨が降っていました。農大の大型冷蔵庫を使って5℃の状況を再現し、すべりの試験を行いました。日本では訴

訟事例は少ないとは思いますが、これからどうかたちで安全性を担保していくかということは、とても大事なことです。

国立競技場の走路の弾力性や反発性をチェックしたこともあります。競技場はどこも同じと思われるかもしれませんが、100m走で世界記録が出る競技場と出ない競技場では、舗装の固さが違います。世界記録が出るような競技場では、トラックが固くて高校生などが競技会をすると、足を痛める可能性もあります。国際陸連ではすべりの測定も行っています。オリンピックで、ハイジャンプで実力のある選手が、何度チャレンジしてもタイミングが合わなくて失敗するのを見ました。理由を考えると、競技中は晴れていたのですが、午前中に雨が降っていた。路面が完全に乾いていない状態で競技を行ったので、いつもの感覚で助走することができず、踏み切りのタイミングが合わなかったようです。つまり、静止時の摩擦係数だけではなく、速度によって摩擦係数が違うということです。ハイジャンプも徐々に助走し、最高速度の時に踏ん張りエネルギーを高さ方向に誘導するわけですから、速度が遅い時の摩擦係数はいつもの感覚であっても、速度が最高になった時に摩擦係数が急に低くなり、跳べなかったということですね。これはス

ポーツばかりでなく、歩く速度にも関係してくる重要な問題ですが、あまり研究している人はいませんね。

——歩道のすべりはどのように測定されているのですか。

牧 すべりは摩擦係数 μ （ミュー）を測るのが誰にでも分かりやすい値です。人が歩き出す時と、歩いている時では摩擦係数は異なるので、静止摩擦と動摩擦を測ることにしています。測定機として、BPST（英国式ポータブル・スキッドレジスタンス・テスター）が長年使われていますが、地面が傾いていると測定できないし、測定範囲の設定も個人差が出ます。

世界中に摩擦係数の測定機はおおよそ80種あると言われています。が、まだどれも世界の規格になっていません。

機能性、環境面から歩道を考える

——歩道には最近、インターロッキングブロック***注-1**などがよく使われていますが、こうしたブロック材も含めて、すべりのほかに問題になっていることは何かありますか。

牧 今、歩道の機能として求められていることの1つに、平坦性があります。平板やインターロッキングなどのブロッ



雨の日の屋外エスカレーター。濡れていると、乗り降りがかよっと不安だ（福岡ヤフードーム）



グローバルスタンダードがないという状況なのです。

クは、目地、段差などが議論になります。平坦性は、バリアフリーのまちづくりには必要なものです。次に、排水性・透水

*注-1 インターロッキング（舗装）
幾何形状に製造されたコンクリートブロックを直接地盤の上に敷き並べて、ブロック相互のかみ合わせにより荷重分散を図る舗装。ブロックの形状や色の組み合わせで種々のデザインが可能。

歩道における不快適な要因

舗装に凹凸がある

舗装に水が溜まる

雨が降るとすべりやすい

夏に照り返しがある

長時間歩くと疲れる

など

1 歩道のすべりの原因とメカニズム、 これからの歩道の方向性について



車イス振動試験



インターロッキング舗装

性が議論になっています。歩道に水溜りはない方がいいわけです。歩道は、一般的に横断方向に勾配を設けて排水しています。しかし、面積が広いと排水しきれないので、歩道の真ん中にグレーチング(溝)を入れているところもあります。都市の環境を考えた時、雨を地中に戻すことは重要です。舗装面の雨が透水して、地下水になればいいのですが、なかなかそうはうまくいかない。舗装の下に水が回ると路盤の支持力がなくなります。ドイツなどの透水性インターロッキングは、初めから透水させるということでブロック自体を大きくし

て強度を持たせ、目地には砂ではなく5ミリの砕石を入れて構造的に透水させています。ブロックが大きいと車が通ってもOKということですね。日本ではブロック自体に透水性を持たせ、水を浸透させる方向で議論しています。

また、都市温暖化では、アスファルト舗装は黒いので蓄熱し、それが夜間放射熱となって出て行くことが問題です。だから、蓄熱させないようにブロックに保水性を持たせ、水が蒸発する時の気化熱を利用して温度を下げる保水ブロックや、舗装の下に貯水層を設け、水が表面に揚がる機能が強い揚水プロ

ックなどもつくっています。

環境系の話では、舗装の色が問題ですね。太陽光をはね返し舗装に蓄熱させないために白く塗ると、照り返しの問題が出てきます。それから、本当に考えなければならないのは、視覚障害を持っている人たちのことです。白いきれいな御影石で歩道をつくった時、そこに黄色い誘導板は景観を壊すので…という話があります。しかし、舗装材の色と誘導板の色の間に、明るさの差がないと、障害を持った人にはよく見えないということです。この対策として輝度比(きどひ) ***注-2** が検討されています。

あとは、舗装材の弾力性。弾力性舗装材は、一般の歩道ではコストが高くて用いるのは厳しい舗装です。歩道橋の上など、音の問題が発生する場所では使っています。名古屋や札幌など幅の広い歩道でも、半分はゴムチップを使い、半分はブロックというのがありますが、見てみると確かに人は歩きやすい方を歩いていますね。その一方で、ハイヒールの人は足首をひねりやすくなるので、歩きにくいとされています。全員がすべてOKという舗装ではありません。歩道では、こうしたさまざまな問題点が議論されています。

——歩道の平坦性を測る器具というのはあるのですか。

牧 今、インターロッキングブロック舗装技術協会で基準をつくっているところですが、平坦性を測る精密な機械もつくろうと思えばつくれるが、コストが高くなり普及するのが難しくなります。実は、私は製図器のドラフターで試験機をつくったことがあります。全路線の平坦性を測らなくても、一定の面を測ればいいとの考え方で、歩道の1区画四方を縦・横・斜めの3方向で平坦性を測り、標準偏差を求めて検討したことがあります。結構、コストも安く押さえられるので、今また見直されているようです。

——歩道の平坦性には基準や目標

値はないのですか。

牧 ありません。車道は決

まっていますが、歩道には乗り入れ部があったり単一ではないので難しいですね。でも、施工する際、品質を確保するための出来形管理には必要ですね。

——歩道は、車との兼ね合いで歩道に勾配をつけて、それがいくつも波を打ったように続いていることがありますが、最近歩道の縁石を下げる傾向にあると聞きましたが。

牧 縁石の高さは交通安全上の問題で、全部の歩道にガードレールがあるわけではありませんので、車が突っ込んできた時に歩行者を保護する役目を持っています。また、ガードレールと間違いやすいのが、人が車道に出ないための防護柵で、車の突入を防ぐことはできません。ガードレールは柱が抜けながら衝突のエネルギーを吸収し車を止める構造になっています。そこで、せめて車が乗り上げにくくするために、縁石を高くしようということが行われているのです。また、今はバリアフリーの観点から、歩道全体を低くして段差をなくするという考え方が出てきています。それから、都市部では街路樹をガードレール代わりに使っているところがありますね。



車道より高い歩道と防護柵(中学校横の歩道)

ガードレールとガードレールの間に、低木の植物を入れて、飛び出しの防護柵にしている。これらは本来の目的を果たしているわけではありませんが、緑の多い街づくりに貢献していると考えれば、それはそれでいいかなと思います。道路構造令の見直しから、歩道にも少しずつよい影響が出ているのではないかと思います。

——歩道のほかに、研究室ではどんなことに取り組まれているのですか。

牧 今は、バイオマスエネルギー ***注-3** の研究をやっています。地球の温暖化など、エネルギー問題は深刻です。私は農大ですから、バイオマスエネルギーセンターをつくり、農業の生産物で食べ

***注-2 輝度**
光源の光の強さや表面から反射される光の強さなど光の強さを表わす。

***注-3 バイオマスエネルギー**
生物体(バイオマス)から得られる自然界の循環型エネルギー。木や生ごみ、動物の糞尿などに含まれる炭素や水素を、発酵・分解・燃焼することによってエネルギーを取り出す。基本的に大気中の二酸化炭素濃度を上昇させることがない。再生される範囲内で利用すれば、地球温暖化防止にも非常に有効なエネルギー。

1 歩道のすべりの原因とメカニズム、 これからの歩道の方向性について

られない部分や、生ごみ、間伐材などの有機物資源を使って、地域分散型で効率のよいエネルギー化システムを研究しています。また、リサイクル研究センターでは、生ごみを肥料にする資源化システムや、樹木ごみを舗装材として利用しながら土に返すシステムを開発しました。例えば公園には樹木がありますね。これをせん定した時に、切り落とした枝をごみとして燃やしてしまえばCO₂がたくさん出る。しかし、それをごみとして燃やさないでチップにして発酵させて堆肥化し、ウレタン樹脂で固めて舗装材にするのです。土の上に直接施工すると、4、5年で樹木チップもウレタン樹脂も微生物によって分解され、徐々に土に還ります。もともと土から育ったものですから、不要なものは土に還すという舗装です。大学構内にはほかに、廃タイヤチップを使った弾性が違う舗装路や、走行している車のスピードを落とさせるために、ハンブ

***注-4** をゴムチップでつくったものもあります。

***注-4** ハンブ
道路の整備手法のひとつで、こぶ、起伏、土地の隆起の意。路上の横断方向に幅3～5㍍、高さ10～15㍍程度の出っ張りをつけることで、運転者にスピードの低下を促す。舗装の色や素材だけを変えて、心理的な効果を狙うイメージハンブもある。



せん定した枝をごみにせず、樹木チップの舗装材にした



廃タイヤチップを使った弾性が異なる3舗装路

これからのマンホールふたに期待される役割とは

——マンホールふたは、周りの道路と全く違う構造物ですが、すべり摩擦係数なども含めて、どうあるべきと考えられますか。

牧 そうですね。兵庫県の西宮神社の十日えびすに「開門神事福男選び」というのがありまして、朝、神社の表大門が開かれると同時に、待ち構えた参拝者が本殿への走り参りを行い、福男を選ぶお祭りです。ところが、走っている男たちが曲がり角にさしかかると必ず転ぶ場面がテレビで放映されるのです。

テレビ局が調べたがよく分からない、そこで私のところに話がきました。参道は最初はコンクリートですが、右に曲がると石畳になっていました。人間の体というのは、100㍍くらいでもコンクリートの路面に慣れて走ると、曲がって石畳に入った時に、摩擦係数が違うのでバランスを崩してしまう。つまり、摩擦係数が急に変わると安全な摩擦係数を持つ路面であっても、体がすぐにはなじまずに転んでしまう、ということです。

マンホールのはたは鋳物などの材料

でつくられますが、摩擦係数を高くするために表面に溝を切りますね。これは一見すると凹凸があるように見えますが、溝を切って残った面全体が平らならば、摩擦係数はあまり向上しません。いくらきれいな模様を入れても、それはデザインであって、摩擦係数から見ると何の役にもたないということにもなりますね。マンホールふたのすべり問題を考える時には、できるだけ近隣の摩擦係数に近いものを使うこと、表面の平らな面積をなるべく減らすことなどを考えた工夫が必要だと思います。簡単だけど、なかなか難しいですね。

——マンホールふたの安全性能に加えて、これから期待される役割について、お聞かせ下さい。

牧 マンホールのはたに関しては、歴史があるわりにそんなに進歩していないという印象がありますね。デザインにしても、外国と日本を比べると、日本のマンホールのはたはやり過ぎだと思う。観光とか地域のデザインなどより、「大事なインフラだから気をつけてね」ということが分かった方がよいと考えています。

——観光や地域のシンボリックなデザインは、国が盛んに奨励した時期があって、スリップなどの安全性などはあまり考えずに、そういう方向に走ってしま

ったというのがあります。特に下水のはたは目立たないから住民にアピールしようと、全国的にいろんなデザインが出現しました。

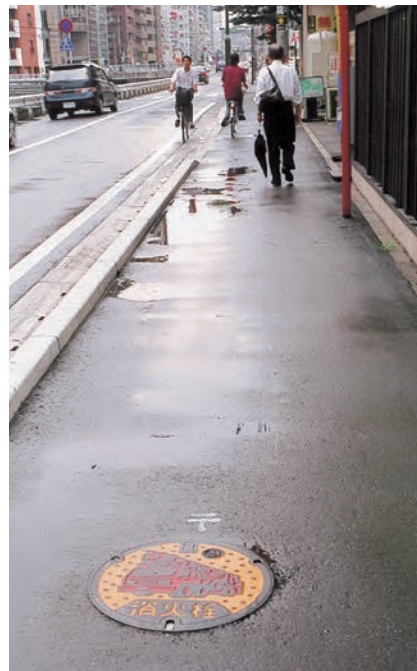
牧 マンホールのはたも、まちのサインとして使うと、非常に発展性があると思いますよ。例えば、「こっちに逃げたら安全だよ」とか、「こっちの方向に行ったらバリアフリーゾーンだから、車イスの人も安心して通れるよ」といったサインをマンホールふたが表示すると、足元にあるから分かりやすい。街路にはいろんな標識がたくさん立っていますね。子どもやお年寄り、車イスの人も全員が標識を見るわけではないですね。注意は黄色、危険は赤とか、そういうものが歩道の上にあっていいと思います。そうすれば、景観的にも問題になっている標識も減ると考えています。あとは視認性ですね。通る人もマンホールのはたが目立たないから、気をつけずにサッと歩いて転んでしまうということもあるのではないのでしょうか。

まちの景観も、ユニバーサルデザインの観点から考えると、何かに特定されたサインというよりも、誰でも分かるようなデザインを提案して、そんな中で緑色の方にくと安全だよ、広域避難場所があるなどの、ひと目で分かるようなサインにしていくのが、方向性と

してはよいのではないかという気がします。

——マンホールふたがサインという目的性を持った用途として使われるということは、あまりありません。

牧 歩道上にサインを描くという概念がないからでしょう。横断歩道のマークはありますが、あれは人のためではなく、車のためにあるわけですから。そういう意味では、歩道に歩行者のための身近なサインがあってもいいはずですし、そのためにマンホールふたが活用されるのもいいことではないかと思いますよ。



よく目立つが、景観的な配慮が必要

2 舗装のすべりを考える



独立行政法人 土木研究所 つくば中央研究所
道路技術研究グループ 舗装チーム主任研究員
寺田 剛さん

舗装の性能指標では「技術基準」として、必要に応じ、「すべり抵抗」を追加すると規定されている。舗装において、すべりはどのように位置づけられ、問題点や課題はどこにあり、どのような研究が行われているのだろうか。独立行政法人土木研究所・つくば中央研究所道路技術研究グループ舗装チームの寺田剛さんに話を聞いた。

すべり抵抗値とすべりの測定

——寺田さんが所属する土木研究所舗装チームでは、すべりも含め、どんな課題に取り組んでいるのですか。

寺田 舗装チームでは舗装の性能評価、設計法、マネジメント、環境舗装等の研究を行っています。私は主に今は、舗装の性能評価方法に関する研究をしています。舗装では、平成13(2001)年に性能評価に対する技術基準値ができました。破壊、塑性変形輪数、平坦性、透水性の4つについての基準値が示されたのですが、それ以外の技術基準には入っていないけれども、利用者が望む性能があります。すべりや騒音、その他にも骨材飛散などありますが、それら技術基準に入っていない性能の評価法、測定方法、基準値の提案が当面の研究課題です。

すべり抵抗値*注-1を正確に測るには、主にすべり測定車*注-2が使われます。しかし、実車は大きくて簡単に測れ

ないので、簡易なDFテスターも採用し、この2つを使った測定の結果をもとに、すべりにおける舗装性能評価法を提案しました。今回の提案は道路協会図書なので、法律ではなく、あくまでも指標。ですから、全部これでやってくれというものではありません。

——実際の車道でのすべり、スリップ事故などについて、問題として上がって来たものが集約されたデータというのは、何かあるのでしょうか。

寺田 最近のデータはないのですが、旧道路公団の昭和45(1970)年のデータで0.25を下回った箇所において、事故率が高くなった事例の文献が1つあります。

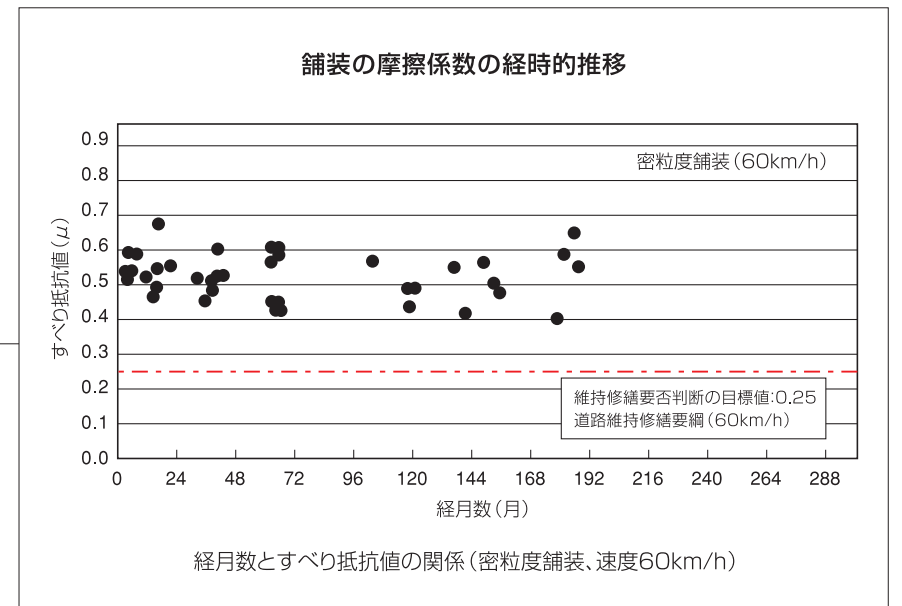
——ところで、すべりの目標値を決めた根拠というのはどこにあるのでしょうか。

寺田 道路維持修繕要綱に定められている数字です。維持修繕要否判断の目標値をどうやって0.25と決めたのか、

私も調べたのですが、根拠はわからなかった。東名高速道路における管理実態調査の結果がありますが、その結果では、特にすべり抵抗に起因する事故は起こっていません。

——0.25というのは、維持管理の目標値で舗装のすべり抵抗では下限の数値だと思うのですが、これには実体があるというか、問題なくクリアできる数字ですか。

寺田 問題ないと思います。旧道路公団で今日まで30年以上定期的な測定が行われ、すべり摩擦係数0.25で管理していますが、管理上特に問題は出ておらず、概ね妥当と判断されています。また、性能評価に関連して全国の直轄国道で調べた結果があるのですが、密粒舗装で0.55くらい。180カ月たっても、だいたい同じくらいの数字が出るんですよ。0.5前後はあるから、数字的には



全然問題ないわけです。

——例えば、すべり抵抗の数値の差というのは、実際に車を運転していて感じるものでしょうか。

寺田 そんなに大きな違いはないと思いますが、60*で車を運転している時に、すべり抵抗が0.35だと制動停止に10*かかり、0.4だと7.5*というデータがあります。

——舗装で摩擦係数を最大にしようとする、という方法で、どれくらいの数字が出るものなのでしょうか。

寺田 表面をザラザラにすればいいのです。舗装路面に接着材として樹脂系結合材料を塗布し、硬質骨材を散布し

接着させザラザラに表面処理をする。

舗装の表面に塗り着けて、上に一枚乗せるわけです。すべり止め舗装として既に数多く施工されています。交差点や急な坂道、カーブなどで使いますが、すべり摩擦係数で0.8くらいは出ます。

できるだけ摩擦係数を高くしたいと、当然みんなやっているわけです。例えば、表面をヤスリのようにして、摩擦を極端に大きくすることもできますが、ブレーキをかけた時に車がキュッと止まると、運転している人は怖いでしょうね。でも、すぐに削られてしまって、耐久性はありません。すべりにくくするためにカーブや坂道などですべり抵抗を高くした材料を使うと、最初は高いのですが、経年変化とともに、結局は耐久性は



交差点に施工されたすべり止め舗装

*注-1 すべり抵抗値
舗装面と車のタイヤ等との間に発生する摩擦抵抗値。摩擦抵抗が大きければ車はスリップしにくくなり、小さければスリップしやすくなる。測定は、路面に1*の水の皮膜をつくって行われる。

*注-2 すべり測定車
実物大の車輪を牽引して、車輪をロックした時の摩擦係数を測定する。車道舗装のすべり抵抗の評価法として、ASTM(米国材料試験協会)でも規定されているが、機材が非常に高価で、台数が限定しているなど難点がある。

独立行政法人 土木研究所 土木技術に関する調査、試験、研究及び開発並びに指導及び成果の普及等を行うことを目的とした我が国の中核的な研究拠点。つくば中央研究所、寒地土木研究所、水災害・リスクマネジメント国際センターがある。

2-1 舗装のすべりを考える



舗装のすべり抵抗値を評価するための装置。すべり抵抗測定車（左）とDFテスター（右）

右下がりになっていく。半永久的ではないのです。

—— すべり抵抗の評価は、測定車とDFテスターを採用されたということでしたが。

寺田 日本道路協会の舗装性能評価法には、実車を用いて直接的に舗装のすべり摩擦係数を評価できるすべり抵抗測定車と、性能規定発注方式の性

能指標として実績のある動的摩擦係数が測定できるDFテスターの2つを、舗装のすべり抵抗値を評価できる装置、測定方法として採用しました。

これまでの実績があるすべり抵抗測定車に加え、今回新たにDFテスターを採用したのですが、そもそもDFテスターは、路面上で回転している状態で求める動的摩擦係数、測定車はタイヤが

ロックした状態でのすべり摩擦係数と、測っているものが違うんですね。この2つの測定から得られたデータを比較すると、速度によって相関性にバラつきが見られましたが、時速40～60km/hでは安定した相関が見られました。20km/hの低い速度や80km/hの高い速度で相関が悪かったのは、両者の測定機構の違いから見られるもので、DFテスターは、90km/hまでスピードを上げてから回転盤を落として減速によりすべり抵抗を測る機構の装置。ですから、回転板落下直後の80km/h、それから20km/hは回転が止まる直前の速度なので、スピードが安定していないことが原因ではないかと思われます。

—— 温度など、測定時の条件によって、すべり抵抗値は違ってくるものですか。

寺田 温度については影響があるのではないと言われていましたが、実際に確認してみると、極端に結果に影響するものではなかったですね。およそ1%くらいでしょうか。測定は0℃～35℃で行いましたが、1℃差でだいたい0.001から最大で0.002くらいの差しか出てこなかった。30℃変化しても、0.06くらいですね。これは0℃～35℃の範囲のことで、これが0℃以下になると凍るので全く別の問題になります。

すべりと舗装の材料、白線やマンホールふた

—— 舗装のすべりのメカニズムはわかっているのですか。

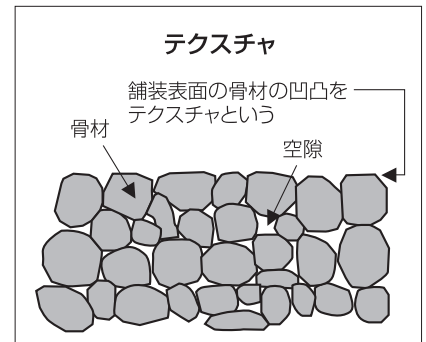
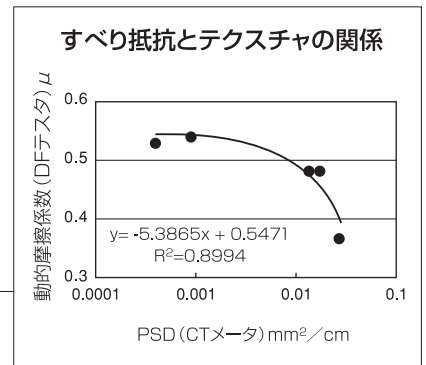
寺田 定形というのはないのですが、すべりの要因と考えられているのが表面のテクスチャです。これは舗装表面のデコボコ状態のことなんですが、材料である骨材や粒径の大きさと量で変わってきます。施工直後は舗装表面にアスファルト皮膜がついているのですべりやすいのですが、アスファルト皮膜がなくなると骨材のデコボコが出てきて、一時的にすべりにくくなり、次第にそれが削られて骨材のとんがりがなくなって、摩耗し丸くなって平らになって、結果すべりやすくなります。

—— テクスチャはどうやって測定するのですか。

寺田 デコボコの表面状態を測定するには、レーザーを使った路面テクスチャ測定装置を用います。縦方向を測るMTMと、くるくる回って円周上を測るCTメーターがあります。すべりは路面のテクスチャに影響されるので、最近の研究では、このテクスチャのデコボコの度合いと、DFテスター等を使ったすべり摩擦係数との総合評価からすべりを評価しようという試みがなされています。舗装路面のテクスチャとすべり抵抗の測定方法に関しては、PIARC（世界道路協会）が平成4（1992）年にヨーロッパで共同実験を行い、IFI（国際摩擦指標）が開発されるなどの研究がなされています。すべり摩擦とテクスチャの関係は、両方で総合的な評価を行い、

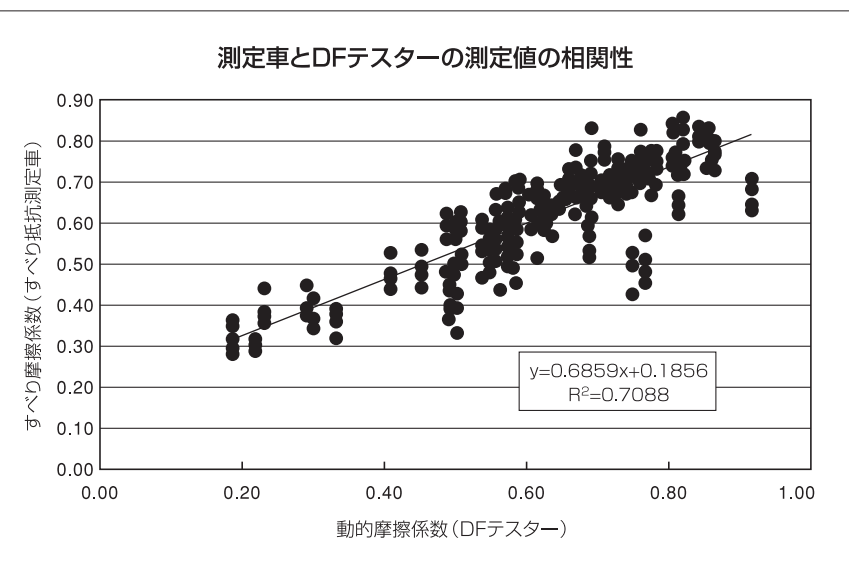
すべりに対する安全性の話を進めていかなければならないと、現在、検討が進められている段階です。—— 同じ舗装といっても、アスファルトとコンクリートなど、材料や材質によって違ってくるものなのでしょう。

寺田 そうですね。コンク



リート舗装は摩擦係数が0.4ちょっとしかない。施工当初から0.45しかないんですが。アスファルト舗装では砂や石を混ぜて層をつくっていきますが、コンクリートはセメントだけで、皮膜もなく、あつまりつ（圧密＝荷重による体積収縮）されていくこともありません。表面が粗くなって騒音が大きくなるとはよく言われますが、そのことがすべりの問題に直結はしていないようです。

アスファルト舗装にも、細かい石や砂を多くして間隙を詰めて接着力を高めた密粒舗装、これが普通の舗装です。それから、細かいものを使わずに石だけで空隙をつかった排水性舗装などがあります。排水性舗装でいうと、初期が0.4、3カ月で最大0.6になり、徐々に下がっていったら、120カ月で0.53という数値が出ています。3種類の舗装を全国の調査で比較してみると、一概には言えませんが、平均していくと同じような



アスファルト舗装の断面図（密粒・排水性）			
↑ 舗装 ↓	密粒舗装		排水性舗装
	密粒アスファルト混合物	密粒アスファルト混合物	ポーラスアスファルト混合物
	密粒アスファルト混合物	アスファルト安定処理	アスファルト安定処理
	砕石	砕石	砕石
	路床	路床	路床

2-1 舗装のすべりを考える

数字が出てくるので、あまり差はないということになります。舗装表面が研磨され、骨材が出てくるという状態に関しては、アスファルトもコンクリートも同じですね。現在の日本の道路舗装では、直轄国道の場合95%はアスファルトが使われています。コンクリートとの違いは一長一短で、耐久性はコンクリートの方が優れているのですが、コストが高く、施工も大変、騒音がする、修繕にも手間と時間がかかる。施工者や管理者にとっては、アスファルトの方が選びやすいということですね。

すべりの問題では、舗装では基本的に水が乗った状態をつくらない、皮膜をつくらない、いかに舗装面に水をためないようにするか、ということを考えます。しかし、日本全国では気象をはじめ環境によって場所によって、それぞれに違い同じパターンではないので、一律に開発することができません。いろんなパターンで目標値を求めていかなければならないところですよ。

――舗装のすべりでは、道路の白線がすべりやすいと言われますが、白線部分の目標値のようなものはありますか。
寺田 基本値をつくりたいとは思いますが、白線というのは、その部分だけです。全部続いていればいいのですが、走っている一瞬です。その一瞬が

怖いということにもなるのですけれども。実感としては、真っ直ぐ走っている時はいいけれど、曲がった時に横になるとすべるのが怖いですね。白線のすべりについても、すべりにくい白線が一部開発もされていますが、全てではありません。舗装面のすべり抵抗に近づけるのが理想ではないかと思えます。
 ―――マンホールふたにもすべりに関する基準値はなくて、アスファルト舗装と同じくらいのレベルが望ましいと言われています。現在は、最低0.4から0.6くらいのすべり抵抗を持たせているのですが、これくらいが舗装の通常レベルの

評価ではないかと考えて出した数字です。できれば舗装に基準値を決めてもらった方が、安全性やレベルを具体的な方向に持っていけるのではないかと、とは思いますね。もっともマンホールふたは、舗装のように複雑ではないというのがありますが。
寺田 そうですね。マンホールのふたというのは、舗装と比べて、大きく変化するものではないし、私個人としては、いくつにすると考えて数値を決めてつくってもいいのではないかと思えますよ。数字的には、舗装の最低ラインをクリアしていればいいのではないのでしょうか。

すべりと舗装の維持管理

――今までのお話から考えると、舗装ではすべりに関して、そう問題はないということになるのでしょうか。
寺田 本当に危ないというのは、すべり抵抗が維持修繕要綱の目標値0.25を下回った時だと思うのですが、ほとんどの箇所はそれより下がってはいません。アスファルトの耐久性は、14、5年で、その間はほぼ0.5という数字は維持されているわけですから。むしろ、すべりが悪くなったから修繕しようということになる前に、他の要因があって打ち替えなど

の修繕が必要になることの方が多いのではないのでしょうか。すべりと事故との関連も数字には出ていませんし、事故がすべりだけではなく、カーブがあったとか見通しが悪いなど、事故が多い、条件の悪い危険地帯では、すべりも抑えるようにしようということになります。
 ―――舗装の維持管理には、いろんな要因があるということですね。
寺田 そうです。例えば、すべりの目標値を基準値にすることを今のところ国土交通省では考えていないのは、基準

値にしてしまうと、そこまでいったら打ち替えなさいということになるからです。その時、果たして打ち替える必要があるのか。すべりの他に、舗装に関して、ひび割れ、摩耗、轍（わだち）掘れ、平坦性などのいずれかに問題点が出た時に、どれをもって打ち替える必要があると判断するのか。例えば、騒音はひどくなったけれど舗装自体はまだ大丈夫とか、ひび割れがひどくなったからといって打ち替える必要があるのかなど、いろいろなケースが出てきます。ニーズや状況に応じた議論が必要で、今、検討中の課題でもあります。

舗装には、MCI（舗装路面維持管理指数）という評価法があります。これは、ひび割れ・轍掘れ・平坦性の3つを取り上げて、それぞれの係数から値を出します。ところが、なぜ3つ一緒なのか、1つ1つじゃないのか、という問題が出てくる。総合的なMCIでいいのかと、いうわけです。舗装の評価は、検討を重ねた上でなされなければならない問題なのです。

また一方で、「そもそも管理基準って、何？」というのがありますね。以前、管理基準は、管理者が管理するための数字だったのが、今は利用者が安全に使うために必要なものになっています。管理者にとっては、悪くなる前に、早め早



PROFILE

てらだ・まさる
 新潟県高田市（現上越市）生まれ。建設省土木研究所化学研究室を経て、現在、独立行政法人土木研究所舗装チーム主任研究員。主として舗装に関する研究・開発に従事。代表的な研究に「資源・エネルギー消費、環境負荷の算定手法の開発と実態調査」「常温型舗装の開発」など。現在の研究テーマは、舗装の性能評価法、冬期路面に関する研究。土木学会舗装工学委員会委員、道路協会舗装性能小委員会幹事。

めにやる維持管理の方が管理はしやすい。が、国民的には、そんな悪くならないのに何故やるんだ、ということになる。そこが難しいですね。数字的な根拠も含めた議論がなされなければならないところであり、また考え方も時代とともに変わってきているわけです。予算があった時は、管理者が管理しやすいやり方でやっていたればよかった。しかし、予算が厳しくなって、やり方も変わってきているのが現状です。
 ―――寺田さんの研究チームでは、舗装の性能評価の他に、管理についても取り組まれているのですね。

寺田 はい。予算が厳しくなって、昔のように新しいものをつくるというよりも、適切に維持修繕していくための管理目標を研究、提案しています。維持修繕を含めた管理目標における項目と数値、その根拠。そして維持するための

具体的な方法。開発や計画、やり方も含めた管理目標に取り組んでいます。
 ―――最後に、すべりに関する海外の動向はどうなっているのでしょうか。
寺田 国によって測定方法も違うし、実車やタイヤも違います。数値にもいろいろ差があって、一概に比較はできません。それに日本でのすべりは、通常縦すべりを対象にしていますが、ヨーロッパなどは横すべりの国もあって、ここでまた考え方が違ってきます。横すべりでは、ハンドルを切った状態でタイヤにロックをかけた時のすべりを測定しています。ハンドルを切ったタイヤの角度によっても測定値は変わってきます。ヨーロッパでも横のすべりの目標値や推奨値がある国もありますが、基準値にはなっていません。日本でも横のすべりの研究も行われてはいますが、管理目標値にはなっていないのが現状です。



2-2 舗装の技術開発におけるすべりの問題

技術開発における研究課題は、その時々^①の社会的な要請を反映している。舗装の技術開発において、すべり対策はどのような過程を経て研究されてきたのか。現在、すべりに対する基準はどのように定められているのか。NIPPOコーポレーションで舗装の材料評価や調査研究に携わる井原務さんに話を聞いた。

舗装の技術開発の変遷

—— 舗装の技術は、歴史的にみてどのように改良されてきたのでしょうか。その中で、すべりについてはどのような取り組みがされてきたのですか。

井原 土瀝青（どれきせい）舗装は、日本では明治40（1907）年から導入されました。舗装の技術は海外から入って来たもので、初期のアスファルトは土瀝青と呼ばれていました。ですから、少なくとも1800年代末頃には、アスファルトによる何らかの舗装技術があったと考えられます。戦前までの舗装の目的は、雨天時の交通の利便が主だったようです。私どもNIPPOコーポレーションの前身である日本舗道は昭和9（1934）年に設立されたのですが、以来、さまざまな技術や工法が開発されてきました。最初の頃は、車道に限っていえば、技術開発の中心は品質の均一性や安定性に関するものでした。その代表的な技術の1つには、碎石粒径が異なる

混合物を次々に敷きならして仕上げるマカダミックス舗装があります。この工法は「アスファルト舗装要綱」（日本道路協会）の昭和50（1975）年度版まで掲載されていました。その後、昭和30年代後半になると耐久的な工法の技術開発に取り組まれるようになりました。

—— 耐久的な工法が技術開発されたというのは、当初、耐久面に問題があったということですか。

井原 そうですね。産業が大型化して交通量が増えてくると、真っ先に問題となったのが、ひび割れや轍（わだち）掘れといった耐久性に関するものでした。—— では、すべりに着目した技術開発が始まったのは、その後なんですね。

井原 すべりに関しての研究は、案外早くから行われていまして、昭和40～50年代ごろには、すべりを意識した工法が開発されています。けれども当時は、すべりに関する管理基準がなかったため、

一般の密粒アスファルト舗装に比べてすべり抵抗が大きいというだけでした。いったいどの程度維持できるのか、性能的にはどれくらいのものなのか、が明確でなかったんですね。評価のための管理水準が決まっていなかったために、すべり止めを目的とした工法はいろいろ開発され、適用されてきましたが、現在の排水性舗装*注-1のように、1つの工法が広く適用されたということはありませんでした。

—— 排水性舗装が広まったのは、どうしてですか。

井原 排水性舗装も、すぐに広まったわけではないんですよ。排水性舗装は、付加機能として、低騒音や雨天時の安全走行などに役立つ工法です。排水や交通騒音、雨天時の安全走行を目的に、昭和60年代から平成の初めにかけて技術開発が行われ、試験施工されたのが昭和62（1987）年でした。開発された当初5～6年間は、排水性舗装という技術があるな、くらいの認識でしかありませんでした。けれどもその後、道路交通騒音が社会問題化するにつれて、急速に広まったんです。

よく知られているのが、騒音の公害訴訟である神戸の「国道43号線公害訴訟」。昭和51（1976）年に提訴され、平成7（1995）年に道路管理者側に責



昭和31（1956）年東京国道1号（品川）セメントマカダミックス＋アスファルトコンクリート舗装

任があるとの最高裁判決が出ました。その後、都市圏を中心に道路交通騒音の苦情が増えてきました。次第に社会的ニーズが増す中で平成5～6年頃から排水性舗装が増えていき、当時の日本道路公団（現NEXCO）では平成10（1998）年に高機能舗装として標準工法となったのです。また、同年から騒音を含めた性能規定工事導入の動きが始まり、すでに7～8年が経っています。排水性舗装は、今では確立された有力な工法という感がありますね。—— 騒音に比べて、すべりは社会的な要請が顕在化していない、ということですか。

井原 そうですね。すべりも、まったく着目されなかったわけではありません。アスファルト舗装について、表層にギャップ

粒度*注-2の混合物を用いた舗装では、一般の密粒アスファルト舗装に比べてすべり抵抗が向上すると、すでに昭和50（1975）年の「アスファルト舗装要綱」（日本道路協会）に示されていました。また、昭和53（1978）年に出ている、「道路維持修繕要綱」（日本道

***注-1 排水性舗装**
機能性舗装と同義で、透水性のあるアスファルトを表層に用いる舗装技術の1つ。雨水は、表層に浸透し排水される。路面には水が溜まらないため、ハイドロプレーニング現象（雨の日にタイヤと路面との間に水膜ができてすべる現象）を抑制できる。騒音低減効果を有し、またすべり止め舗装としても効果がある。

***注-2 ギャップ粒度**
アスファルト混合物の材料（粗骨材、細骨材、フィラー）の合成粒度において、粒径を何段階かに分けた時、中間段階の階層の大きさの粒径部分（0.6～2.36^{mm}あるいは0.6～4.75^{mm}）が少ない粒度のこと。

株式会社NIPPOコーポレーション（本社・東京） 道路舗装最大手で、全国400か所に常設の施工拠点・合材製造工場を配置。アスファルト舗装工事を中心とする舗装土木工事及びアスファルト舗装の材料であるアスファルト合材の製造、販売。舗装土木工事の対象は、一般道路・高速道路・レーシングコース・空港から、市民の憩いの場となる公園、テニスコート、サッカーグラウンドまで広範囲に及ぶ。

2-2 舗装の技術開発におけるすべりの問題

表層用混合物の種類と特性および主な使用箇所

アスファルト混合物	特 性					主な使用箇所		
	耐流動性	耐摩耗性	すべり抵抗性	耐水性・耐ひび割れ	透水性	一般地域	積雪寒冷地域	急勾配坂路
① 密粒度アスファルト混合物 (20, 13)						※		※
② 細粒度アスファルト混合物 (13)	△			○		※		
③ 密粒度ギャップアスファルト混合物 (13)			○			※		※
④ 密粒度アスファルト混合物 (20F, 13F)	△	○					※	
⑤ 細粒度ギャップアスファルト混合物 (13F)	△	○		○			※	
⑥ 細粒度アスファルト混合物 (13F)	△	○		○			※	
⑦ 密粒度ギャップアスファルト混合物 (13F)	△	○	○				※	※
⑧ 開粒度アスファルト混合物 (13)		△	○		○	※		
⑨ ポーラスアスファルト混合物 (20, 13)	○	△	○		○	※	※	

〔注1〕（ ）内の数字は最大粒径を表し、Fはフィラーを多く使用していることを示す。

〔注2〕特性欄の○印は、①密粒度アスファルト混合物を標準とした場合、これより優れていることを、無印は同等であることを、△印は劣ることを示す。

〔注3〕△印の場合、その特性を改善するために改質アスファルトを使用することもある。

〔注4〕主な使用箇所欄の※印は、使用実績の多い地域、場所を示す。

〔注5〕⑤細粒度ギャップアスファルト混合物 (13F) は摩耗層として、また、⑥細粒度アスファルト混合物 (13F) は、摩耗層や歩行者系道路舗装の表層として用いられることもある。

〔注6〕⑨ポーラスアスファルト混合物 (20,13) は、排水性舗装や低騒音舗装、車道の透水性舗装の表層あるいは表・基層に用いられる。

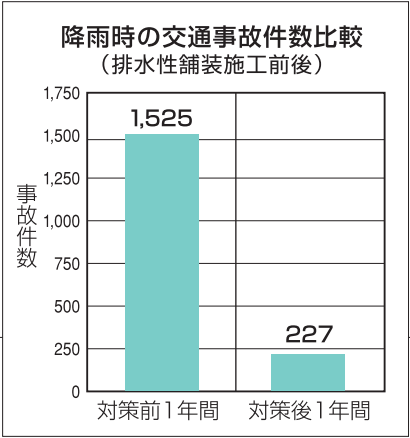
※日本道路協会「舗装施工便覧 (平成18年度版)」

舗装路面でのすべりの基準

―― すべりの基準については、どのように定められているのでしょうか。

井原 先ほどのすべり摩擦係数0.25は、補修要否判断に用いられる目安値です。一方、道路構造令では、四輪車のすべりについては、制動停止距離の規定から、設計速度時速60*。ですすべり摩擦係数は0.33以上と法的に定められています。また高速道路については、「舗装施工管理要領」に出来高基準ですすべり抵抗測定車での測定値 (測定速度80km/h) が0.35以上と、道路構

造令よりも厳しい基準が示されています。歩道については、「舗装設計施工指針」 (日本道路協会) に、湿潤路面で歩行者や自転車やすべりやすさを感じないすべり抵抗値の目標値として、BPN (英国式すべり抵抗値) 40以上とすることがあるとうたわれています。これは、東京都土木技術研究所による意識調査をもとに示されたものと考えられます。その調査結果は最も危ないのは、歩く時よりも走る時だろうとの観点から感応試験を行ったもので、BPN40から50で



※日本アスファルト協会「アスファルト 214」

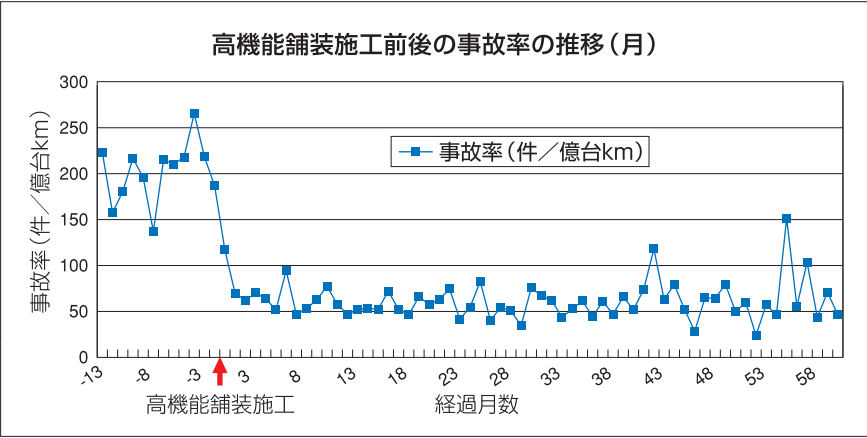
はどちらとも言えない、50以上であればすべりにくい、との評価から、BPNは40以上が望ましいとしています。また、各研究機関からの論文をみていると、静止摩擦係数では0.4以上、あるいは0.45以上というのが妥当な数値のようですね。

―― 歩道についての試験で「すべる、すべらない」というのは、感応評価によるものですか。

井原 そうして行われたものもあります。また静止摩擦係数0.45の場合は、歩く力や体重、蹴り出す力などを総合的に測定して得られた数値ですね。すべらない時の摩擦係数を測るわけです。ある論文によれば、年代別に被験者を選んで測定を行い、正規分布の±3σ (σ＝標準偏差) の範囲内、つまり、ほとんどの人がすべらないと感じる静止摩擦係数が0.45ということです。

―― すべりと安全性との関連を示唆するようなものは、何かありますか。

井原 交通事故や転倒事故に関して、年齢別に調べたり月別に統計を取ったりなど、各種統計はたくさんあるのですが、調べてみても、事故の発生原因とすべりとの直接的な因果関係を読み取れる統計は見あたらないんです。けれども、



※日本騒音制御工学会「騒音制御 Vol.25」



雨の日の排水性舗装 (手前) と通常舗装

旧日本道路公団 (現NEXCO) で高機能舗装 (排水性舗装) を導入した結果、事故の発生率は、導入前の2割程度にまで激減したというデータがあります。先ほども申し上げたように、すべり抵抗

値が従来に比べると高くなっていて、また、雨天時にも水膜ができない舗装なので、急ブレーキをかけてもハイドロプレーニング現象が起これにくいといった要因も併せた効果と考えられますが。

すべりを決定する要素

―― ところで、舗装する上ですべりに影響を及ぼす要素は、施工方法ですか。それとも材料でしょうか。

井原 路面のテクスチャです。骨材に用いる石の並びと、石の表面の凹凸が決まります。石の並びをマクロテクスチャと考えると、表面のデコボコはミクロテクスチャと考えられます。同一のアスファルト混合物で、どんな表面にしようかと狙ってつくることができるものではないので、もっぱら材料を選別すること

になります。骨材は碎石ですから、もちろん角ばっているのですが、できるだけキュービックに角ばっていて磨かれにくいものがよいとされています。

―― すべりというのは、経年変化が見られるものなのでしょうか。例えば、表面が磨かれるとか、アスファルトが劣化するなどありますか。

井原 路面は磨かれる、いわゆるポリッシングを受けてすべるようになったという話は、トンネルなどで事例があり、対策

2-2 舗装の技術開発におけるすべりの問題

として表面を粗くする工法を施すことがあります。この場合、10数年以上経過してすべるようになったということでは、ポリッシングに関して一般的な工法で施工して、早期にすべりが問題になった事例はあまりないと思います。しかし、新しい材料や工法を用いた場合にすべりが問題となるのは、何年も経ってからよりもむしろ、初期の段階ですね。特に試験施工で新しい材料を用いた時は、すべりの対策まで十分にできていない

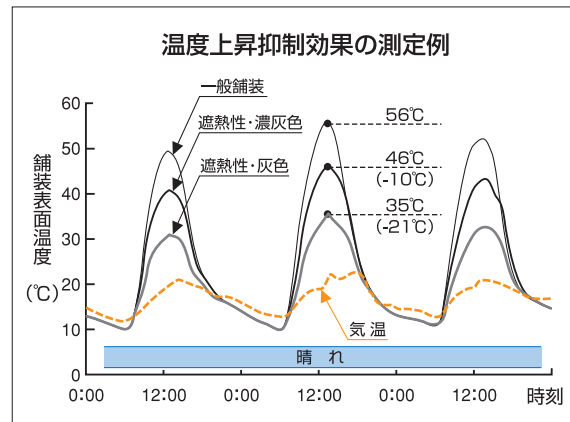
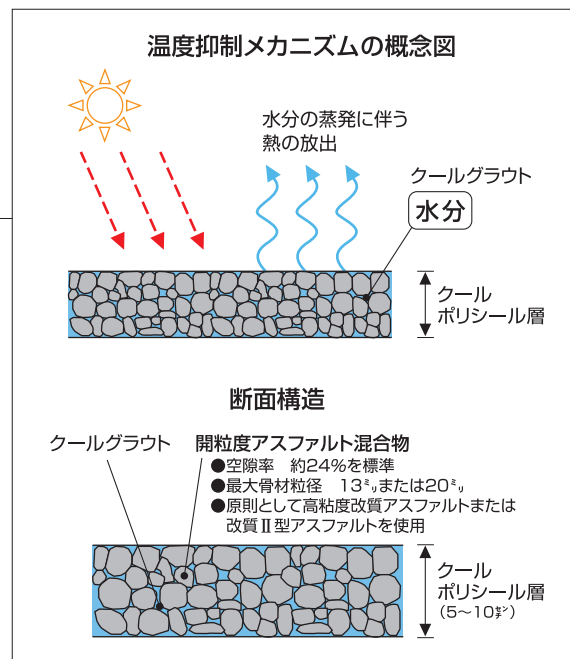
場合もあり、施工後わずか半年ほどですべるようになった、ということもあります。以前、試験施工で制動停止距離が60*で、すべり摩擦係数0.33を下回ったので危険だということで、撤去したことがありました。ただ、このようなケースは一般的な工法では、まず考えられません。

工法と材料の変化

——工法が変遷していく中で、変わったのは具体的にどんな点でしょうか。舗装の構成要素の材料の変化はありますか。

井原 構成材料については、一貫して碎石を使っているという点では、大きな変化はありません。けれども表層については、粒径がずいぶん変わりました。以前は、耐流動*注-3としての轍掘れ対策が中心だった頃には20ミットップ、つまり上限20ミの碎石が使われていました。それが今の主流は13ミットップです。20ミットップの密粒アスファルト舗装の実績は、以前に比べるとかなり少ないと思います。なぜ変わったかと言うと、良質

な改質バインダー（結合材）が開発されたことと、骨材の粒径が小さい方が扱いやすいからです。また、排水性舗装が多く採用されるようになったこともあります。というのも粒径が大きいと、せっかく排水性舗装を採用しても、十分な騒音低減効果が得られないからです。碎石の大きさのほか、骨材では砂が変わってきていますね。もともと、アスファルト混合物の細骨材として天然砂がよいと言われていたのですが、今では採取量がかなり少なくなったということです。それで、碎石を砕いて作る砕砂が使われるようになっています。



——現在の技術開発の動向、あるいは課題はどうなのでしょう。

井原 直近の課題は環境舗装ですね。騒音以外の面でも、環境に配慮した工法、例えばヒートアイランド対策の遮熱性舗装とか保水性舗装など、材料も含めて環境に配慮した技術開発が進められています。アスファルトは基本

*注-3 耐流動化
流動化とは、アスファルトが熱などで軟らかくなり、流れるような動きをするようになること。轍掘れも、軟らかくなったアスファルトに車の重さがかかって轍ができる現象で、流動化現象の1つ。舗装の耐久性を高めるために、耐流動化対策は、舗装の技術開発の重要な課題だった。

的に加熱混合物なのですが、加熱する際の温度を下げて製造できるようにと研究開発されています。常温までとはいきませんが、すでに5〜6年前には、通常の高温度より20〜30℃下げても従来と同じような舗装ができる、中温化の技術が実用化されているんですよ。この場合、加熱の温度は130℃くらい。従来が160℃くらいですから、これでもずいぶんと環境にやさしくはなっているのではないかと思います。技術提案の工事の時などには、採り入れることが多くなっていますね。その他、遮熱コートをコーティングして、太陽光等の赤外線吸収による蓄熱を防いで路面温度を低減する遮熱舗装や、舗装面に水分を保持させて水分が蒸発する際の気化熱で路面の温度を下げるができる保水性舗装は、ヒートアイランド対策への貢献ができます。

——では長期的な課題には、どのようなものがありますか。

井原 アスファルトに代わる舗装材を探ることですね。現在、舗装のほとんどにアスファルトが用いられていますが、おおむねの原料が原油であることを考えると、いつまでも主流ではいられないはずなんです。かと言って、アスファルトに代わる素材もなかなか出てこない。現在、アスファルトのほかに使われてい

る舗装材にはコンクリートがあります。メンテナンスフリーという考え方からすれば、本当はアスファルトよりすぐれていると言われるくらいなんです。ところが普及しない。アスファルトが圧倒的に主流です。理由はアスファルトの使い勝手のよさですね。アスファルトだと、まずコストが安い、敷いてからある程度冷めればすぐに交通解放できるのに比べて、コンクリートは養生期間も必要ですし、養生のための施設も、アスファルト工法に比べて大規模になってしまうのです。

——では、アスファルトにとって代わる材料はない、ということでしょうか。

井原 現段階ではそうですね。コストを考慮しなければ、ないこともないのですが、ドラスティックに代わるものは出ていません。強いていえば、ゴム系の多孔質舗装材などでしょうか。コストを比べ

と、アスファルト舗装の表層の1平方メートルあたりの単価に対し、数十倍になってしま。それでも、例えば機能や耐久性がアスファルトより10倍すぐれているとなれば、トータルコストで考えると同等になるのですが、そういったデータも出てきていません。

アスファルト混合物の再利用率は、ほぼ100%に近いんです。回収の際、切削機で細かく砕き、再生プラントで粒径の大きさなどでふるい分けたものが、新しいものに混ぜて使われています。今のところ、再々生くらいまでは利用可能だとの研究はされていますが、実際何回くらい再利用できるかは、今後の研究課題です。再利用の際にリフレッシュさせるような添加剤などは、すでにあるんですよ。その時々ニーズに対応しながら、舗装におけるアスファルトの主流状態は、まだまだ続きそうです。



既設舗装の切削工事

3 弱者の立場から 歩く空間づくりを発想する



タウンクリエイター代表 都市プランナー
松村 みち子さん

不便だ、危ないなと思いながら、道を歩いていることがある。気をつけながら通らなければならない道なんだと思っている。しかし、車イスや小さな子どもたち、あるいはいつか年を取った自分も歩くことになる道だと考えたらどうだろう。ユーザーの立場から道づくりを提言する都市プランナー・松村みち子さんに話を聞いた。

ユーザーの立場から道を見直す

—— すべりも含めた歩道の安全性への取り組みなど、ユーザー、市民の立場から道づくりについてのお話をおうかがいしたいと思います。

松村 私はもともと土木エンジニアで、土木を志したきっかけは公害問題の研究者になろうと思ったことでした。当時は大学の情報が今のように豊富でなく、何かしら公害に関係がありそうだと土木工学科に入学。その後、設計事務所でエンジニアとして働いていましたが、その設計思想の中にユーザーの視点が欠けているのではないかとずっと感じていました。都市計画を基礎から学び直そうと、岐阜大学大学院に進学し研究活動をするようになったのも、そうした思いが一番大きかったからです。

交通安全の調査研究や障害者・高齢者などの視点で道路の点検活動をしてきましたが、マンホールのふたも道に關係の深い構造物なんですよ。お年

寄りや車イスの利用者、視覚障害者の方々が、つまずいたりすべったりして、障害物になる可能性があるわけです。エンジニアとして技術的な背景について理解しつつ、ユーザーとしての視点を持って、使いやすいか、安全かどうか検証していくことが大事だと思うんです。日本の公共工事には、ユーザーの意見を聞いて、それを反映していくシステムが長い間ありませんでした。ただ平成4（1992）年に都市計画法が改正され、市民参加の手立てが講じられてからは、何かをつくる時に計画の段階で市民の声に耳を傾けようという動きは出てきましたね。

—— 今、歩道における歩行者の転倒事故がクローズアップされるようになり、従来、公共の場所などでの事故も「自分が悪かった」という感覚から、利用者として権利を主張するような風潮が表に出てくるようになりました。

松村 設計に安全の思想は欠かせません。今まで利用者の過失として片づけられていたものが、事故が起こるのには必然性がある、メーカー側は予測できる事故への有効な防止策を講じなければならない、という考え方に変わってきています。事故を回避する工夫や、もし事故が発生しても軽い被害ですむように二重の安全対策をするなど、リスク回避に力を入れることがメーカーには求められています。

—— それは道づくりでもマンホールふたの場合でも同じですね。

松村 マンホールのふたに関しては、自分でも気をつけて見ているんですが、インターネットで検索してみると全国には面白くデザインされたふたが随分ありますね。

—— 派手なマンホールふたには、安全性が考慮されていないものもあります。車道についてはデザインはやめよう、スリップ防止に専念しようという話も出ています。

*注-1 シビックデザイン
昭和63(1988)年、美しい国土形成と都市の基盤整備を担うデザインとして生まれた概念。「地域の歴史・文化と生態系に配慮した使いやすく美しい公共土木施設の計画・設計」と定義され、平成4(1992)年、建設省「シビックデザイン導入手法研究委員会」が組織され、シビックデザインに求められる条件として、持続性、公共性、環境性の3要素が挙げられている。

松村 土木の世界でも、バブル期前あたりでしょうか、デザインだけが一人歩きして、各地にとんでもない奇抜なものが現れた時代もありましたよ。そういう中で、シビックデザイン *注-1 の思想が定着してきて、本来の機能を一番果たせる凝りすぎないデザインがベスト、という方向になって来ています。マンホールのふたも、自己主張しすぎているようなケースも見られますね。私は都市環境デザイン会議の代表幹事も務めさせていただいているんですが、デザインする際の主役は人です。道やマンホールは人を引き立たせるための背景となるものですから、あまり目立ちすぎないものであ

てほしいと考えています。

—— ところどころにシンボリックなデザインがあってもいいですね。

松村 そうです。マンホールのふたは、場所によっては重要なアクセント、景観のポイントになることも必要ですね。ケースバイケースではありますが、基本としては、時間とともに周りの環境になじむようなもので、なおかつ、つまずいて転んだり、雨の日にすべったりしないような材質を使ってほしいですね。車道のマンホールのふたはスリップ防止に専念しようというお話は、安全を前面に打ち出した説得力ある方向性だと思います。

『たまごの割れない道づくり』に取り組んで

—— 松村さんは、平成10(1998)年に完成した高知県の『たまごの割れない道づくり』に4年がかりで取り組まれ、大きな成果を上げられました。

松村 きっかけは行政からの呼びかけです。橋本大二郎高知県知事が、「利用者の半分は女性なのに、道づくりに女性が参加していない」と。当時、県の土木部に女性技術職員はゼロ。「男性の理論でつくっている、委員全員を女性にして県道をつくってみよう」というこ

とになりました。委員は地元高知の女性たち、そして座長は全国的に活動している女性、ということで岐阜にいた私に声がかかりました。県道の整備ですので、県が計画の段階から女性の意見を反映させたいという姿勢を持って初めてできる事業です。それまでそのような発想自体がありませんでしたので、画期的な取り組みでした。それ以降、『たまごの割れない道づくり』のノウハウを伝えてくれと依頼されることが多く、いろん

3 弱者の立場から歩く空間づくりを発想する



道路工事前

道路工事後



集成材を使ったボラード。トップに傾斜をつけて、空き缶などが放置されないようにした

なところで活かされているようです。
—— 具体的にいうと、どういったノウハウなのでしょう。

松村 例えば、道をつくるには道路構造令とか、防護柵の設置基準とか、強度や安全性に関する基準がいくつかあります。「ガードレールを木にしたい」と言っても、「車が飛び込んできた時に木

では歩行者の安全を守れないではないか」ということに当然なります。この取り組みを始めるに当たっては、行政側は技術的・法的に不可能と思われる意見についても、「だめ」という台詞は言わないようにしよう、と私たちと約束してくれました。それで皆で知恵を絞り、芯を鋼にして強度を確保し、周りを木の集

成材にしたボラードに、鉄のチェーンを付けました。県の工業技術センターに試作品をつくってもらうなどの協力もお願いしました。そのように、妥協点を探しながら1つ1つ形にしていっただんです。

卵が割れるという意味は、自転車の買い物かごに入れた卵が、歩道の段差でガタガタと上下して、家に帰り着くまで

に割れたりひびが入ってしまうということです。道路構造令では、歩道と車道が交差するところは縁石で区画して段差を2センチにするのを標準にしています。この段差をなくせないか。まず1つは、すりつけ勾配で段差をなくしたらどうだろう。次に、今までのような車をスムーズに通す発想の道づくりでなく、歩行者優先に変えたらどうだろう。脇道から幹線道路に出る時、車は一旦停止するわけだから、車の方が乗り上げていけばいいんじゃないという発想です。視覚障害者が歩道と車道の境目が分かるように、縁石の材質や色を変えるなどの工夫もしました。そうすることで車イスや自転車

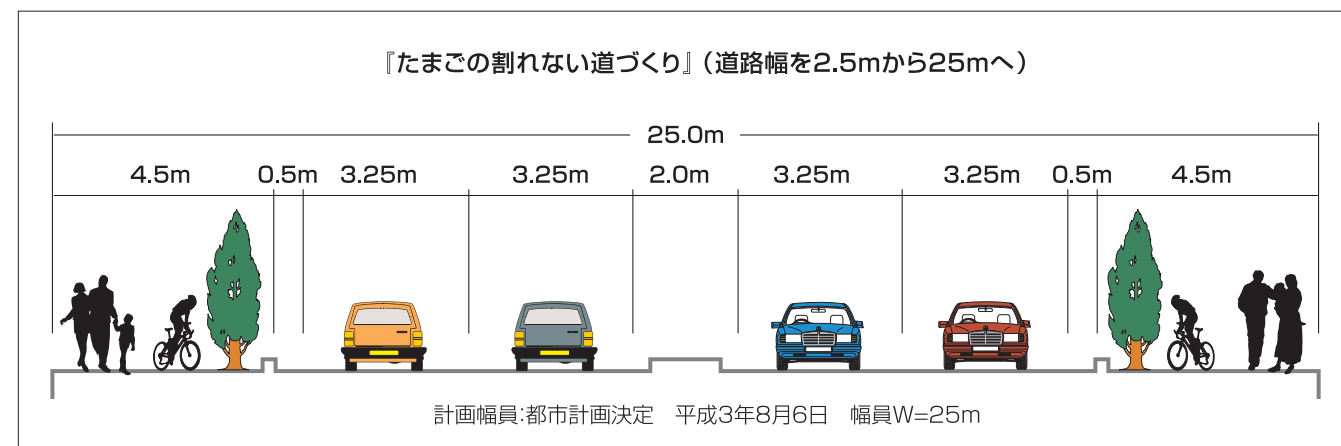
もガタガタせず、お年寄りにも子ども連れにもやさしい道になります。高知県ではそのような道づくりをしました。
—— ノウハウは方法論だけではないのですね。

松村 人が主役になるように、飾り立てず「シンプル イズ ベスト」のコンセプトを最後まで貫きました。モデル事業は特注品を使って立派なものをつくりたがります。必要な強度が保てれば、メンテナンスにお金がかからないよう入手しや

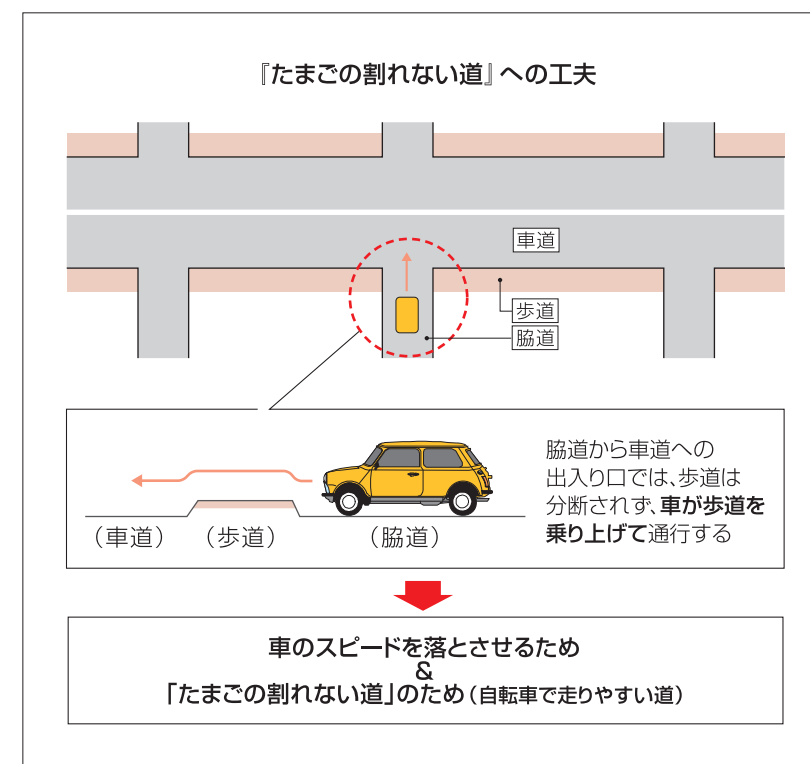
すい素材を使い、不要なモニュメントなど置かないようにしようと。後の世代にツケを残さない公共事業を心がけました。このような考え方は、今では当たり前になっていますが、当時は前例のないことで、行政と私たちとが力を合わせて形にしたのです。

—— 自治体側の意識も含めて、こうした取り組みを全国に展開していくための課題は何でしょう。

松村 今は自治体も自治体職員も



歩道舗装とのコントラストを考えたこげ茶色の点字ブロック。すりつけ勾配で段差をなくした緑石は、色と材質を変えて境目をアピール



3 弱者の立場から歩く空間づくりを発想する

ずいぶん変わってきています。例えば、千葉県鎌ヶ谷市の市民参加型交通安全対策支援システムの取り組みでは、市の職員が手弁当で地元の人たちとの話し合いを重ねています。こうした市民参加による事業はあちこちで増えてきていますね。

国土交通省も社会実験としてフォローしていますが、一つには、道路に対する世間の目が厳しい逆風の時代になったことが挙げられます。公平性という名目で地域全体に予算をばらまく

のが従来のやり方でしたが、限られた財源を有効に使うことが求められるようになってきたのです。ですから、きちんとデータを取って、事故が多い箇所とか、やる気のある自治体や地元に重点的に予算をつける。生活者としての女性の意見は無視するわけにもいきません。そういう時代の流れの中で『たまごの道』のノウハウが求められて来るのです。誰にも使いやすいモノづくりが、ユニバーサルデザインのモノづくりにつながるのです。

これからの歩く空間づくりのために

――今、マンホールふたのストックをもっと活用しろと盛んに言われています。例えば、視覚障害者の白杖の先端とマンホールふたを使ったIT化で安全な情報を提供できないかとか。

松村 私は、障害者の交通安全をテーマに調査研究をしてきましたが、ヒアリングをするとIT化に関する問題点がよく出てきます。白杖の先の端末で、マンホールふたなどから町や安全に関する情報を得る。便利そうで素晴らしいアイデアです。ところが現在ある移動支援システムは、見事なまでに縦割りで開発されていて、省庁ごとに異なる規格で互

換性がないのです。しかも限られた地域でしか使えません。小型送信機を携帯する方式、白杖や靴に誘電タグをつける方式、電子ラベル方式とか、同じメーカーの製品ですら発注者ごとに違う方式で互換性がないのです。視覚障害者が単独で電車に乗って他の街や全国各地に出かけている実態を知らず、想定もしてないからだと思います。巨額の投資をしてIT化しても、障害者がいくつも端末機を持って歩くことなどできませんから、無駄な開発になっている。結局、視覚障害者は白杖を持って点字ブロックを頼りに歩くしかないわけです。しか

し今では、携帯電話にも互換性のある共有のツールが出てきています。これからは、標準化の方向で開発を進めていくべきではないでしょうか。

――それは、実はマンホールふたの力ギも同じで、大規模災害が起こった時、各地から応援に行っても力ギが合わなくてマンホールふたが開けられなかったということがありました。メーカーがそれぞれにつくっているの、合うはずがない。これまで全国規模で外部のボランティアが駆けつけるということがなかったこともあります。役所の担当部署の人間も、もちろん市民も知らなかったことで、行政の指導も及ばなかった盲点でした。これから対策を考えていかなければならないところだと思います。

松村 それは興味深いお話ですね。道づくりにおいても車イス使用者など移動制約者をはじめ、多くの利用者の生の声に耳を傾けていると、その立場に置かれてみないと気づかない問題点が分かります。一番弱い立場の人に合わせ設計し、整備されたものは、誰もが使いやすいのです。健常者が足をくじいたり、松葉杖を使うことになったりした時に初めて、安心して施設を使えるありがたさを痛感することになるんですね。そのために調査や研究の必要性を感じています。



PROFILE

まつむら・みちこ
神奈川県小田原市出身。岐阜大学大学院工学研究科修士課程（土木計画学）修了。都市・交通問題研究者、都市プランナー。自治体職員・企業職員研修の講師、市民参加のまちづくりのコーディネート等の傍ら、革新技術活性会員等を務め、「安全・安心・危機管理」をテーマに研究活動続ける。主な著書に、「女人禁制にサヨナラを 今どきのしごと事情」（行研）、「交通安全と街づくり」（勁草書房・執筆分担）、「工事現場に輝くオンナ」（NTT出版）などがある。



管理が悪い歩道。車椅子がスムーズに動けない（国際交通安全学会調査）



点字ブロックにステッカーで告知する事例（盲学校が近くにある地域で）



管理されている歩道。マンホールの上もスムーズに通過（国際交通安全学会調査）

――日本の歩道は、ほかの国と比べるとどうなのでしょう。

松村 日本の道路の幅は概して狭い。歩道のスペースも外国と比べると貧弱です。『たまごの道』では、2.5mしかなかった道路幅を、25mまで広げました。車道が上下2車線、中央分離帯、そして両側に4.5mの歩道です。日本は、近年になって車を通すという発想で道づくりをしてきたので、そのひずみが出てきている。外国には車を締め出して歩行者専用にした道があります。トランジット

モール*注-2も基本的に中心市街地は人が歩くものだという考え方です。けれども、障害者のアクセスは保障しているんですよ。そして障害者用の駐車スペースに健常者が車を停めると罰則が課せられるようになっている。ヨーロッパやアメリカ、韓国にも罰則制度があります。先進国の中で罰則制度がないのは日本くらいです。道には生活道路から高速道路までいろいろあって、それぞれがそれぞれの役割を持っています。生活する空間は人が安心して楽しく歩ける

道であってほしい。日本は歩く空間づくりという点では開発途上国。電線類を地中化して、車イスがゆったりすれ違えるような道で、歩く人を眺めながらコーヒーが飲めるオープンカフェがあるような道が増えてほしいと思います。

*注-2 トランジットモール
中心街の通りを、一般の車両通行を抑制した歩行者専用の空間とし、バス、路面電車等、公共交通機関だけが通行できるようにした街路のこと。欧米の都市ではこれまでに広く実施されている。現在の日本の都市での応用には周辺道路の交通渋滞など、さまざまな問題が指摘されている。

4 マンホールふたのすべりについて

株式会社G&U技術研究センター

1 はじめに

マンホールふたは、下水道用で1200万個を超え（平成15年度末管きょ総延長37万kmに対してマンホール設置間距離を30mと推定）、接続用マス〔柵〕ふたは約その3倍、水道用でも大小合わせて下水道用マンホールと同数のふた（弁・栓用）があると推定される。その他に電力用、ガス用、NTT用、CATVなどがある。これらのふたは、車道や歩道に設置され、市民生活にもっとも身近な存在である。そのため、適正な製品が適正に施工され、適正に管理されていない場合には、車両事故や人身事故となりうる可能性が大きいものである。

これらの管理は、それぞれの事業者（下水、水道、電力、ガス、NTT、CATVなど）が行うことは当然として、各道路管理者や警察までの管理対象となるものでもある。マンホールふたに起因する事故や、不具合な事象はいろいろとあるが、ふたによるすべりに起因する事故の場合には製品瑕疵（かし）と被害者（歩行者や運転手）の過失の問題が存在し、原因の特定が難しく、統計に出てこない点に特徴があると言える。

2 マンホールふたによるスリップ事故

雨天時のすべり事故は、二輪ライダーからは最も恐れられているものの1つである。マンホールふたは、避けるべきものとして二輪車の交通教本にも記載されている。

二輪ライダーのほとんどは、雨天時の腰振り（後輪の振れ）を経験しており、マンホールふたは避けるべきものとの認識を持っている。しかし、ふたの設置位置によってはどうしても避けがたい状況が発生し、事故に至りやすいのが現実である。一方、車道における二輪車の事故と並んで、最近問題となっているのは、マンホールふた上での歩行者のスリップ転倒事故である。自治体によってはマンホールふた上での歩行者の事故防止を呼びかける広報を行っているケースもある。雨天時のマンホールふたは、歩行者にとっても危険な存在となっている。

3 マンホールふた上でのタイヤすべりの特徴について

二輪車のすべりについては、交差点、カーブ、坂道などが特に危険性が高いと言われている。その理由は、以下のと

おりである。

1.交差点

交差点では、ブレーキ制動を行う頻度が高くなるため、一定以上のすべり抵抗がないとスリップすることになる。これには、路面のすべり抵抗と減速の大きさが関係する。また、右折・左折の

コーナリングをする際に、二輪車は四輪車と違い車体を傾ける必要があり、二輪車は、車体を傾けて走行する時の横力によりカーブを切ることができるのである。この横力に対して、路面の摩擦が十分大きくないとスリップが生じることになる。このように、交差点では直進方向のすべりと、コーナリング時の

横すべりが生じる可能性がある。

2.カーブ

カーブでは、同上の理由により、二輪車は路面の摩擦により、曲がることができるので、摩擦が十分でない場合にはスリップが生じることになる（図-1参照）。



歩道上のマンホールふた



摩耗したマンホールふた

4 マンホールふたのすべりについて

3. 坂道

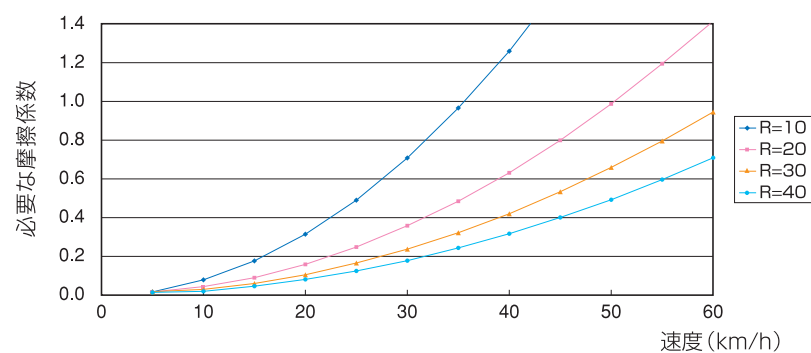
坂道では、制動を行った場合、斜面成分の重力が加わるため、フラットな交差点に比べて、十分な摩擦がないと制動が難しくなる(図-2 参照)。

以上、交差点、カーブ、坂道においての摩擦係数の重要性について述べたが、平坦な直進道路においても二輪車が進路を変更する際には、コーナリングを行うことになるので、上記したようなスリップの可能性は、常に有していることになる。例えば、速度25kmで走行している時に、半径10mでハンドルを切った場合の横すべりしないための必要なすべり抵抗限界値は計算上は約0.5である(図-1 参照)。この値は、舗装の維持管理目標値(0.25)よりも高く、ロードペイントやマンホールの上ではスリップする可能性が高くなると言える。このように、二輪車のスリップに関しては、坂道・カーブ・交差点のみならず、全路面で常に一定レベルのすべり抵抗性が必要であると言える。

4 マンホールふた上でのスリップのメカニズムについて

次に、二輪車がふた上でスリップする理由について考えてみる。マンホールふ

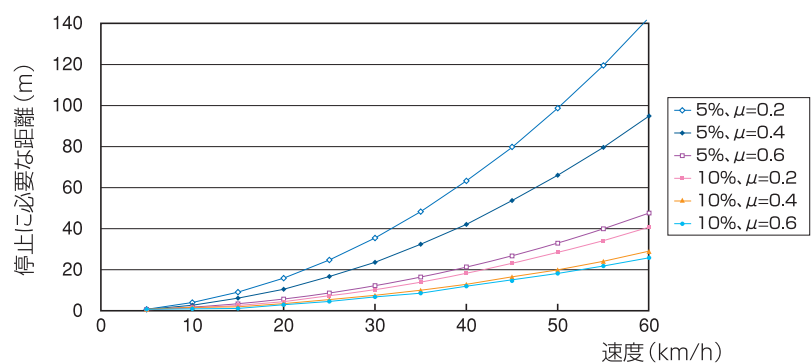
旋回時に横すべりしないために必要な摩擦係数 図-1



二輪車が旋回する際に横すべりしないために必要な摩擦係数を、速度と回転半径毎に計算した結果を示したものである。回転半径が10mの場合は、時速30kmで横すべりせずに旋回するためには摩擦係数が、0.7以上なければならないという結果になる。旋回時の速度が大きいほど、また回転半径が小さいほど、高い摩擦係数が必要ということになる。

■ 必要な摩擦係数 $\mu = Z / (G \times g) = V^2 / (g \times R)$
 【Z】遠心力 (N)、【G】二輪車質量 (Kg)、【V】速度 (m/s)、【R】旋回半径 (m)、【g】重力加速度 (m/s²)

下り坂で停止するために必要な距離 図-2



5%と10%の下り坂において、制動をかけてから停止するまでの距離を、速度と摩擦係数毎に計算した結果を示したものである。摩擦係数の低い道路では、道路の傾斜が変化すると停止するまでの距離への影響が大きくなるがわかる。

■ 坂道において停止するために必要な長さ (L) と摩擦係数 (μ)
 $L = V^2 / [\{\mu - \tan(\theta)\} \times g \times 2]$ 【L】停止距離 (m)、【α】減速加速度 (m/s²)、【V】走行速度 (m/s)、
 【μ】摩擦係数、【θ】傾斜 (度)、【g】重力加速度

たがすべりやすいか、すべり難いかを、ふたとタイヤの間のすべり抵抗値で表す。このすべり抵抗値はふた表面の模様(形状と深さ)と、ふた表面の表面粗さに関係している。

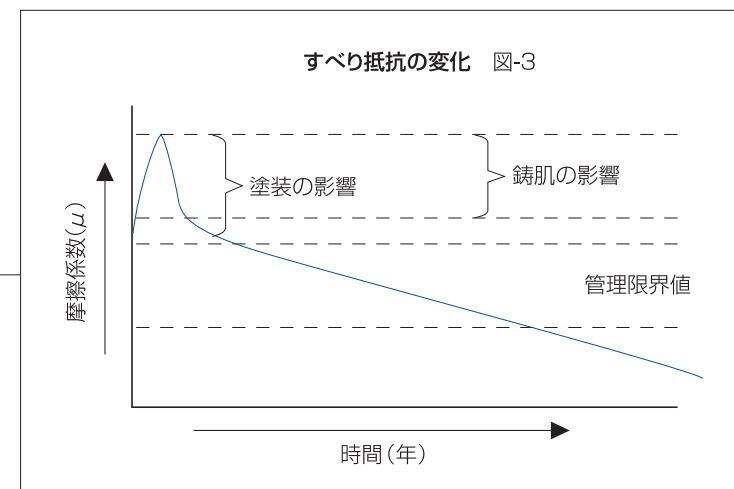
タイヤのすべりメカニズムは、①アドヒージョン(粘着性)、②ヒステリシス(内部ロス)、③掘り起こしの3要素で構成されている。

①アドヒージョンはゴムの粘着性(力)であり、ドライ状態ではゴム／鉄の粘着性は大きい。

②ヒステリシスはタイヤが変形する時の抵抗で、内部エネルギー(熱エネルギー)に変換されるものである。

③掘り起こしは、ふたの模様形状(断面のエッジ)によってタイヤが掘り起こされる時の抵抗である。これは、ふたの模様の形状によってかなり大きく変わってくる。

ドライ状態では①アドヒージョン(粘着力)がかなり大きな比重を占め、ふた模様の形状によってすべり抵抗はそれほど大きく影響を受けないが、ウェットの状態になると、水膜の影響で①アドヒージョンの効果はなくなる。この時、②ヒステリシスは、もともと大きなものではないので、すべり抵抗は③掘り起こしに頼らざるを得ない状況になる。③掘り起こしについては、進行方向に対す



る模様のエッジ成分(進行方向に直交する模様の線分)や、模様の間隔(凸部の幅と凹部の幅)、受圧面積率(タイヤ接地面積に対する凸部の面積比率)などが影響してくる。

一方、歩行者のすべりは、人間の動作(歩行、駆け出し、急停止など)、履物底の材質などにより変化する。履物と路面の接触状況は、硬い履物底に硬い路面が接触する、柔らかい履物底に路面の凹凸が食い込む、硬い履物が柔らかい路面に食い込むケースがある。

すべるというメカニズムについては、上述のタイヤのメカニズム同様の現象と考えられ、歩行者のすべり対策についても掘り起こし効果をどうやって確保するかがマンホールふたデザインの基本になる。

5 ふた表面の変化とすべり抵抗の変化

すべり抵抗に影響するマンホールふた表面の変化要素には、塗装と模様の摩耗の問題がある。ふたの塗装は、ふた全体の防錆(赤錆防止)と内部腐食環

境に対する防食(腐食防止)の2つの目的で行われる。一般にエポキシ系の樹脂塗装が行われており、この塗装によって鋳物の表面凹凸(鋳肌とよばれる:製造方法によっても異なるが40μm～80μm程度の凹凸が存在する)が覆い隠されてしまうため、表面はすべりやすい状況となる。この塗装の皮膜や鋳肌は、時間の経過とともに、車両の通過等により摩耗し消失していくことになる。さらに、凸部分の模様の摩耗が進行し、角部が削られ、高さも減ってすべりやすい状態となっていく。特に、初期は鋳造時点の鋳肌がすべり抵抗値を大きくしているため、この摩耗とともに、すべり抵抗性の低下率は大きい。その後、時間の経過とともに表面模様の摩耗は進行し、摩擦係数は低下していく。

これらの状況を、図示すると図-3のようになる。このように変化する表面のすべり抵抗値のどこを管理すればよいかということになるが、耐用年数までに摩耗が進行した状態(通常15年の耐用年数で3mm摩耗する)でも必要なすべり抵抗が確保できるかが重要な性能となる。

4 マンホールふたのすべりについて

6 各種すべり抵抗(摩擦係数)測定器と実際の評価との関係

マンホールふたのすべり抵抗と、実際にその上を通過する対象物による評価値の2つの軸がなければ、本来どのくらいの基準が適切であるかを述べることはできない。マンホールの表面は鋳物でできており、鋳物と車のタイヤとのすべり抵抗および評価値の関係が、道路(アスファルト)とどう違うのか、あるいは同じなのかを調査する必要がある。これに関して詳細な文献はほとんどないが、マンホールふたメーカーの日之出水道機器(株)がかなり詳しく調べている。

それによると、鋳鉄製マンホールふたの場合、道路とほぼ同じすべり抵抗であれば安全に走行できるが、危険とされるすべり抵抗の下限値は、一般的に道路で言われている値の0.25よりもかなり高めになっている。

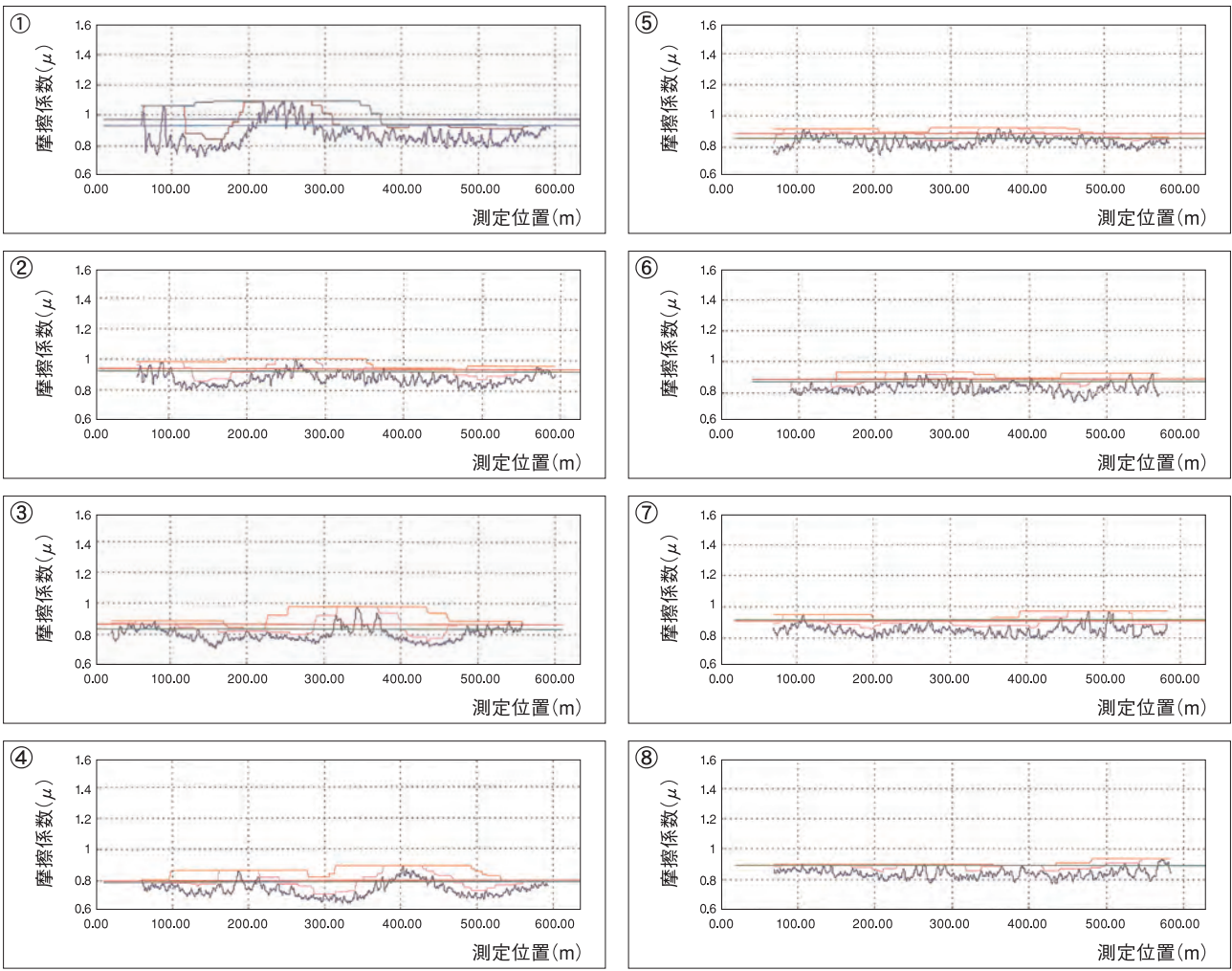
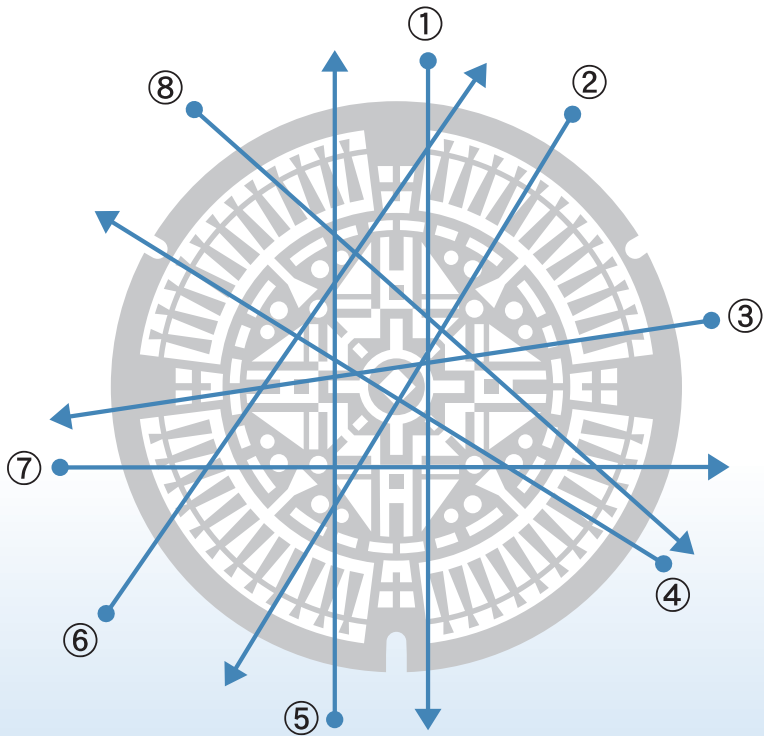
また、鋳鉄で二輪車のすべりに対して安全な状態を確保するためには、タイヤのグリップ力を高めるため、方向性のない、独立した凸部の規則的な配列と適切な高さが必要であることを示している。その調査手順は、まず現物のタイヤ(原付自動二輪用)とマンホールふた表面の間のすべり抵抗を測定する装置(以下、表面評価試験機と称す)

表面評価試験機による摩擦係数測定結果 図-4

下図の①～⑧の測定ラインについてそれぞれ方向から測定した時のグラフデータ。グラフの波形は表面評価試験機から得られた実測定データを示している。なお、右下表に表面評価試験機による実測値から相関関係により算出した、米国材料試験協会(ASTM)規格にもとづいた動摩擦係数を示す。

■試験条件

気 温	14℃	測定速度	6mm/sec	試験タイヤ	3.00-10 2PR w(ブリヂストン)
湿 度	40%	測定方向	8方向	空 気 圧	1.5kgf/cm ²
水 温	10℃				



測定ライン	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧
動摩擦係数(平均)	0.421	0.410	0.387	0.366	0.393	0.394	0.401	0.394

■ 動摩擦係数(平均)は測定ライン上全体での平均値で、その測定方向に対するすべりにくさを示す代表的な指標になる。

で数々の基礎試験を行い、その結果から最も高いすべり抵抗値を示す凹凸配列パターンを見つけている。そのメカニズムは前段で説明した「掘り起こし効果」によるものである。同時に従来の絵柄デザインを100種類以上、それぞれ8方向の直線方向で測定している。

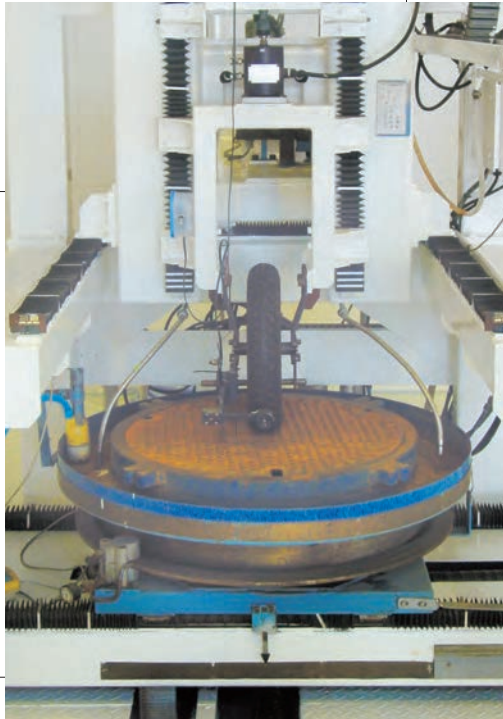
この表面評価試験機は、タイヤとマ

ンホールふた表面の摩擦抵抗を、非常に遅い一定速度で連続的に測定できる装置で、動き始めた時の静摩擦と微速度でのすべり抵抗パターンを計測できるものである。この測定値はマンホールふたの静摩擦抵抗を示すと同時に、マンホールふたの直線的なすべりに関する特性を表すものであり、また、実際

のタイヤの接地面積(フットパターン)内ですべり抵抗に影響する、表面の凹凸全ての特性情報を確実に捉えている(図-4参照)。

表面評価試験で得られた表面特性値は、最近、国際摩擦指標(IFI)にも用いられている「テクスチャ」という道路表面の凹凸形状の概念に近いものだ。

「テクスチャ」は、道路のすべり抵抗が速度によって変化するため、その速度依存性の高い高速域で、表面の凹凸形状とすべり抵抗の関係を明らかにするための指標である。「テクスチャ」ほど明確に数値化されていないが、各種デザインの表面特性値と、次に示すトレーラーロックμおよびライダー評価



表面評価試験機

4 マンホールふたのすべりについて

5つの危険な運転モード

① GM上での加速

② GM上でのブレーキ

③ GM上での旋回(R50m)

④ GM上での加速＋旋回

⑤ GM上でのブレーキ＋旋回

の結果との相関を示した、豊富な蓄積データがあることが、重要なポイントである。

次に、この表面評価試験機で計測したマンホールふたを、トレーラーロック μ で正確な動摩擦（道路と同じ条件での測定）を測定すると同時に、モーターサイクルのタイヤを評価する専門のライダーによる評価（フィーリングテスト）を実施している。ライダー評価の評価方法は、ライダーが指摘する5つの危険な運転モードで走行したプロのライダーが評価を行う。

官能評価ではあるが厳密に10点制に定義されており、個人的な偏りもない評価方法である。この評価軸で5点以上が、周囲と違和感なく安全に走行できる範囲とされている。

これを100種類以上ものデザインマンホールについて実施しており、表面評価試験値／トレーラーロック μ ／ライダー評価の関係を掴んでいる。つまり、表面評価試験機での特性値が幾つ以上あれば、ライダー評価の5段階以上になるのか、またはトレーラーロック μ で測定したすべり抵抗が幾つ以上あればいいのかわかるようになっている。それはトレーラーロック μ で測定したすべ

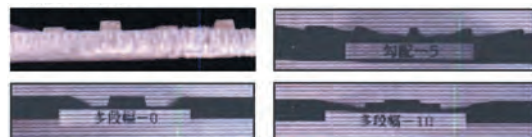
り抵抗値で言えば、0.45以上である。

これらの研究の中で、前段に述べた規則的な配列の表面凹凸構造が見出された。さらに耐久性においても、車道部15年の耐用期間で3mm摩耗後の状態を想定して、その状態で二輪車が安全に走行できる表層構造を完成させている。

その安全性照査の方法として、ライダー評価を個別にやることや、大型のトレーラーロック μ ですべり抵抗を測定することは大がかりな試験となり、毎回の実施は困難であるため、関係性の明確な表面評価試験機で実施することとしていた。しかし、最近日本で開発された簡易型のDFテスターというすべり抵抗測定器がアメリカASTMの規格となり、トレーラーロック μ と同等の信頼性があるとされた。

このDFテスターでマンホールふたの表面を測定すれば簡単に評価することができるが、マンホールふたの場合、表面の凹凸が激しく、また直径が60cmしかないため、この測定器ではうまく計測

凸部の高さ



凸部の形状



凸部の上面幅と間隔の関係



凸部パターンの検証サンプル

できなかった。そこで、DFテスターと同一原理で、マンホールふた専用サイズダウンしたDFテスター（R85）が開発された。このことにより、トレーラーロック μ と同等の信頼性があるDFテスター（R85）で、マンホールふた表面のすべり抵抗を測定し、その値が0.45以上あるかどうかで、安全性の照査ができるようになった。

絵柄デザインについて

従来の絵柄デザインは、方向によって凹凸配列、表面の広さのバラツキが多い。直径170mmの円周方向9カ所のすべり抵抗値を測定するDFテスター（R85）では、直進の方向性に対する特性をうまく拾いきれないという限界

がある。

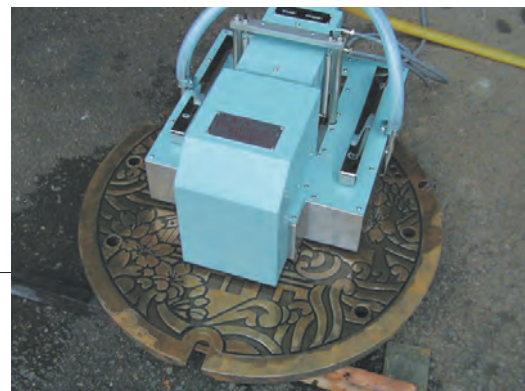
絵柄デザインの場合、DFテスター（R85）での評価が、仮に合格であっても、さらに直線8方向で評価できる表面評価試験機で詳細評価した上で、最終判断をすべきである。

すべり抵抗は、これ以外の方法でも測定はできるが、問題はその測定値が

安全かどうかを誰が、どういう

方法で評価したのかという評

価基準である。この評価基準のない測定値は指標にはならない。耐スリップ性能を評価する際に、最も重要なことは、上記のようなライダー評価等の蓄積されたデータとすべり抵抗との関係性である。



DFテスター（R85）

象（すべり抵抗の大小）によっても異なるが約10～15回の測定ごとに取替えが必要である。

3.測定の前処理

未使用ふたの場合には、前述したように表面凹凸の錆肌があり、その上に塗装が施されているため、どの状態を測定するかが問題となるが、現状では、塗装及び錆肌を取り除いた状態で行っている。塗装済みの製品は、ショットブラストし、その後錆肌を研磨して表面粗さをRa=1～3に調整する。この際、凸模様の角部分がとがらないように処理することが必要である。

現場で、供用中のふたを測定する場合には、前述の塗装、錆肌がないことを確認し、表面の汚れを水洗いする。油系の付着がある場合は、ベンゼン等でふき取った後水洗いを行う。

4.ふたの測定

ふたの測定は、1カ所を3回測定し、その平均をもってその箇所のすべり抵抗値とする。測定箇所数は、デザインによって異なるが、全体不均一デザインの場合は、全箇所を平均的に測定する。直径60cmのふたであれば9カ所

DFテスター（R85）によるマンホールふた表面のすべり抵抗測定方法

以下にDFテスター（R85）によるふたの表面すべり抵抗の測定方法を記す

1.試験機の原理と構成

本試験機は、回転円盤にタイヤと同材質（ゴム）の接触子（スライダーと呼ぶ、2カ所、取替え式）を取り付けたものを回転させ、周速度80km/h近辺で所定の圧力（二輪タイヤの接地圧力相当）でふた表面に接触させて、回転速度の減速からふたのすべり抵抗値を測定するものである。試験機の構成は、測定器本体と記録計である。本試験機は現場で車両のバッテリーで使用することを標準としているため、交流電源を使用する場合には、整流器を使用する。その他、測定表面を湿潤状態に保つため水タンク又は水道が必要となる。

2.試験機の校正

試験機の校正方法は、本試験機の手取扱説明書に記載されている標準ウェイト2.4kgで回転円盤のパネのバランスを確認（ゼロ調整）する方法で行う。また、標準の鉄ふた（方向性がなく、均一な連続模様のデザインがよい）を準備するか、数カ所のアスファルト舗装路面を測定して、大きな狂いがないことを確認する方法もある。

これらは、表面状態を常に一定に管理することが難しいため、標準資料としての扱いはできないが、目安としての扱いは可能である。なお、ゴムスライダーは消耗品であるが、交換の目安は大きな傷や摩耗が生じた時である。測定対

4 マンホールふたのすべりについて

となる。均一デザインの場合には、測定箇所数を減らすことが可能である。この場合、直径60cmのふたであれば5カ所の測定としている。直径ごとの標準測定箇所数を図-5に示す。

5. 限界性能の測定

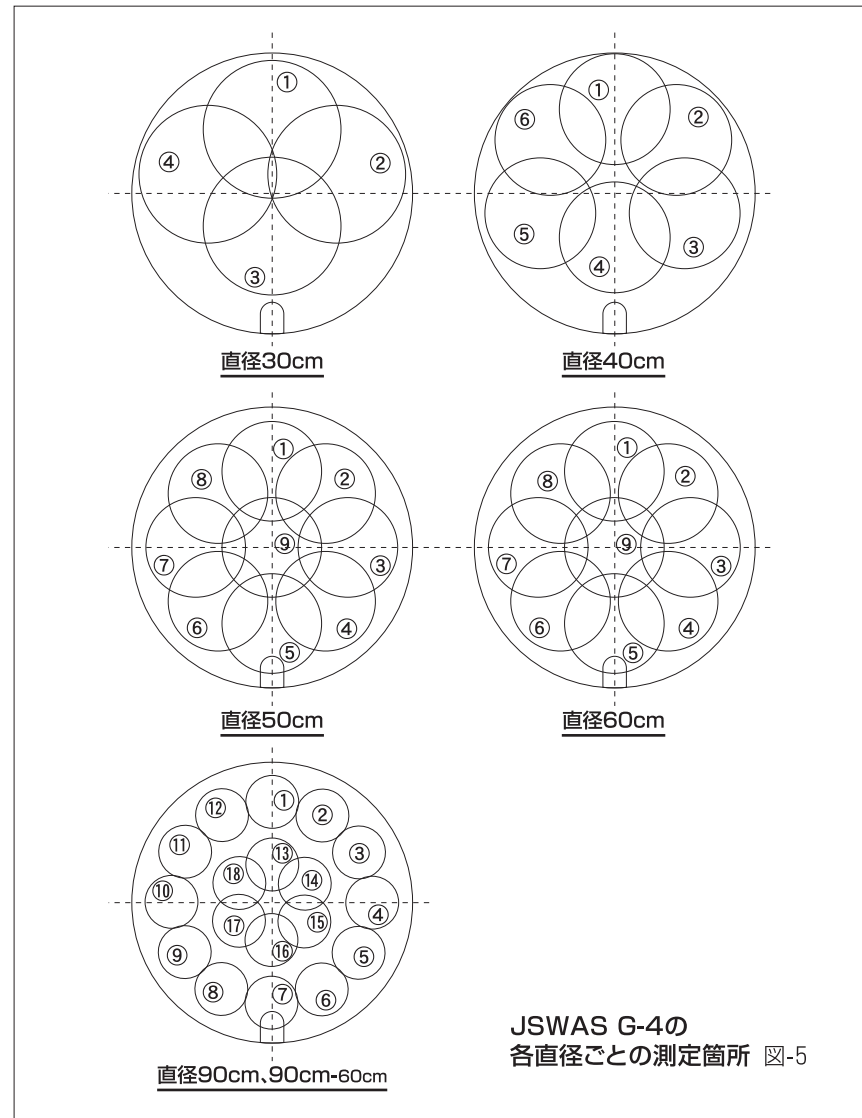
標準的な車道用ふたの耐用年数設定は15年とされているが、その時点での摩耗量を3mmとした時、そのすべり抵抗値が安全圏内にあることを確認しておく必要がある。そのため、デザイン開発当初に3mm表面をカットして上述の摩擦係数を測定する。3mmカットした後の表面処理は、上述の表面粗さを調整する他、カット後のエッジ処理が重要になる。自然に摩耗した状況に似せて角部分の処理を適切に行うことが必要である。

7 ふたすべり対策の現状

マンホールふたすべり対策として、これまで坂道やカーブ、交差点などすべり事故の可能性の高い場所には、表面にスリップ防止のための骨材や樹脂を表面処理するなどの方法が採られてきた。また、ふたを凹状にし、そこにアスファルトを充填して周辺舗装と同じ

材料にすることも一部の都市で行われている。充填式は従来から歩道で行われてきた方法で、周辺と同じ舗装材を

ふたの凹部に施工するもので、これらの方法を車道で実施した場合には、摩耗や剥離等の問題から、こまめなチェッ



クと補修の維持管理が必要となると考えられる。

現在、車道部で行われ始めている方法は、耐スリップ型として、方向性をなくした均一独立模様のふたの採用である。この耐スリップ用デザイン設計のふたは、危険性の高い場所用として、坂道・カーブ・交差点などに試用され始めてきている。また、国の直轄工事として行われる国道に敷設されるふたについては、全面的に耐スリップ用デザインの指定が行われ始めてきている。しかし、これらは、道路に設置されているふた全体から見ると、ほんの一部であり、道路舗装全般から見ると、危険なふたが多数散在しているのが実態である（図-6参照）。

一方、歩道におけるすべり対策は、車道に対して摩耗や衝撃荷重の条件が緩やかなことから、ふたの表面に微小な凹凸を形成させるような処理（金属・セラミックスの溶射、樹脂による骨材の接着）が行われることがある。これらの対策の場合、長期的な表面状態の安定のためには、こまめな維持管理が不可欠である。また、従来から景観的な配慮で周辺舗装材（レンガ、インターロック、舗装平板など）を充填することが行われてきており、これもすべり対策としては、摩擦係数を周辺舗装材と同等

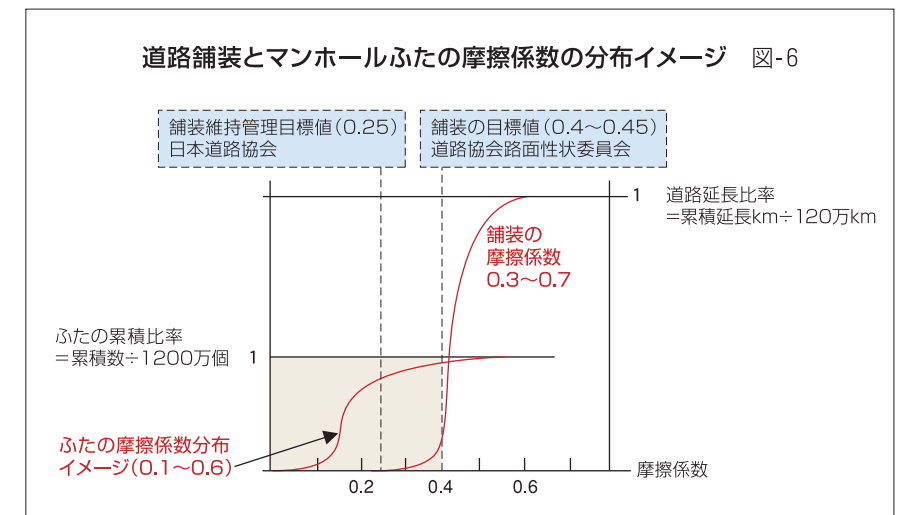
にする意味で有効である。

8 今後の方向性

昭和50年代以降、マンホールふたにシンボルデザインを施すケースが徐々に増えてきた。現在は車道も歩道もふたの模様は、住民が親しめるシンボルデザインとして「絵柄模様」が多く採用されてきている。これらのデザイン化の中で、一定の安全上の配慮がなされてきたことも事実ではあるが、その程度はさまざまであり、安全上十分であるとは言えない。

安全・安心が求められる現在の社会環境の中で、今後は、車道用のふたと

歩道用のふたはそれぞれに求められる安全性の観点から選定を行っていく必要があると考えられる。車道においては、二輪車の安全性を重視し、従来からすべり事故の可能性の高い箇所として考えられてきた坂道・カーブ・交差点はもとより、一般の車道においても二輪車のすべりを考慮した対策を採るべきである。また、歩道については、歩行者のスリップ転倒事故に対する安全を考えたデザイン模様の採用も望まれる。さらにこれからは、高齢者の増加も見込まれることから、歩道上の安全については、スリップに加えてつまずきの原因となる段差への配慮と、万一転倒した場合の衝撃や傷害の軽減についての配慮も必要である。



5 すべり抵抗の測定で世界に挑んだ男

日邦産業株式会社 代表取締役社長 安部 裕也氏

路面のすべり抵抗を携帯可能な測定機で正確に測れないか――。このテーマについて、全くの素人ながら、悪戦苦闘の末に成し遂げ、世界的に評価されている男がいる。安部裕也、70歳。自ら半生をかけた取り組みを追いながら、日本における独自技術の開発のあり方を考える。



売り込み営業転じてすべり測定機開発へ

昭和42（1967）年、道路公団に劣化したアスファルトを若返らせる輸入薬剤の売り込みに行った安部は、薬剤散布にともなうすべり実験で思いもしない発言に出くわした。「このすべり測定器は、数値もバラバラで、気休め程度でアテにならない」。

生来の負けん気が強い安部は「なぜ、そんな機械で測定するのか」と、疑問を率直に投げかけた。すると、振り子式の変った形の機械を手にした公団職員は、「携帯型すべり抵抗測定機は、世界にこの機械しかないから、仕方なく使っている。そう言うなら、お前がつくってみろ」という答えが返ってきた。

輸入薬剤の売り込みもそっちのけで、売り言葉に買い言葉で安部は思わず、「あんな簡単な機械はすぐにつくってみせますよ」。この一言が、その後の安部の人生を大きく変えることになる。

当時、安部は知らなかったが、すべり抵抗を測定するには、大型バスなどの車体に第5車輪を設けたすべり抵抗測定車、あるいは車両で牽引するような大型の測定機が主だった。携帯できる小型のすべり抵抗測定機は、イギリスの会社が開発した振り子式の機械が世界で唯一だったのだ。

ひとりのエンジニアとの出会いで端緒をつける

もともと安部は、日邦産業という会社

を起業し、当時は自治体からの建物の防水工事を主に手掛けていた。安部自身は技術系でなかったが、防水工事の仕事を始めると、見よう見まねで仕事を覚え、さらには自らコテを握り、現場の職人に指示を出せるくらいまでの技量になっていた。持ち前の研究熱心さから安部の会社で施工した建物からは漏水しないことが評判を呼び、業績も順調だった。防水工事の延長線にあるのが、前述の劣化アスファルトの若返り剤だった。しかし、そこから一転して、携帯型すべり抵抗測定機の開発に乗り出した。

携帯型すべり抵抗測定機の開発にあたって、技術屋でない安部は、機械と電気の知識を兼ね備えたエンジニアをパートナーとして求めた。いろいろなツテで探した中でたどり着いたのが、電機

会社技術者の澤敏雄だった。澤と出会ったことで、携帯型すべり抵抗測定機開発に向けた二人三脚の取り組みがスタートする。

悪戦苦闘、6年がかりの試作1号機

「安部さんが技術者でなかったから完成した。技術的に考えられないような要求や不可能とも思えるような提案を安部さんが、し続けた結果が目の目をみた」と、澤は述懐する。

お互いに本業を別に抱える身だけに、開発に割ける時間は週末しかなかった。安部は毎週澤の自宅に通い、6年の歳月を経て、ようやく待望の試作1号機が完成した。

動摩擦係数については、まず路面と接触点との荷重を計測し、次に移動速度を測り、そして接触点にかかる摩擦力を計測することで、動摩擦係数を測定する。試作機では穴を空けた特殊な円盤にらせん状の溝を切った円棒を通し、落下させながら回転させて路面と接触させることで動摩擦係数を測定する原理とした。落下する円盤は、特殊な2枚構造になっており、2枚の円盤に生じるねじれの大きさをバネの伸びを利用して測定する仕組みだった。

試作機は完成したもの、実用化に際しての力不足がすぐに明らかになった。試作機では、円盤を自然落下させるために時速15km/h程度の測定にしか対応

できなかった。現場で求められる時速80km/hには程遠いものだったのだ。このため、2人の新たな挑戦が始まった。

見えざる遠心力との闘い、そしてDFテスター完成

時速80km/hを実現するのにモーターを用いて強制的に高速回転させることは容易に思いついた。しかし、壁はその先にあった。高速回転させる円盤内に相当大きな遠心力が発生し、重力に至っては350Gにおよぶ。このため、安定した回転が保てず、円盤内の検出バネも遠心力で伸びてしまう事態が発生したのだ。

目に見えない遠心力との闘いの日々が続いた。立ちちはだかる大きな壁、そして資金が枯渇して来るという絶体絶命の状況を迎える。

さまざまな困難を乗り越え、遠心力との闘いに明け暮れていた中で、特注した小型部品を円盤内に組み込むことで遠心力の壁を突破。実用1号機が産声を上げた。安部が携帯型すべり抵抗測定機の開発を宣言してから実に18年、試作1号機からも12年の月日が経っていた。この間、澤は電機会社を退職、自らサニー工研を個人創業して、携帯型すべり抵抗測定機の実用化に専念した。

苦労の甲斐があって、完成した実用1号機は総重量18.8kgと携帯可能な仕様に加え、自動車のバッテリーによる駆動も可能であり、さらにヨコ軸で速度、

タテ軸で連続する動摩擦係数を一目瞭然とすることができる画期的な機械だった。DFテスター（Dynamic Friction Tester）と名づけた携帯型すべり抵抗測定機を、2人は万感の思いで握り締めていた。

国内で相手にされず、海外へ活路を見出す

DFテスターを手に入れた安部は建設省土木研究所道路部舗装研究室や、建設省土木研究所OBで日本のすべり研究の第一人者であるセントラルコンサルタント社長の市川薫らを訪ね歩いた。

彼らはDFテスターの性能を高く評価して、応援してくれた。財団法人日本自動車研究所による、すべり抵抗測定車による測定結果との相関関係においても良好な数値を示した。しかし、販売には結びつかず、初年度の販売実績はわずか2台のみだった。

研究開発費の回収のために企業や団体などへ売り込みに回って分かったことは、「どんな素晴らしい機械をつくっても無名企業だと、日本ではまったく相手にされない」という現実だった。このため、性能本位で評価してくれる海外へ活路を求めて、安部と澤は旅立った。昭和62（1987）年6月のことだった。

2人は35日の間にアメリカ、カナダ、イギリス、ドイツ、フランス、イタリア、スイス、オーストリアと8カ国を巡った。各国のすべり研究者らを前にして、パンフレッ

5 すべり抵抗の測定で世界に挑んだ男

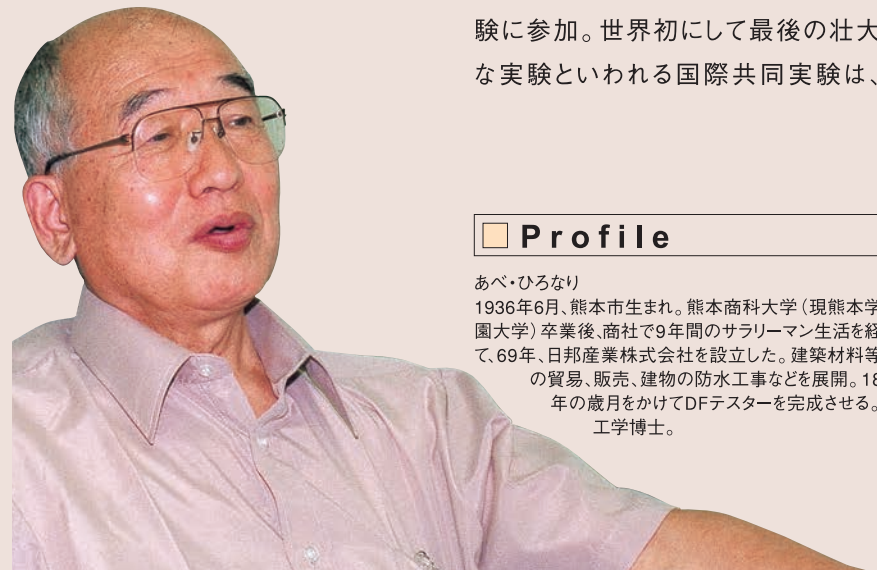
トや技術資料を手につたない英語で懸命に説明する2人の姿は好感を持って受け入れられた。

プレゼンテーションする先々で聞かれたことのひとつに「DFテスターはASTM*注-1を取得しているのか」だった。安部自身は、「日本のJISに相当するアメリカの規格」という認識はなかったが、今回の訪問で国際共通規格としての側面があることを知り、DFテスターでのASTM取得を宣言した。

*注-1 ASTM＝アメリカ国内で使われる材料と試験の規格を取り扱う学会

世界的な権威、 ヘンリー教授との 運命的な出会い

長期の海外出張から戻った安部と澤は、その足で再びアメリカへ飛んだ。



Profile

あべ・ひろなり
1936年6月、熊本市生まれ。熊本商科大学（現熊本学園大学）卒業後、商社で9年間のサラリーマン生活を経て、69年、日邦産業株式会社を設立した。建築材料等の貿易、販売、建物の防水工事などを展開。18年の歳月をかけてDFテスターを完成させる。工学博士。

前回面談したペンシルヴァニア州立大学教授のワンボルトがもう一度説明を聞きたいというのだ。

大学の研究室を訪れた2人にワンボルトは同僚であり、彼とともに世界的なすべり研究の権威である教授のヘンリーを紹介した。偶然にもヘンリーは彼らが作成した資料を入手して、興味を持っていたのだ。当日、ヨーロッパ出張を控えたヘンリーは出発時間ギリギリまで、すべり抵抗の測定を繰り返し、測定値の信頼性の高さを確認した。

平成元(1989)年12月、ヘンリーの招待で安部はASTMの会議にオブザーバーとして出席した。その後、ヘンリーと他の会員の推薦を受けて、ASTMの正会員となる。ただし、肝心のDFテスターのASTM認定に関しては、音沙汰なしのままだった。

その後、ヘンリーのすすめで国際シンポジウムにおいて論文を発表した。さらに平成4(1992)年9月、ベルギーから始まる、すべり抵抗測定の国際共同実験に参加。世界初にして最後の壮大な実験といわれる国際共同実験は、

ベルギーとスペインの2ヵ国で行われ、実に2ヵ月にも及ぶ。零細企業をそれぞれに経営する2人は、“清水の舞台”から飛び降りる覚悟で参加した。

ASTM取得、世界が DFテスターを認めた

世界中のすべり抵抗測定機を集めた国際共同実験は壮観なものだった。もっとも、安部らにとっては、国際共同実験での滞在費もギリギリまで切り詰め、さらに移動もレンタカーというハードなものだった。加えて、すべり抵抗測定の権威を自認する者の集まりだけに、安部らが持参したDFテスターも「たいしたことがないとバカにされ、最初は肩身が狭い思いをした」。

大型機が目を引く中、安部と澤が開発した携帯機にマスコミ関係者らの目が留まり、翌朝ベルギーの朝刊は写真付きで紹介した。途中、ホテルの玄関でめまいを起こして安部が倒れるというハプニングに見舞われながらも、関係者にとってDFテスターの高性能は次第に認めざるを得ない存在となっていく。そして、彼らの方から安部らのもとに足を運んで、いろいろ聞いて来るようになる。

一方、ASTMの年2回の総会に英語が苦手にもかかわらず、安部は律儀に参加していた。平成6(1994)年5月、DFテスターをASTMで審議する案件が承認された。ASTMでは審議の結果を踏まえ、投票制で決定するのだ。採択



NASAで開かれたすべり抵抗測定の研究会。大型旅客機による実測定（左）とDFテスター測定（右）

に当たって、全会一致を原則とする。DFテスターに関しては、平成10(1998)年12月にDFテスターの規格最終案が全会一致で承認された。世界が、DFテスターを国際規格基準として承認した瞬間だった。

エピソード～ NASAで考えたこと

国際共同実験に参加したのがきっかけになり、翌年から安部はNASA（アメリカ航空宇宙局）が主催するすべり抵抗測定の研究会に参加している。初期は測定機も多彩だったが、回を重ねるごとに機種も絞り込まれていった。最近、研究会を訪れたカナダの高官が「ここはDFテスターの測定会かい」と皮肉ったが、事実アメリカの公的機関でDFテスターは浸透しつつある。

そんなNASAでの研究会で安部が感銘を受けたのは、滑走路を用いた大型旅客機による実験だった。「安全に

対して、そして人の命のために金に糸目をつけずに研究する」、その姿に心打たれたのだ。その一方で、「日本ではどうだろうか」という思いも交錯する。日本では計測のために、高速道路1つだって止められるだろうか。

安部自身、すべり抵抗を測定するという未知の世界に飛び込み、そして考えたことは、「バイク事故に象徴されるように多くの若者がすべりなどを原因とする事故で亡くなっている。彼らの若い命を救いたい。事故が起こらないようにするには、どうすればいいか。現場を知っている警察官が見て回って、ツルツルになったマンホールなど危ない場所を指摘する。各国でもそんな取り組みを始めており、国際会議にも出ている」ということだった。

商科大学出身の安部は60歳で室蘭工業大学に入学し、63歳で工学博士号を取得した。今、ひそかに英語の勉強を始めている。安部の挑戦は、これからまだまだ続く。（敬省略）

DFテスターの仕組み

上下に2枚の円盤があり、下の円盤に測定用ゴム片（＝ゴムスライダー／自動車のタイヤに相当する）が3個取り付けられており、この円盤を電磁石で引き上げ、モーターで高速回転させる。回転速度は速度発電機で連続的に検出し、測定したい速度にきた時に駆動電源スイッチをoffにすると円盤が下がりゴムスライダーが路面に接触して、円盤は徐々に減速しながら回転する。上下の円盤はバネにてジョイントされ、そのバネの伸びで摩擦力を検出する。加重はあらかじめ決まっており、円盤に作用する重力も既知であり、その荷重で摩擦力を割ってやれば動摩擦係数が出せる。



DFテスター



路面に接触する表面。円盤にゴムスライダーが取り付けられている

6 二輪車を中心に タイヤのすべりを考える



株式会社ブリヂストン MC タイヤ開発部部長
戸村 敦次さん

人を乗せて走るタイヤには、安全性と快適性が求められる。さまざまな性能を1本のタイヤに組み込み、つくり上げていく中で、すべりの問題はどのように位置づけられ、どのような取り組みが行われているのだろうか。ブリヂストンMC（二輪車）タイヤ開発部部長の戸村敦次さんに話を聞いた。

タイヤのすべりのメカニズム

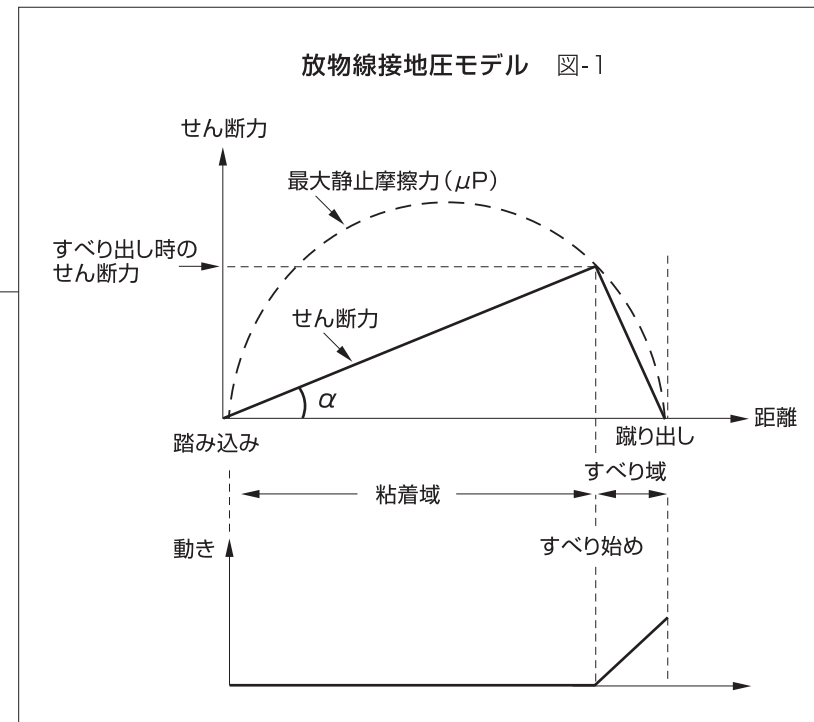
——タイヤのスリップ、特に二輪車のタイヤのすべりについて、お話をお聞きしたいと思います。最初に、タイヤのすべりのメカニズムを教えてください。

戸村 基本的に静止摩擦の限界を超えるとすべります。車が走る時、タイヤのトレッド面（パターンと呼ばれる溝模様がある部分）が路面に働くせん断力は、タイヤが路面に接地した踏み込むところから始まって、路面を離れる蹴り出しにかけて増大していきます。その摩擦のモデルを理想的な放物線で示したのが、図-1です。横軸はタイヤの接地面が路面から離れる距離、縦軸がせん断力です。放物線は、最大摩擦係数と接地圧をかけた最大摩擦力を表す静止摩擦円です。円内の粘着域では、タイヤは路面に完全に粘着している状態で、したがって路面との相対的なすべりはありません。せん断力の傾きが時系列的に変化していき、静止摩擦円の限界、

最大摩擦力に達した時に、タイヤはすべり始めます。

これを消しゴムを例にとって言うと、机の上で強く消しゴムを押さえつけても消しゴムは減りませんね。ところが消しゴムを前後に動かすと、擦られて減っていきます。蹴り出しの時に摩擦するので、分かりやすい事例でいえば、トラック・バス用のラグ（悪路走行に適したパターン）のタイヤで、図-2のようにタイヤのブロックの蹴り出しで減っている、摩擦しています。ヒール・アンド・トーといって、均一に摩擦しない偏摩擦の例です。通常、タイヤに限らず、静止摩擦の限界を超えたところからすべり始めると考えていいと思います。タイヤのすべりは、横すべりでも縦すべりでも、基本的な考え方は同じです。

——この静止摩擦円で、例えばマンホールふたのすべりを考えるとどうなるのでしょうか。



戸村 マンホールふたの表面の静止摩擦力がどうかということで変わってきます。いわゆる表面の摩擦係数 μ が高いか低いということです。

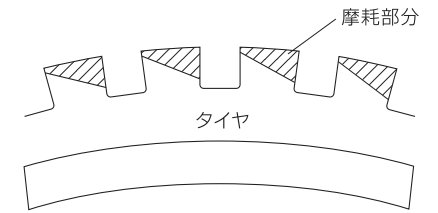
——マンホールふたは一樣でなく、表面がデコボコしていますが、それはどう影響してくるのでしょうか。

戸村 絶対値が大きくなるか、小さくなるかなんですが。あとは、マンホールふたの表面の μ が低くても、タイヤの方で押し付ける圧力を高くしてやれば摩擦円は大きくなりますね。

——ふた表面の模様の深さが減ってくると、当然すべりやすくなりますが、タイヤ側から見ると、どういう理屈になるのでしょうか。

戸村 たぶん、ふたの表面は、粗いものから平滑に近づいていきますね。マクロ的に見ると、 μ が下がって来ているという解釈です。あとは、模様が減ると雨の日など水が溜まりますよね。それも悪

ヒール&トー摩耗 図-2
(HEEL&TOE WEAR)



※「自動車用タイヤの基礎と実際」山海堂

くし、ゴム内部のロスを上げてやることで横すべりが抑制される。路面の形状に応じてとるべき材料の最適な配合の方向が違います。

——ところで、タイヤには、すべり摩擦のほかに転がり摩擦も関係しているのですか。

戸村 タイヤにはすべり摩擦の他に、すべり摩擦よりは小さい転がり回転を妨げるように働く摩擦抵抗力があり、転がり抵抗といった方が分かりやすいと思います。

すべり摩擦の方は、走行中にタイヤのトレッド面が静止摩擦領域を超えたところから発生しますが、転がり抵抗は走行中のタイヤに繰り返し変形が発生することに起因するゴム内部のエネル



株式会社ブリヂストン（本社・東京） 国内最大のゴム・タイヤメーカー。フランスのミシュラン社に次いでシェア世界第2位。乗用車、トラック・バス、二輪自動車用タイヤなどを扱うタイヤ部門と、自動車関連部品、ウレタンフォーム及びその関連用品などの化工品、ゴルフボール、ゴルフクラブなどのスポーツ用品、自転車や関連用品、ファイナンスほかを扱う多角化部門がある。エコマネジメントなど環境社会活動にも取り組んでいる。

6 二輪車を中心にタイヤのすべりを考える

ギーのロスが要因となっています。ゴムのロスが高いほど、転がり抵抗は悪く（高く）なります。一般的にゴムの μ が低い方が転がり抵抗がよく（低く）なるので、グリップ（路面をしっかりとらえてすべらないこと）しないタイヤの方が転がり抵抗は低くなります。つまり、すべり

やすいということですね。しかし現在は材料面での研究が進み、グリップを犠牲にすることなく転がり抵抗を小さくできるようになっています。この繰り返しの変形に伴うロスを減らすことが、今、燃費の低減、省エネルギーの観点からも重要と考えられています。

タイヤのスリップ対策への取り組み

——タイヤのスリップ対策には、どのように組み込まれているのでしょうか。

戸村 基本的にタイヤはすべらせない方向で日夜努力しているのですが。つまるところ路面との関係であり、雨や雪、砂など、あらゆる状況ですべらないタイヤをつくりたいと思っていますが、非常に難しい。スリップする限界を上げていっても、どこかですべる。絶対にすべらない、というわけにはいかないんですね。そこで今では、どちらかというと限界を上げるより、すべった後の挙動を考えよう、と。すべりにくくするために最大静止摩擦係数を上げていくと、限界は上がっても、すべった後の力も強い。限界を上げていくと、限界を超えた時の挙動がどうしても唐突になるんです。その兼ね合いをどう考えていくか。

二輪の場合、ライダーが一番恐怖感

を覚えるのは、早い周波数で乗り物が揺れたりすべったりすることなんです。具体的にいうと、すべった時のタイヤの変形解析を行って、どこを変形させるのがライダーに一番恐怖感を与えないような変形挙動になっているのか——その変形モードを見たり、タイヤの形状、構造や材料など、そこにはっきりしたパターンが出てきます。同じスピードですべてでも、遅い周波数ですべるなどといった考え方は、タイヤじゃないとできない方向だと思います。

バイクの場合、タイヤが路面に接触している面積は、およそ名刺大くらいしかない。1000ccある最近の大きなバイクだと、馬力は170から180あるから、到底持たないですよ。この面積で170馬力のトルクを支えるということはできない、どこかですべります。絶対す



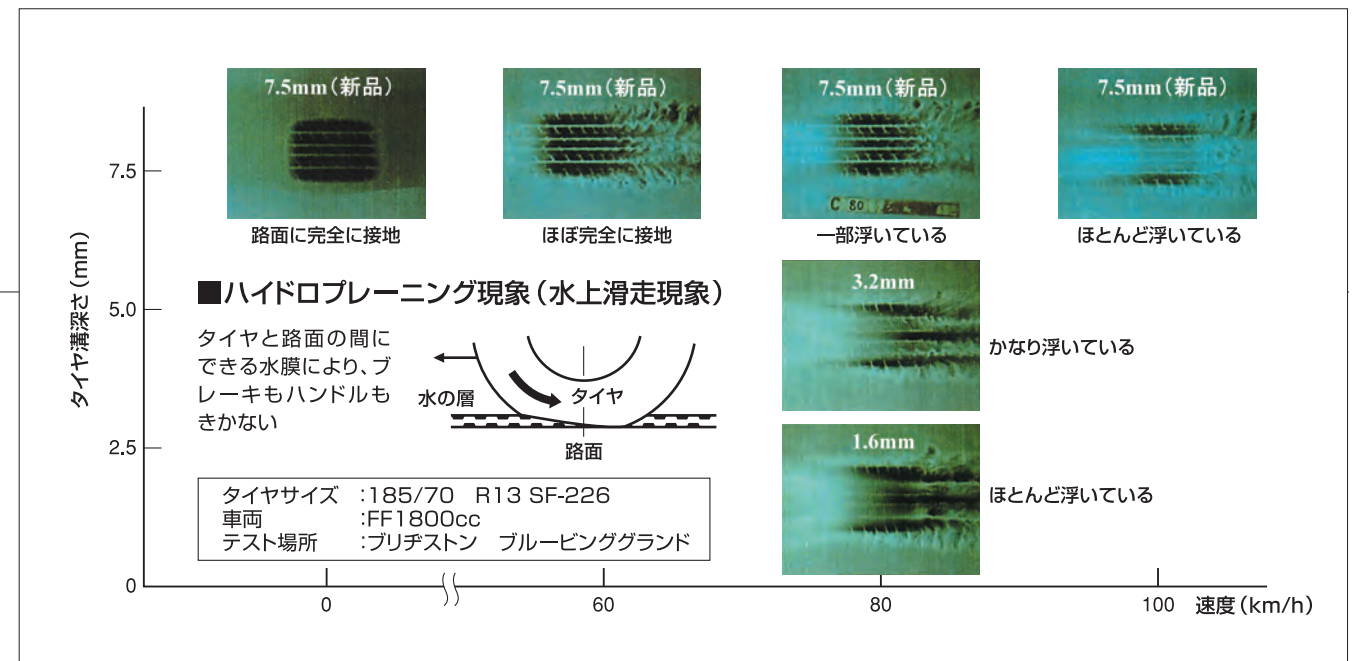
スノーシュミレーション

べらないというのは、まず無理だと思います。だとしたら、すべった後の挙動をいかにマイルドにしてやるかということ、特に考えていかなければならない。私たちも研究しているところです。

以前、日之出水道さんと、マンホールふたの耐スリップデザインを長期間にわたって研究し、共同開発したことがありましたが、絶対的なすべる、すべらないという問題と同時に、すべり出しの挙動の方もやりました。すべった後、ずっとすべるのか、ちょっとすべるだけなのかで違ってきますからね。

——スリップ対策では、スノータイヤの場合も同じような考え方なのでしょうか。

戸村 ちょっと違いますね。スノーの場合は、いわゆるオフロードと同じ考え方です。雪を踏み固めるのをきっかけにして前に進む。踏み固められた雪との雪柱せん断力で前に進むのです。雪を



いかに踏み固めて、トラクション（路面を蹴り出す力）を稼ぐか。ですから、タイヤのブロックの形状、大きさ、配置などを考えていかなければなりません。踏み固めた雪がたくさんできればできるほど、すべりにくくなります。また雪も、フワフワなのかグチャグチャなのか、雪質によってタイヤを持っていく方向が違うので、雪の研究もやっているんですよ。

——アイスパーンの場合は、どうなりますか。

戸村 スノー機能とアイス機能は二律背反。相反しているので、特に難しい。最もすべりやすいのが、0℃のミラーパーン。氷の上に水が浮いている状態です。これがマイナスになって凍結してしまうと、かえってすべりません。スパイクのないスタッドレスタイヤのアイスでは、水をいかに排水させて、ブロックを氷に接地するかが課題です。同じデザインでも、ブロックの隙間を空けてつくった方がスノーの性能はよくな

るが、アイスは詰めてたくさんあった方が接地面積が増えて μ が稼げる。どちらの機能をどこまでとるかという兼ね合い。冬用のタイヤは難しいですね。日本では、路面が除雪されて、0℃の氷の上に水が浮いていることが多いので、状況はとてもしビアです。

——すべりとハイドロプレーン現象はどういう関係にあるのでしょうか。

戸村 ハイドロプレーンは、路面に水膜が張って、タイヤと路面は接触していない状態ですべり続けることです。これはすべりというより、スピードに依存しています。スピードを上げれば、単位排水が追いつきません。タイヤが単位時間あたりに排水できる量は、トレッドパターンで決まっています。つまり、タイヤの溝はポリウムによって水が入る量が決まっていますので、これを超えると排水できずに、路面との間に水が介在してくる。高速道路で轍に水が溜まっている時、回転数が上がることがありますね。タイ

ヤが機能していないのです。路面と接触してはじめて、ゴムは機能するのです。

タイヤがスクエアな車に比べ、路面との接地面積が小さい二輪は接地圧が高く、水が逃げる形状をしているので、ハイドロプレーン現象を起こしにくい。雨の日の高速で、車だと100*くらいしか出せない時でも、二輪は140から150*。平気で出せます。流行のワイドタイヤだと、扁平な形をしているので、接地面積が増えて接地圧は下がるので排水が悪く、ハイドロプレーンを起こしやすい。速度と圧力に関係し、接地圧が高い方



二輪車のタイヤ（良路用）。フロント（左）とリア（右）

6 二輪車を中心にタイヤのすべりを考える

が起こしにくいのです。二輪の場合はまた、前後のタイヤの大きさが違って、代表的なオートバイですと、タイヤのフロント（前輪）の太さが120ミリ、リア（後輪）だとトラクションがかかるので太く

て180～190ミリ。接地面が小さくて接地圧が高いフロントが先に水膜を切り、後でリアが通過する時は水膜が切れているという状態になる。でも、水の量が多いと、再び水膜ができてしまいます。

相反するタイヤの性能をどうまとめていくか

――横すべりを防ぐためには、タイヤのトレッド面のデザインも違ってくるものですか。

戸村 トレッド面の溝の刻み方は、ドライの横すべりを重視するか、あるいはウェットの排水性を重視するかということでも違うんですね。溝のパターンの切り方、深さなどというのは、技術がいっぱい詰まった領域でもあるのです。

――マンホールふたでは、1つのデザインの上にタイヤが全部乗ってしまうとすべりやすくなります。デザインを細かくして、方向性もないということが必要で、乗っても大丈夫なマンホールふたをつくらないといけないと考えています。

戸村 二輪通勤者として思うに、マンホールのふたはすべてと経験的に知っているから気をつけて走るというのが、まずありますね。多少すべってドキッとしたことはありますが、転倒してケガをしたという経験はないです。リアが少々すべっ

ても対応できます。フロントがすべったら転ぶか転倒するでしょうが、その前にマンホールの上を通過する時は、バイクを起こしている。真っ直ぐだったらすべっても転びませんから。二輪車が転倒するというのは、コーナリング中にフロントがすべって、そうになったら立て直しようがなくて、そのまますべるしかない。

ところで、ヨーロッパなどに比べて、日本ではマンホールのふたの上にアスファルトが敷かれているものが少ないのはどうしてですか。ライダーとしては安心できるものなのですが。

――耐久性が悪く、メンテナンスが大変なのです。舗装のアスファルトは厚みが5センチか10センチあるので耐久性もありますが、マンホールの場合だとせいぜい2.5～3センチくらい。交通量があるとすぐはがれるし、耐久性を上げるために深みを出すこともできますが、重くなって維持管理が大変になってしまう。今は

歩道など、車があまり通らないところに使われているくらいですね。ライダーにとっては同じ材質の方がいいだろうとは思いますが。

マンホールふたも、表面的なデザインからすべらないような方向へと、性能面が重視されるようになってきました。摩擦抵抗も場所によって違うわけですから、周辺と同化するような材質、構造、デザインを考えていかなければならないところだと思うのですが、今のところ、均一の材質でしのがざるを得ないような状態です。車道のスリップ対策として、アスファルトをふたに充填している都市もあります。

ところで、すべりと音など、タイヤの性能間の関係性という問題は どうなっているのでしょうか。

戸村 すべりと音であれば、その発生源は、ある意味同じところと考えて間違いないと思います。音の場合、ミクロ的に同じ1つのブロックの中でどこがどうというところを見ていくと、すべり領域になった時、トレッドの振動が熱エネルギーになったり音になったりしています。

しかし、例えば、雨の日の排水性を考慮すると、犠牲になるのはドライの性能です。排水性のために溝を入れれば入れるほど、実接地面積が減ってくるので、ドライのすべり性は悪くなります。

レース用であれば、レース中でも天候によってタイヤを替えることができますが、一般の車では同じタイヤで雨の日も晴れの日も走らなければならない。1つの性能を単体で、例えば、音を下げる、乗り心地をよくする、横すべりを減らす、排水性を高くするなど特化した性能を上げるのは、まだやさしいのです。けれども、いくつもの性能を同時に満たしていかなければならない。先ほど、二律背反と言いましたが、二律背反ならまだいいのですが、いくつもの相反する性能を1つの製品開発の観点としてまとめ上げていく、そこが難しいのです。

――タイヤは設計段階でどれくらい

のμになるというのはわかるものなのか。

戸村 CAE（コンピュータ支援エンジニアリング）を使って、ある程度の予測は可能ですが、タイヤをつくらないうえにCAEだけで設計できるというところまでは進んでいません。ゴム単体の材料だけならば、ラボで試験する方法はたくさんあります。しかし、タイヤを車や二輪に着けて、いろんな条件下で実際に走らないと、開発は進みません。

それに単一の機能であれば、シミュレーションをして、かなりのところまで予測できるところまで来ています。例えば、ハイドロプレーン性であれば、このく

らいのパターンであれば、このくらいのスピードではハイブレは起きない、とパターンデザインの開発の時に予測するところまでは来ている。雪上のトラクション性や音など、ある程度のシミュレーションベースでかなりのところまで予測できるようになった。しかし、総合的なタイヤ性能をつくり上げるところまではいっていません。人が乗ってどう感じるか、ということなんです。つくって、着けて、走って、人の感性で評価する。これは、ずっとなくなる应该不会ですね。必要でなくなる時代はやってこないと思いますよ。



PROFILE

とむら・あつし
東京都出身。1978年、(株)ブリヂストン入社。ラ
イトトラック用タイヤの開発を経て、81年より現在
の二輪車タイヤの開発に携わる。



ウェット路面旋回時の耐スリップの性能テスト

写真-1.2

テニスのバイオメカニクスデータとテニスシューズ 写真-5

にくいコートで、ストップ性の高いシューズを履くと、止まりすぎてケガをすることがあるくらいよく止まります。それくらいの違いがあります。

シューズにはコートサーフェースの違いによって、靴底の意匠も大きく分けて2タイプあります。オールコート用のヘリンボーンと呼ばれる一番ポピュラーなタイプ(写真-6)の意匠では、波形をすべりに対する壁になるように、動作に合わせて向きを全部変えています。クレーや砂入り人工芝用(写真-7)ではスタッドが砂を噛んですべりを止め、意匠の間に砂や土が詰まらず、次の動きですぐにリセットできるように形状や間隔を設計しています。

●

テニスの場合、すべりの動きが重要になる。そこでミズノでは、すべりの動きを再現する装置を使い、独自につくったハードやクレーなどそれぞれのコートで、実際にすべらせて摩擦係数を計測し、評価を行っている。「すべりは基本的に靴底の材質と意匠によって決まります」と荒木さんは言う。さらに、「すべりは突き詰めていかなければならない問題だと思っています。いろんな動きと方向、そしてサーフェースの違い。なかなか靴として、1つのすべりに特定できないところが難しいです」と。これから、



写真-6 (ヘリンボーン)



写真-7 (クレーや砂入り人工芝用)

テニスやさまざまなスポーツシューズの中で、すべりはいかに検討され分析され、プレーする選手たちをサポートする性能として盛り込まれていくことになるのだろうか――。

靴底の意匠は、タイヤのトレッドパターンによく似ている。荒木さんも「タイヤと一緒に、テニスシューズもグリップがよすぎると摩耗が早い」と言う。車のタイヤと靴、特にさまざまな性能が求められるスポーツシューズには、共通した理念が流れているようだ。テニスをはじめスポーツによって異なる複雑な動きを支える靴底には、動作解析で得られた力の大きさや方向性を点と線で埋めていき、求められる性能を技術で立体化したメカニックで美しい地図が描かれていた。



お話／ミズノ株式会社 商品開発本部
技術開発部フットウエア開発課副主事
荒木 研史さん

ミズノ株式会社
世界でも屈指の総合スポーツ品メーカー。スポーツグッズ、スポーツウエアなどスポーツに関わる製品の製造、卸売、販売。各種スクール事業。スポーツ振興にも力を注ぐ。

テニスとコートサーフェースの話

青森大学硬式テニス部部长・監督 塚本 新治さん

世界4大会 コートサーフェース事情

テニスの歴史は、かなり古い。通称グランドスラムと呼ばれている世界の4大会について述べてみると、第1回全英テニス選手権大会(ウインブルドン、ロンドン)は1877年、第1回全米テニス選手権大会(USオープン、ニューヨーク)は1881年、第1回全豪テニス選手権大会(オーストラリアン・オープン、メルボルン)は1906年、第1回全仏テニス選手権大会(ローラン・ガロス、パリ)は1925年に開催された。当初、ローラン・ガロス(全仏、パリ)のコートサーフェースは、アンツーカー(赤土レンガを砕いたクレーコートで、日本では関西地区に見られる)で、全英、全米、全豪の大会は、全て天然芝(ローンコート)であった。しかし、コートサーフェースの維持管理の難しさなどの理由で、全米は、ハードコート(アスファルト)、全豪は、ハードコート(リバウンドエース)に変更されている。テニスは、1969年にプロ化されたが、当時、プロは、ストリート・テニスと称して、普通のアスファルト道路にコートをつくり、興行したこともあった。

テニス競技は、雨による中断が大会運営者を悩ます。全豪、全米選手権大会が、ハードコートにした理由の一つは、芝生、クレーは、雨の後の試合再開の時間がかかり、その問題を回避することもあったが、ハードコートの問題は、地表の温度が40℃を越すこともあり、プレーに支障が出てきた。全米の対策として、デイトタイムとナイトタイムに分けて試合を組み、全豪は、4大会唯一の開閉式の屋根付きスタジアムであり、Extreme Heat Policy(エキストリーム・ヒート・ポリシイ)が導入されコート外の気温が35℃以上、湿球黒球温度が28℃を上回った際に、主審が試合開始時間を遅らせたり、屋根付のコートは、屋根を開けてプレーされることになる。雨対策につい

ては、全米、全仏、全英の3大会は、雨が来ると、すぐに試合を中断し、コートカバーをかける。晴れたらすぐに、コートカバーをはずし、試合を再開する。

コートサーフェースの 特徴と最適な靴選び

さて、プレーヤーにとって、コートサーフェースは、自分のプレーの得意、不得意が勝利を左右する。全ての選手に共通する準備は、シューズの問題である。天然芝(ウインブルドン)は、芝生の上を素早く、滑らずに、動けるシューズのソールに各メーカーが技術にしのぎを削る。ウインブルドンのセンターコートは、全英オープン開催中の2週間だけ使用される。大会が始まった直後は、新鮮な芝生でボールがよく滑り、バウンドも少ない。サービスアンドボレーが効果的な戦術となる。しかし、2週間目に入ると、芝がはげ、クレーコートに近い状態になる。ウインブルドン5連覇を成し遂げたビヨン・ボルグ(スウェーデン)は、1、2回戦が最も苦戦する試合が多く、後半は得意なクレーコートに近い試合ができるので問題はなかった。

クレー(ローラン・ガロス)は、滑りながら打球したり、肝心な踏ん張りが必要な時は、土を確実に捕らえて、打球できるソールが不可欠になる。しかも、雨が降り、湿気が多くなると、重馬場になり、ボールのスピードが緩み、バウンドが低くなる。天気が続くと、コート面は、コンクリートのように硬くなり、ボールが弾み、速くなる。しかも、クレーでは、ボールの回転がバウンド後に効果的になり、コートの端から端までを使ってプレーするため、スタミナとスピードと忍耐力とともに、プレーヤーのあらゆる能力が必要とされ、フランス人は、レッド・クレー・コート(アンツーカー=En Tout cas=In any case)である全仏オープン大会を誇りに感じている。全米、全豪のハードコート(アス

ファルト)は、ボールのバウンドとスピードは、天然芝、クレーの中ぐらいであるが、表面が硬く、イレギュラーが少ないが、足、腰に負担がかかる。シューズは、滑ることなく、ストップでき、しかもショックを吸収するソールが必要となる。

かつて、日本のコートサーフェースの歴史を振り返ると、クレーコート、そしてハードコートで、現在は、砂入り人工芝が主流となっている。その理由は、雨の多い日本では、多少雨が降っても雨を地下に吸収し、大量の雨の後でも、30分以内には、試合開始できる利点がある。しかも、足に負担がかからず、スライドも、ストップもできるという点で、まさに生涯スポーツ、雨の多い地域のスポーツとしてテニスの普及に役立っている。しかし、ボールのスピードが遅くなるため、プロプレーヤーには、敬遠され、今のところ、国際大会の公認サーフェースに認められていない。

最後に、テニスシューズの摩耗が問題となる。新しいものは、ソールの溝も深く、減っていないのでストップ、スタートがうまくできるが、擦り減ってくると、ストップ、スタートが遅くなる。テニスを週1〜2回するプレーヤーは、年間2足、毎日テニスをする学生は、年間4〜6足使っている。



■ Profile

つかもと・しんじ
長野県出身。北海道大学工学部衛生工学科卒、フランス国立スポーツ体育研究所高等専門学科(INSEP, Paris)修了。現在、青森大学体育主任教授。専門:スキー(フランス国家検定資格=ナショナル)テニス(日本体育協会公認テニス上級コーチ)

インタビュー

■ G&U技術研究センター

代表取締役所長 中川 幸男

建設省（現・国土交通省）などでの下水道計画・設計の実務経験を活かして、次世代のマンホールおよびその関連技術の研究開発に取り組んでいる。2004年より現職。



■ G&U技術研究センター

常務取締役 田中 博



株式会社G&U技術研究センター

G&Uとは、Ground&Undergroundを意味しており、Ground、つまり地上空間におけるマンホール本体とその周辺道路、そしてUnderground、つまり地下空間におけるマンホール本体と周辺管路までを主たる研究領域に、これからの時代に向けて必要とされる新しい「都市空間における高度な安全環境の創出」をめざしています。

G&U Ground and Underground 2006.Vol.②

● 発行 2006年10月

● 発行所 株式会社G&U技術研究センター
〒350-0164
埼玉県比企郡川島町大字吹塚732-157
TEL:049-299-1028 FAX:049-299-1026
URL:http://www.ground-underground.jp/

● 発行人 中川幸男

● 編集協力 株式会社プロジェクト福岡

● デザイン R-factory

● 印刷 株式会社ゼンリンブリンテックス

G&U Ground&Underground
創刊号(2006.Vol.1)

○特集「性能規定化の動向とマンホールふた」

より高度な「安全」を求める市民からの要望が高まるなか、あらゆる分野において性能規定化への動きが加速し、様々な取り組みがなされている。あらためて『市民の安全』の視点から、あるべき姿の性能規定を探る。



G&Uの出版物



マンホールの博物誌

○水と道路と人々の交差点

マンホール鉄蓋における過去、現在、そしてこれからの問題・課題の変遷をたどるとともに、さらに進化を続ける次世代技術の胎動を分かりやすく紹介。
ダイヤモンド社(税込2,940円)