

歩行者系舗装のすべり抵抗性に関する研究(その2)

—すべり抵抗値と歩行者アンケート調査を併用した評価—

からさわ
唐澤
やぎぬま
柳沼

あきひこ
明彦*
ひろし
宏始***

たなか
田中
ふかだい
深代

てるえ
輝栄**
かつひろ
勝弘****

うえの
しんいちろう
上野慎一郎**

土木学会 舗装工学委員会 歩行者系舗装小委員会 すべり抵抗性評価分科会では、これまで歩行者系舗装のすべり抵抗性に関する調査および研究を行ってきた。今回、これらの活動を2回のシリーズに分けて紹介する。その1では、歩行者系舗装における「すべり抵抗性に関する既往研究の調査結果」と「世界各国のすべり抵抗性試験方法の調査結果」について報告した。その2の本報では「(独)都市再生機構 戸頭住宅構内に施工された各種の舗装におけるすべり抵抗性測定結果と歩行者へのアンケート調査結果との関係性」ならびに「歩行者系舗装における各種すべり抵抗値の基準値の目安に関する考察」について報告する。

キーワード：歩行者系舗装、ユニバーサルデザイン、すべり抵抗性、東京都の取組み、アンケート調査、すべり抵抗値の基準値

はじめに

平成18年に設立された土木学会 舗装工学委員会 歩行者系舗装小委員会(委員長：竹内康 東京農業大学教授)では、平成22年に「すべり抵抗性評価分科会」「弾力性評価分科会」「平たん性評価分科会」の3つの分科会を設けて、それぞれの性能指標が歩行者の歩行性に与える影響を定量的に評価するための研究を行ってきた。今回、これらの活動を2回のシリーズに分けて紹介している。前号のその1では、歩行者系舗装における「すべり抵抗性に関する既往研究の調査結果」と「世界各国のすべり抵抗性試験方法の調査結果」について報告した。その2の本報では、「舗装路面のすべりやすさ」を定量的に評価し、設計施工の基準に取り込んだ東京都(以下、都)の研究事例を紹介する。また、(独)都市再生機構 戸頭住宅構内に施工された各種の舗装におけるすべり抵抗性測定結果と歩行者へのアンケート調査結果との関連性について述べる。さらにこれらの結果から、歩行者系舗装における各種すべり抵抗値の基準値の目安について考察した結果について報告する。

1. すべり抵抗性に関する東京都の取組み

歩行者系舗装におけるすべり抵抗性に関する地方

公共団体の取組み例として、歩行の安全性にかかる「舗装路面のすべりやすさ」を定量的に評価し、設計施工の基準に取り込んだ東京都(以下、都)の研究事例を紹介する^{1)~3)}。

1-1 すべりやすさの評価基準の考え方

すべりやすさの評価基準は高度な精度と信頼性を有することが望ましいが、都が目指したものは、現場でも室内でも、簡易に、すべりやすさの評価を行うことが可能な指標を提供することに重点を置いたものである。図-1は、都が行ったすべりやすさの評価基準構築の流れである。

調査対象とした歩道舗装は、都心、副都心を中心とした区部51か所である。

1-2 路面のすべり性能を表す指標の設定と測定方法

路面のすべり性能を表す指標は、すべり抵抗値とした。すべり抵抗値を測定する装置は、走行車両のすべり抵抗測定装置として開発された装置であり歩行動作をシミュレートする測定装置ではないが、現場への運搬の容易性、計測方法の簡易性、道路会社に広く普及しているということから、振り子式スキッドレジスタンステスタ(以下、BPT)を適用している。この選択は、従前からの本測定装置による測定経験も考慮したものである。

1-3 すべりやすさの意識調査

すべりやすさの意識調査は、雨天もしくは舗装路

* 土木学会 舗装工学委員会 歩行者系舗装小委員会 すべり抵抗性評価分科会(エスピック(株)開発本部)

** ク (東京都土木技術支援・人材育成センター)

*** ク (太平洋プレコン工業(株)開発部)

**** ク (日進化成(株)技術研究所)

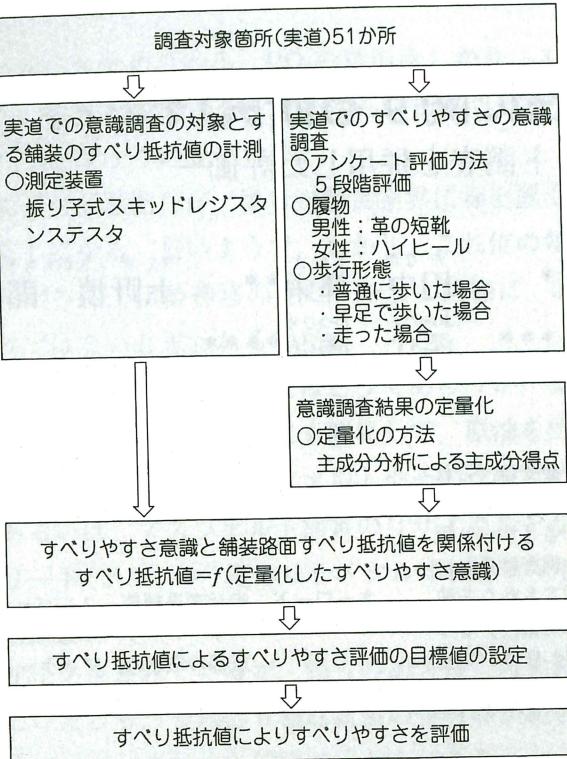


図-1 すべりやすさの評価基準構築の流れ

面が湿潤している状況において、被験者に3段階の歩行形態(普通に歩いた場合、早足で歩いた場合、走った場合)により歩行させ、各形態別に5段階評価(とてもすべりやすい、ややすべりやすい、特に気にならない、ややすべりにくい、とてもすべりにくい)により行った。このときの履物は、原則として、男性が革の短靴、女性がハイヒールとした。

1-4 意識調査結果の定量化

すべりやすさの意識と舗装種類のクロス集計を行い、得られた各舗装路面の5段階評価の各評価段階における被験者の割合を変量とするデータから主成分分析による主成分を算出し、各種舗装に対するすべりやすさの意識の定量化を行った。その結果、第1主成分が舗装路面から感じる「すべりやすさの程度」を表すと解釈し、その第1主成分得点によって、すべりやすさ意識を定量化した。

図-2は、定量化したすべりやすさ意識を表す第1主成分得点とすべり抵抗値との関係を示したものである。見やすい図とするために、早足の場合については表示していないが、早足の場合は、普通に歩いた場合と走った場合の中間に分布する。

第1主成分の負の側に位置する舗装路面はすべりやすいという意識が高い傾向にあり、正の側に位置

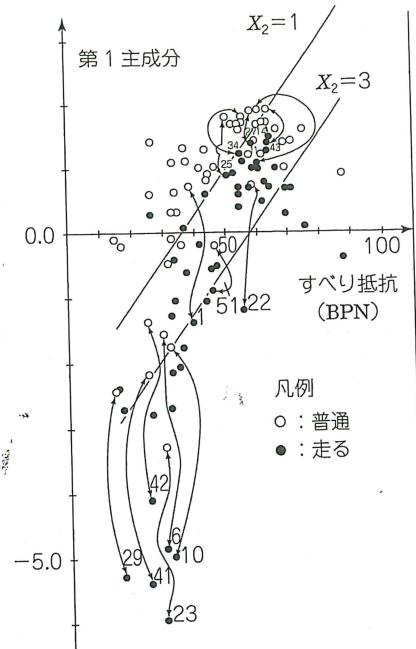


図-2 第1主成分得点とすべり抵抗値の関係

する舗装路面は、すべりにくいという意識が高い傾向にある。

図-2の関係から、歩行状態を考慮した第1主成分得点のすべり抵抗値に対する重回帰式を求め、すべりやすさの評価式とした。評価式を、式(1)に示す。

$$F = -1.790 + 0.068 \cdot X_1 - 0.728 \cdot X_2 \quad \dots \dots \dots (1)$$

($r = 0.74$, 標準誤差 = 1.194, F 値 = 89.2)

ここで、

F : すべりやすさの評価値

X_1 : 湿潤時のすべり抵抗値

(実測値の範囲 BPN 15~88)

X_2 : 歩行状態(普通 = 1, 早足 = 2, 走る = 3)

図-3は、以上の結果より算出した、すべりやすさの評価値とすべり抵抗値の関係を表したものである。歩道舗装路面に必要な下限のすべり抵抗は、最も危険な歩行状態、すなわち走った場合に対するすべりやすさの意識を考慮した。そして、図-3より次の数値をすべりやすさの目安とした。

- ・BPN 40以下は、すべりやすい。
- ・BPN 50以上は、すべりにくい。
- ・BPN 40~50は、どちらともいえない。

1-5 評価基準の取り込み

構築した評価基準は、「歩行者系道路のカラー舗装設計・施工指針(案)」(平成元年3月、東京都建設局カラー舗装設計・施工指針検討委員会)に規定し、その後、上位の基準である道路工事設計基準(東京

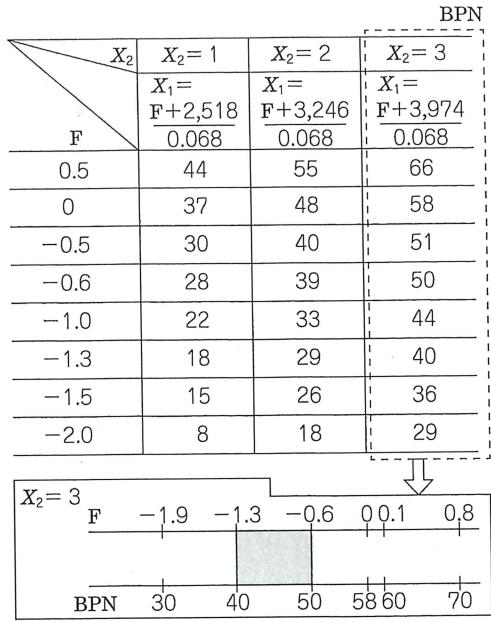


図-3 すべりやすさの評価

都建設局)に取り込んだ。

都における歩行者が通行する公共空間でのすべりに対する基準は、現在、以下に規定している。

① 東京都建設局道路工事設計基準「第3章 補装

6. 歩行者系道路補装の設計⁴⁾

② 東京都福祉のまちづくり条例施設整備マニュアル「2章 道路編⑩ 歩道補装」⁵⁾

2. 茨城県取手市戸頭住宅構内舗装におけるすべり抵抗性評価の試み

既往の研究の多くで、試験器によるすべり抵抗性測定値と歩行者の官能試験とを併用して評価する必要があることが指摘されている。前述の都の事例もその一例である。

すべり抵抗性評価分科会では、すべり抵抗性測定値と歩行者の官能試験との併用評価の有効性を検討すべく、同一地域に多くの歩行者系舗装が敷設される茨城県取手市の(独)都市再生機構の戸頭住宅を評価対象として選定した。そして、これらの歩行者系舗装を対象に各種すべり抵抗試験器による測定を行うとともに利用者に対してすべり抵抗についてのアンケート調査を実施した。この結果から、すべり抵抗性測定値と利用者が実際に歩行した際の感覚にどのような関係性があるかを検討した。

2-1 戸頭住宅構内舗装

戸頭住宅の敷地およびその周辺に敷設されている歩行者系舗装の概要を表-1に示す。

表-1 戸頭住宅歩行者系舗装の概要

名称	記号	仕様等
カラーアスファルト	CAs	赤系
インターロッキングブロック	ILBK	縦98×横198 mm, 敷設パターン2種類
平板ブロック	FL ₁	①縦450×横600 mm
	FL ₂	②化粧タイプ 縦300×横300 mm
タイル	TL	縦100×横100 mm
ゴムチップ	GM ₁	①現場施工
	GM ₂	②ブロック(工場製品)

2-2 アンケート調査

表-1に示した7種類の舗装上を実際に歩行している人に対し、舗装材のすべりに関する5段階評価で記載を求めるアンケート調査を実施した(表-2)。また、このほかに、調査対象者の性別、年齢、履物についても同時に記録した。

表-2 アンケート調査の概要

No.	今歩かれている舗装材について、戸頭駅前のアスファルト舗装と比較してすべりに関してどう感じますか?
1	路面が乾いている場合(すべり(乾燥))
2	路面が濡れている場合(すべり(湿潤))

2-3 すべり抵抗性の測定

(1) 測定方法

測定対象とした舗装材と測定に用いた試験器、および測定条件を表-3に示す。ここで、化粧タイプの平板ブロック(以下、平板)については、DFテスターと歩道用DFテスターのゴムスライダーが表面の溝に引っかかるため測定していない。

なお、インターロッキングブロック(以下、ILブロック)、2種類の平板、タイルおよびゴムチップ舗装の温度補正には、(社)インターロッキングブロック舗装技術協会で提案している補正式を適用した。

表-3 測定概要

試験器名	路面の状態	測点数	舗装材						
			CAs	ILBK	FL ₁ (450×600 mm)	FL ₂ (300×300 mm)	TL	GM ₁	GM ₂
BPT	湿潤	3~5	○	○	○	○	○	○	○
DFテスター	湿潤	3~5	○	○	○	—	○	○	○
歩道用DFテスター	湿潤	3	○	○	○	—	○	○	○
ONO-PPSM	乾燥・湿潤	3	○	○	○	○	○	○	○

(2) 測定結果

1) BPTの測定結果

BPTによるすべり抵抗値(BPN)の測定結果を

図-4に示す。ILブロックと平板(450×600 mm)について、「舗装設計施工指針」(日本道路協会編)等に示されるBPN40以上(湿潤)だけでなく、「インターロッキングブロック舗装設計施工要領」で示される車道部の基準値であるBPN60以上も満足した。タイルは5測点中2点で、ゴムチップ(現場施工)では5測点中1点でBPN40以上(湿潤)を下回った。カラーアスファルトとゴムチップ(ブロック)はバラツキが大きく、平板(300×300 mm)ではBPNが平均42程度にある。

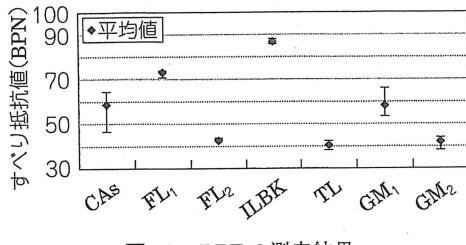


図-4 BPTの測定結果

2) DF テスターの測定結果

DFテスターから得られた20, 60 km/hの動的摩擦係数(DFT(20), DFT(60))の平均値を図-5に示す。これより、カラーアスファルト、平板(450×600 mm)、およびタイルはDFT(20)が大きく、ILブロック、ゴムチップ(ブロック)では逆にDFT(60)が大きい値を示した。ただし、両者の差異は0~0.04と小さく摩擦係数の速度依存性が認められなかった。

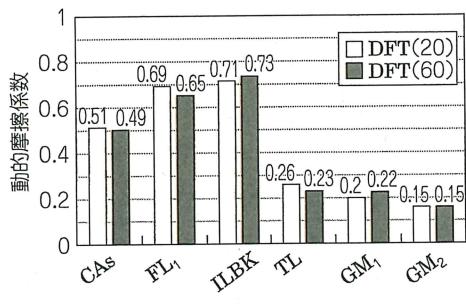


図-5 DF テスターの測定結果

3) 歩道用 DF テスターの測定結果

歩道用DFテスターから得られた速度10 km/hの動的摩擦係数(μ_{10})と静止摩擦係数(μ_s)の平均値を図-6に示す。動的摩擦係数(μ_{10})は、カラーアスファルト、平板(450×600 mm)およびILブロックが大きく、タイルとゴムチップ(現場施工およびブロック)ではその半分以下となった。静止摩擦係数(μ_s)は、すべての舗装材において動的摩擦係数(μ_{10})より大きくなっている。タイルとゴムチップ(ブロックと現場施工)の静止摩擦係数(μ_s)は、動的摩

擦係数(μ_{10})に比べて2~4倍以上の値を示した。人が歩くときすべらないと言われている $\mu=0.5$ 以上の値⁶⁾を動的摩擦係数(μ_{10})と静止摩擦係数(μ_s)で満足したのは、カラーアスファルト、平板(450×600 mm)およびILブロックであった。

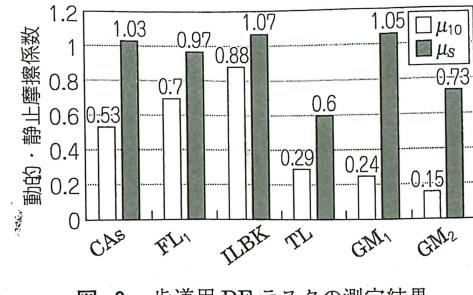


図-6 歩道用 DF テスターの測定結果

4) 携帯型すべり試験器(PPSM)の測定結果

PPSMによるすべり抵抗係数(以下、CSR')の測定結果を図-7に示す。これより、すべての舗装材で「東京都福祉のまちづくり条例」の床の滑りの中で、誘導基準としている「下足で歩行する部分に要求される0.4~0.9」を満足した。タイルとゴムチップ(現場施工)は、路面の状態にかかわらずCSR'が低く、タイルは乾燥、湿潤で最も低い値を示し、コンクリート系のILブロックと平板2種類、およびカラーアスファルトは比較的高い値を示した。ゴムチップはブロックと現場施工では差異が大きい。

CSR'は乾燥状態と湿潤状態の差異が小さく、しかも平板(300×300 mm)とタイル舗装以外では、乾燥状態に比べて湿潤状態の方が大きな値を示す傾向にある。

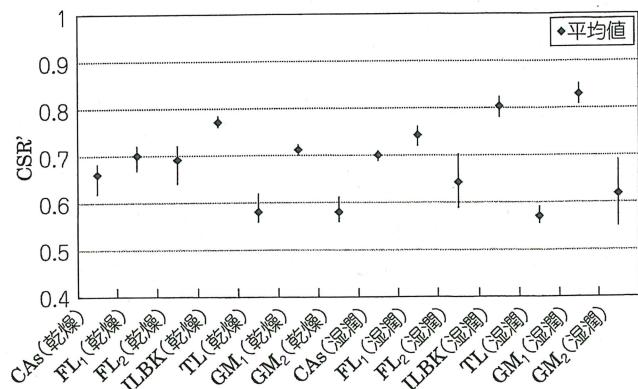


図-7 CSR' の測定結果

(3) 測定結果のまとめ

4種類のすべり抵抗性試験器を用いた測定から、ILブロックと平板(450×600 mm)は試験器にかかわらず高いすべり抵抗性を示し、タイルとゴムチッ

（現場施工）は逆に低い値を示した。タイルについては既往の研究結果⁷⁾からも、BNP、動的摩擦係数、および静止摩擦係数が低いと報告されている。タイル舗装については、今回の調査結果からすべりやすいという結果が得られたが、後述する表面処理工法によってすべり抵抗性を向上させることができる。

（4）各試験結果の相関

本調査で対象とした7種類の舗装材料と4種類の試験器による試験結果の相関マトリックスを表-4に示す。これより、BPTで得られるBNPはDFテスター、歩道用DFテスター、およびPPSMで得られる試験値と高い相関が認められる。また、PPSMと歩道用DFテスターで得られる静止摩擦係数(μ_s)にも高い相関が認められる。既往の文献では、BNPと静止摩擦係数、動的摩擦係数には測定のメカニズムが異なるため相関が認められないとする報告⁶⁾がある一方で、逆に相関があり、速度が大きくなると相関が上昇する傾向が見られたとする報告⁸⁾やBNPとCSR'や摩擦係数の関係をグラフ化して示し、両者の相関については触れず試験法と試験値の対比について報告⁹⁾しているものもある。

これらは、試験器の測定機構の違いや調査対象とした舗装材の種類、測定条件(乾燥、湿潤)等により異なる結果が得られたものと考えられる。

表-4 各試験結果の相関マトリックス

単相関	BNP	DFT(20)	DFT(60)	μ_{10}	μ_s	CSR'(乾燥)	CSR'(湿潤)
BNP	1.00						
DFT(20)	0.86	1.00					
DFT(60)	0.90	0.99	1.00				
μ_{10}	0.91	0.96	0.97	1.00			
μ_s	0.80	0.55	0.60	0.58	1.00		
CSR'(乾燥)	0.77	0.61	0.68	0.72	0.83	1.00	
CSR'(湿潤)	0.76	0.40	0.47	0.46	0.88	0.77	1.00

2-4 アンケート調査結果とすべり抵抗性の関係

（1）すべり抵抗性の測定結果とアンケート調査結果の関係

各すべり抵抗性の測定結果とアンケート調査結果の関係を検討した。ただし、ゴムチップ舗装は、すべり抵抗性試験後に補修工事が行われ、その後にアンケート調査を実施しており、データの信頼性に欠けるため、除くこととした。

各すべり抵抗性の測定結果とアンケート調査結果の相関係数を表-5に示す。各すべり抵抗性の測定結果とアンケート調査結果は、正の相関の傾向を示した。

表-5 測定結果とアンケート調査の相関係数

項目	すべり(乾燥)	すべり(湿潤)
BNP	0.83	0.94
DFT(20)	0.95	0.96
DFT(60)	0.97	0.98
μ_{10}	0.97	1.00
μ_s	0.96	0.85
CSR'(乾燥)	0.97	1.00
CSR'(湿潤)	0.86	0.92

舗装がすべりやすくなるのは舗装が濡れているときである。そこで、図-8～14に「すべりやすさの評価値(湿潤)」と各すべり抵抗性の測定結果の関係を示す。

（2）すべりやすさの定量化

表-2に示したように、アンケート調査結果を点数化した際、「ややすべりやすい」を-1点としており、-1点以下であれば「すべりやすさ」を感じると考えられる。そこで、図-8～14の関係式から

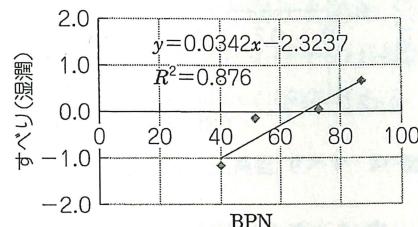


図-8 すべり(湿潤)と BPN の関係

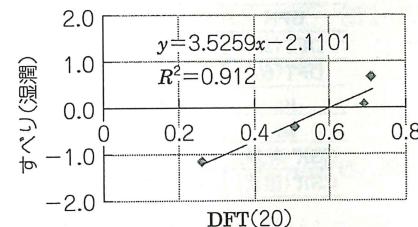


図-9 すべり(湿潤)と DFT(20)の関係

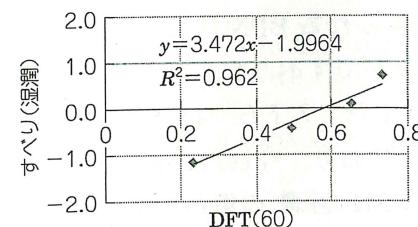


図-10 すべり(湿潤)と DFT(60)の関係

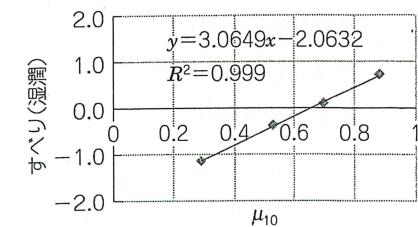


図-11 すべり(湿潤)と μ_{10} の関係

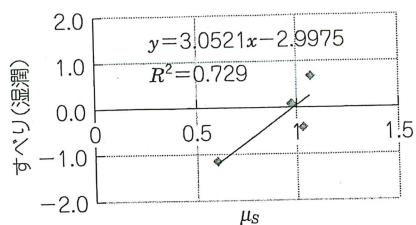


図-12 すべり(湿潤)と μ_s の関係

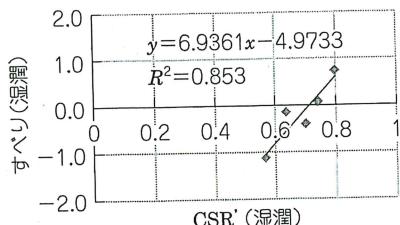


図-13 すべり(湿潤)とCSR'(湿潤)の関係

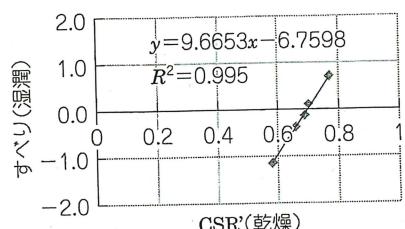


図-14 すべり(湿潤)とCSR'(乾燥)の関係

表-6 すべり(湿潤)が-1点のときの各すべり抵抗性の値

項目	値
BPN	39
DFT(20)	0.31
DFT(60)	0.29
μ_{10}	0.34
μ_s	0.65
CSR'(乾燥)	0.59
CSR'(湿潤)	0.57

「すべりやすさの評価値(湿潤)」が-1点のときの各すべり抵抗性の値を求めた結果を表-6に示す。

BPTで得られるBPNは39であり、田中⁸⁾らはBPNが40以下ですべりやすいとしており、それと一致する。また、久下ら⁹⁾はCSRは0.5~0.8が望ましいと述べており、今回の測定におけるCSR'(乾燥)およびCSR'(湿潤)の値と一致する。

既往の研究⁹⁾では、DFテスターで得られる摩擦係数が0.5以上であれば問題ないとされているが、速度20 km/h および40 km/h のときの摩擦係数が0.31と0.29であり、4割程度低い結果となった。しかし、既往の研究における摩擦係数の0.5以上は、すべりにくくと考えることもできるため、それにより値の違いが出たと思われる。

歩道用DFテスターで得られる摩擦係数の基準値は

ないが、仮にDFテスターの基準値を引用した場合、10 km/h および静止時の摩擦係数は0.34と0.65で、10 km/h は3割程度低く、静止時は3割高くなる結果となった。

前述したように都では、BPN 40以下はすべりやすいとした評価基準を都における歩行者が通行する公共空間でのすべりに対する基準として取り込んでいる。しかし、その他の試験器にはすべりやすさの目安になる基準はない。表-6のBPNは39であり、40に近い値を示している。しかし、2-3よりBPNと他のすべり抵抗性試験で得られる測定値と比較的高い相関が認められていることから、表-6のBPN以外の測定値もすべりやすさの目安の値として有効であると思われる。

3. すべり抵抗性が低下した場合の対策の紹介

歩行者系道路の整備に当たっては、安全で快適な歩行空間を確保するために快適性や景観性を考慮した様々な色調やテクスチャを有する材料が採用されている中で、供用に伴いすべり抵抗性が低下することがある。すべり抵抗性の低下は、舗装材料の材料特性や湿潤状態や肌理の変化、舗装面の勾配等によって異なるものの、紫外線や降雨による材料の自然劣化、汚れの付着および摩耗等が原因と考えられる。ここでは、低下したすべり抵抗性の回復を試みた試験事例について紹介する。

3-1 ILブロック舗装の事例

歩道部に施工されたILブロック舗装で、デッキブラシ(樹脂製)とワイヤブラシを用いて水洗浄を行い、洗浄前後ですべり抵抗性を測定した結果を表-7に示す。この結果、デッキブラシによりBPNが平均2程度向上するのに対して、ワイヤブラシでは平均10も向上することが確認されている。

表-7 ILブロック舗装の回復事例

種類	デッキブラシ	ワイヤブラシ
洗浄前のBPN	43	43
洗浄後のBPN	45	53
洗浄効果(BPN)	2	10

3-2 タイル舗装の事例

表-8は、すべり抵抗値が規格値のBPN40を大きく下回った供用16年以上経過した歩道に施工されたタイル舗装に、数種類の回復工法を試行し処理前後のBPNを比較したものである。この結果より、タイル表面を超高压水(80MPa)で洗浄した後にガラ

スピーズを散布し、トップコートを塗布した後、すべり止め材を散布する工法が最も高い回復効果を示した。次に効果が大きいのはタイル表面をblast処理する工法であった。超高压水による洗浄は、タイル表面の付着物は除去できるものの、BPN40以上を満足しない結果となった。超高压水で洗浄した後、タイル表面にガラスピーズを1層または2層に散布する工法は、基準値のBPN40以上は満足するものの、トップコートを塗布する工法やblast処理に比べると、いずれも効果が小さい。

表-8 タイル舗装の回復事例

工法	超高压水	blast 処理	Gビーズ 1層	Gビーズ 2層	Gビーズ +すべり 止め骨材 散布
処理前のBPN	32	32	31	31	33
処理後のBPN	38	71	44	49	81
処理効果(BPN)	6	39	13	18	48

3-3 天然石舗装の事例

天然石舗装のすべり抵抗性の回復事例は、小さな鋼球等を天然石表面に投射するショットblast工法や表面に細かな刻み目をつける小叩き工法、および超高压水による洗浄工法等が行われている。

おわりに

歩行者系舗装において、人が安全にそして快適に歩行・走行できるという舗装本来の目的にかなった設計を行うことが求められている。しかし、現在、歩行者系舗装の設計を行うための指標および目標値が必ずしも明らかになっていない。すべり抵抗性評価分科会では、すべり抵抗性が重要な指標の一つであり、「すべりやすさ」をいかに定量的に評価し、舗装の性能として「すべり抵抗性」をいかに確保するかが歩道空間整備の喫緊の課題であると考える。

「すべりやすさ」の定量的評価を行うための様々な方法が提案されているが、試験器によるすべり抵抗性測定値と歩行者の官能試験と併用して評価する必要があることを指摘する既往研究が多い。本報で取り上げた都の例は、それら研究事例の一つであるが、全国の自治体で歩行者系舗装のすべり抵抗値をBPN40以上とする根拠となっている。本報では都のすべりやすさの定量化の考え方と具体的な手法を紹介した。

また、すべり抵抗性評価分科会では、すべり抵抗性測定値と利用者が実際に歩行した際の感覚にどのような関係性があるかを検討するため、同一地域に多くの歩行者系舗装が敷設される茨城県取手市の戸頭住宅にて、各種すべり抵抗試験器による測定を行うと同時に利用者に対してすべり抵抗についてのアンケート調査を実施した。両者の関係性から、すべりやすさを定量化した結果、BPTの測定値においてBPN39以下はすべりやすいという結果であり、都の研究事例とほぼ同等の結果が得られた。

さらに、DFテスタや歩道用DFテスタ、携帯型すべり試験器についても測定値のすべりやすさの目安を示したので、歩行者系舗装の設計の一助となれば幸いである。

歩行者系舗装小委員会ならびにすべり抵抗性評価分科会では、本報の内容を含む研究成果を今後、舗装工学ライブラリーとして取りまとめ、歩行者系舗装に求められる性能指標およびその目標値の確立に向けた取組みを推進していく予定である。

問合わせ先

〒370-3101 群馬県高崎市箕郷町柏木沢250
エスピック(株)開発本部 開発部 唐澤 明彦
TEL: 027-371-7311 FAX: 027-371-7312
E-mail: a-karasawa@s-bic.co.jp

[参考文献]

- 1)田中輝栄:歩行者系道路舗装の総合的評価,昭61. 都土木技研年報, pp.15~24(1986)
- 2)田中輝栄:歩行者系道路空間における歩行者の視覚意識,昭62. 都土木技研年報, pp.57~67(1987)
- 3)田中輝栄:歩行者系道路舗装における快適性と安全性の評価,平元. 都土木技研年報, pp.15~26(1989)
- 4)東京都建設局:平24. 道路工事設計基準(2012)
- 5)東京都福祉保健局:平21. 東京都福祉のまちづくり条例施設整備マニュアル, p.274(2009)
- 6)牧 恒夫, 竹内 康:歩行者系道路舗装材の快適性に関する検討, 舗装, pp.16~20(1995.6)
- 7)安部裕也, 大島 康, 亀山修一, 堀江修一, 笠原 篤:市街地における歩道のすべり抵抗性に関する研究, 土木学会第54回年次学術講演会, pp.368~369(1999.9)
- 8)田中輝栄, 内田喜太郎:歩行者系道路舗装のすべりやすさの評価, 土木学会年次学術講演会講演概要集 第5部, Vol.44th, pp.70~71(1989.10)
- 9)久下晴巳, 國府勝郎, 安藤興太:歩道舗装材料のすべりに関する研究, 土木学会年次学術講演会講演概要集 第5部門, Vol.53, pp.336~337(1998.10)