着地すべり試験機の開発および C.S.R の下限値の提示

すべりの変化を認知していない場合を対象とした床のすべりの評価に関する研究 その2

DEVELOPMENT OF LANDING SLIP METER AND PRESENTATION
OF LOWER CRITERION OF C.S.RStudy on evaluation of floor slipperiness when people step on slippery surface
without knowledge of slipperiness changing Part 2横山 裕^{*1}, 伊藤仁洋^{*2}, 高橋宏樹^{*3}, 小野英哲^{*4}
Yutaka YOKOYAMA, Kimihiro ITO, Hiroki TAKAHASHI
and Hidenori ONO

The purpose of this study is to present the lower criterion of C.S.R not to slip at landing when people step on the slippery surface without the knowledge of the slipperiness changing. In this paper, at first, we developed "Landing Slip Meter" which simulated the landing load while natural or fast walking. Next, using the meter, we measured load-time curve with various floors and substances adhered to floors, and judged that the slip would occur or not from the load-time curve. Finally, from the relationship between the result of the judgment and C.S.R, we presents the lower criterion of C.S.R.

Keywords : slipperiness, safety, slipperiness changing, landing, slip meter, lower criterion

すべり, 安全性, すべりの変化, 着地, すべり試験機, 下限値

1. はじめに

すべりは、安全性の観点から床に要求される最も重要な性能のひとつである。小野ら^{1)~3)}は、実状に即した荷重条件下で床のすべり抵抗を測定できるすべり試験機O-Y-PSMを開発し、O-Y-PSMで測定されるすべり抵抗係数C.S.R(Coefficient of Slip Resistance)を、種々の動作時のすべりを表示する物理量として提示している。さらに小野ら⁴⁾は、動作中に感じられるすべりに対する人間の評価とC.S.Rの関係を、すべりの評価指標として提示している。O-Y-PSMおよびC.S.Rは、JIS A 1454に規定されるなど、床の評価、選択、開発などに現在幅広く用いられている。

一方、すべりに起因する事故などのうち比較的多い事例として、異なる床材の境界付近や、土砂、水、油などの介在物が床上に局部的に介在している場所などにおいて、歩行など移動をとまなう動作中の人間がすべりの変化に気付かないまますべりが異なる床上に着地し、事故などにつながる事例があげられる。したがって、動作中に感じられるすべりの評価に加え、すべりの変化を認知しないまますべりが異なる床上に着地する場合の評価とC.S.Rの関係を求めることは、より安全な床を具現するための資料を得る観点から重要といえる。

本報は、前報(その1)⁵⁾に引き続き、日常起こり得る最も危険な状況のひとつである、すべりやすい床上にすべりの変化を認知しないまま着地する場合を対象に、着地時に転倒などにつながりかねない危険なすべりが発生しないための着地位置のC.S.Rの下限値について検討し

た経過、結果を述べるものである。

なお本報は、日本建築学会大会での発表^{6),7)}に、さらに検討を加えたものである。

2. 本研究の目的、範囲および既往の研究

すべりの観点から床の安全性を確保するためには、適度なすべり抵抗の確保とともに、異なる床材間や介在物の介在場所などにおけるすべりの変化をできる限り小さくすることが重要といえる。これは、人間は動作中にすべりに応じて動作の形態、速さ、激しさなどを変化させており^{2),8)}、すべりの変化が大きいほど、変化を認知せずに着地した場合の動作とすべりの不一致が大きくなり、危険性が増すと思われることによる。特に、着地動作に必要なすべり抵抗が着地位置で確保されていない場合、着地時にすべりが発生し大きな事故などにつながる可能性が著しく高くなるものと思われる。

以上より、安全性の観点からすべりの変化はできる限り小さくすべきであることを前提としたうえで、本研究では、危険性が著しく高くなる境界値として、すべりの変化を認知しないまますべりやすい床上に着地する場合にすべりが発生しないための着地位置のC.S.Rの下限値を求めることを目的とする。

本研究では、健康な成人を対象とすることとし、幼児、高齢者、身体障害者などは、本研究の研究方法を適用することによる今後の課題とする。また本研究で対象とする床の材料、構法は特に限定しないこ

^{*1} 東京工業大学工学部建築学科 助教授・工博^{*2} ㈲オートバックスセブン (当時名工大大学院)・工修^{*3} 東京工業大学工学部建築学科 助手・博士(工学)^{*4} 東京工業大学工学部建築学科 教授・工博

Assoc. Prof., Dept. of Architecture and Building Eng., Faculty of Eng., Tokyo Institute of Technology, Dr. Eng.

Autobacsseven Corporation, M. Eng.

Research Assoc., Dept. of Architecture and Building Eng., Faculty of Eng., Tokyo Institute of Technology, Dr. Eng.

Prof., Dept. of Architecture and Building Eng., Faculty of Eng., Tokyo Institute of Technology, Dr. Eng.

とし、住居、事務所などで歩行などの移動動作に供する床全般を対象とすることとする。ただし斜路、階段などは、本研究後の課題とする。なお個々の床の評価や安全な床の開発などは、本研究の範囲外とする。

本研究と関連する既往の研究は、前報で述べている。

3. 本研究の研究手法および前報の結果

本研究の研究手法および手順を以下に示す。

- 1) 人間が歩行、走行など種々の速度での移動動作時に床に与える荷重を測定する。
- 2) 1)の測定結果から、歩行、走行時の荷重と動作速度の関係を検討し、着地時のすべりの発生しやすさの観点から対象とする動作を選定する。
- 3) すべりが異なる種々の床を用いて、2)で選定した動作時に人間が床に与える荷重を測定する。
- 4) 3)の測定結果から、着地時の荷重とC.S.R.の関係を検討し、通常の動作が行われるC.S.R.の範囲を把握する。つぎに、通常の動作時の荷重から、5)で開発する“着地すべり試験機”の荷重条件を設定する。
- 5) 通常の着地動作時と同等の荷重を床に作用させ、測定される荷重・時間曲線からすべり発生の有無を判定できる、“着地すべり試験機”を開発する。
- 6) 5)で開発した“着地すべり試験機”を用い、すべりが異なる種々の床材と介在物の組合せを対象に、着地時のすべり発生の有無を判定する。
- 7) 6)の判定結果とC.S.R.の関係から、着地時にすべりが発生しないためのC.S.R.の下限値を提示する。

以上であるが、前報では1)～4)を報告した。前報の結果を、以下に示す。

- ・ 住居、事務所などにおいて日常行われる範囲内で、着地時のすべりの発生しやすさの観点から最も危険な移動動作は、速度/身長=1.22/s程度での早歩きとみなすことができる。よって本研究では、速度/身長=1.22/s程度での早歩きを対象動作として選定し、さらに比較の目的で、最も一般的な移動動作である自由な速度での歩行も対象動作として選定した。
 - ・ 歩行の場合、C.S.R.=0.4～0.75程度のすべり抵抗を有する床では通常の動作が行われるのに対し、C.S.R.=0.4程度以下の床では、歩行者がすべりやすさに応じて動作を変化させるため、C.S.R.が低下するほど通常とより大きく異なる動作が行われる。一方早歩きの場合、少なくともC.S.R.=0.4～0.65程度の床では、通常の動作が行われる。
 - ・ 通常の歩行時および早歩き時の荷重から、着地すべり試験機の荷重条件を、4.1で述べる通り設定した。
- 本報では、前報に引き続き、5)～7)を報告する。

4. 着地すべり試験機の開発

4.1 着地すべり試験機の荷重条件⁵⁾

図-1に、前報で荷重条件設定の資料とした通常の動作時の荷重・時間曲線の例を示す。ここで、Vは

鉛直荷重であり下向きを正、Hは歩行者前後方向の水平荷重であり前向きを正としている。またV、Hは、歩行者の体重の要因を除去する目的で、体重で除したうえで平均的な体重60kgfを乗じた値としている。

つぎに表-1に、前報で設定した着地すべり試験機の荷重条件を示す。設定した荷重条件は、図-1に例示した通常の動作時の荷重・時間曲線のうち、H/Vの立ち上がり時点(o点)から(H/V)maxに達する時点(s点)までを置換したものである。具体的には、 ΔT の間にH/Vが(H/V)oから(H/V)max、HがHoからHs、VがVoからVsに増加する荷重を、着地すべり試験機で再現することとしたものである。これは、着地時のすべりは、着地動作に必要な(H/V)max以上のすべり抵抗が着地位置で確保されていない場合に、ある程度の体重が乗った状態でH/Vが増加するo点からs点の間のH/Vがすべり抵抗を超えた時点近傍で発生すると推定したことによる。

また、表-1に示した(H/V)max、H/V増加速度、Hsの値は、数名の被験者を用いて通常の動作時の荷重・時間曲線を測定した結果得られた(H/V)max、H/V増加速度、Hsの分布のうち上限近傍から設定したものであり、Vs、Vo、 ΔT は分布の中心近傍から設定したものである。さらに(H/V)o、Hoは、通常の動作時の値が0または0近傍に分

歩行者体重:60kgf
(体重60.9kgfの歩行者による測定結果より換算)

o点:H/Vの立ち上がり時点(H/Vが極小となる時点,ただし着地初期にH/Vが負となる場合はH/Vが0となる時点)
s点:H/Vが最大値(H/V)maxに達する時点

図-1 通常の動作時の荷重・時間曲線の例⁵⁾

表-1 着地すべり試験機の荷重条件⁵⁾

対象動作,履物	(H/V)o → (H/V)max	H/V 増加速度	Ho → Hs	Vo → Vs	ΔT
歩行,くつ下	0.00→0.30	5.00/s	0.0→18.0kgf	24.0→60.0kgf	0.060s
歩行,軟底紳士靴	0.00→0.25	3.57/s	0.0→15.0kgf	24.0→60.0kgf	0.070s
早歩き,くつ下	0.00→0.32	7.11/s	0.0→24.0kgf	36.0→75.0kgf	0.045s
早歩き,軟底紳士靴	0.00→0.30	5.45/s	0.0→25.2kgf	48.0→84.0kgf	0.055s

$$H/V \text{ 増加速度} = \{(H/V)_{\max} - (H/V)_o\} / \Delta T$$

布していることから、0としたものである。ここで、 $(H/V)_{max}$ 、 H/V 増加速度、 H_s を、着地時のすべりの発生しやすさの観点からより危険と思われる分布の上限近傍から設定したのは、安全性の観点からC.S.R.の下限値を求める本研究では、実際に床に与えられる範囲内で最も危険な荷重を想定してすべり発生の有無を判定するのが適当と考えられたことによる。

一方、着地動作時の荷重・時間曲線は、履物によって微妙に変化することから、前報では、くつ下と軟底紳士靴の2種の履物を選定し、履物ごとに荷重条件を設定した。このうちくつ下は、素足に近似した装着感を有しかつ表面のすべり性状などを一定に保てる履物として、また軟底紳士靴は、実在する範囲内で底が最も厚くやわらかい部類の履物として、それぞれ選定したものである。すなわち2種の履物は、底の厚さ、やわらかさによるC.S.R.の下限値の変化の範囲を把握する目的で、選定したものである。

4.2 着地すべり試験機の概要

図-2に、開発した着地すべり試験機の概要を示す。本試験機は、モータ、電磁クラッチ、電磁ブレーキ、変速器、減速器などで構成された鉛直荷重制御用と水平荷重制御用の2組の駆動ユニット、100kgfの重錘とすべり片などからなる荷重体、および鉛直と水平(図中左右方向)の2方向の荷重を測定できる荷重測定装置などからなり、荷重測定装置上に貼付した試料床にすべり片を介して所定の荷重を与えた時の2方向の荷重・時間曲線を、荷重測定装置で測定するものである。

荷重体は4本のワイヤーで吊られており、鉛直荷重制御用駆動ユニットでワイヤーを巻き取り/送り出すことにより荷重体を上昇/下降させ、試料床に動的な鉛直荷重を与えることができる。鉛直荷重速度は、駆動ユニットの変速器による巻き取り/送り出し速度の調整と、ワイヤー中間に取り付けられた鉛直荷重速度制御用コイルスプリングの剛性を変化させることにより、制御できる。

一方、荷重体側面には1本のワイヤーが取り付けられており、水平荷重制御用駆動ユニットでワイヤーを巻き取ることにより荷重体を図中右方向に引張り、試料床に動的な水平荷重を与えることができる。

水平荷重速度は、駆動ユニットの変速器と、水平荷重速度制御用コイルスプリングにより制御できる。なお、ワイヤーによる引張方向は当初水平としていたが、引張時に荷重体に転倒モーメントが作用し不具合を生じることから、荷重の作用線がすべり片の接地面中央を通るよう、すべり片の厚さに応じて引張角度調整器によりワイヤーの角度を調整することとした。その結果、引張角度は、いずれのすべり片でも、水平に対して約 1.5° 上向となった。

試料床と接するすべり片の接地面積は、着地動作のうち本試験機で置換対象としている図-1のo点からs点の間におけるかかと部の接地面積と近似させることとし、歩行時の足裏の接地面積の時間変化について調査した既往の研究結果²⁾を参考に、 $5\text{cm} \times 7\text{cm} = 35\text{cm}^2$ とした。またすべり片底面には、履物がくつ下の場合、足裏の柔らかさを置換した硬度10(JIS

K 6301準拠のスプリング式ゴム硬度計A型にて測定)、厚さ10mmの発泡ゴムを貼付し、さらにその表面に大きめに切り取ったくつ下をかぶせ、側面を両面テープで固定した。一方軟底紳士靴の場合、くつ下の場合と同一の発泡ゴムを貼付し、その表面に靴内側底面の中敷きの代替として厚さ2mmの塩ビ板を貼付し、さらにその表面に軟底紳士靴底を貼付した。

つぎに、本試験機の操作手順を、以下に示す。

- ①荷重測定装置上に試料床を貼付する。
- ②鉛直荷重制御用駆動ユニットを手動で操作し、荷重体を徐々に下降させ、荷重測定装置で測定される鉛直荷重が表-1に示す V_0 になった時点で停止させる。
- ③水平荷重制御用駆動ユニットを手動で操作し、引張用ワイヤーを徐々に巻き取り、荷重測定装置で測定される水平荷重が表-2に示す初期荷重となった時点で停止させる。
- ④鉛直、水平の両駆動ユニットのモータをそれぞれ回転させる。つぎに、電磁クラッチを鉛直、水平同時につなぎ、試料床に所定の荷重を作用させる。

以上であるが、両駆動ユニットの電磁クラッチは、安全のため、荷重体が水平方向に一定距離動いた時点で自動的に切れるようになっている。なお③で述べた初期荷重は、引張開始時のワイヤーのたわみを一定に制御する目的で設定したもので、試験結果が安定する範囲内でできるだけ小さい値としたものである。

4.3 着地すべり試験機の仕様

4.2で述べた着地すべり試験機を用い、ワイヤーの巻き取り/送り出し速度と荷重速度制御用コイルスプリングの剛性の組合せを種々変化させながら試料床に与えられる荷重・時間曲線を測定し、所定の荷重条件を満足する組合せを着地すべり試験機の仕様として設定した。なお試料床には、通常の動作が行われる範囲内のすべり抵抗を有する塩ビ系シート(C.S.R.=0.589(くつ下), 0.628(軟底紳士靴))を用いた。

表-2に、設定した仕様を示す。また図-3に、設定した仕様の着地すべり試験機による荷重・時間曲線を、対象動作、履物ごとに示す。

図-2 着地すべり試験機の概要

図には、比較の目的で、表-1に示した荷重条件を●でプロットして示した。図から、いずれの対象動作、履物でも、設定した荷重条件をほぼ満足する荷重・時間曲線が得られていることがわかる。

以上より、開発した着地すべり試験機が、通常の着地動作時と同等の荷重を床に作用させる試験機として十分妥当であることが、確認できたといえる。

5. 着地すべり試験機による荷重・時間曲線の測定およびC.S.R.の下限値の提示

5.1 着地すべり試験機による荷重・時間曲線の測定

5.1.1 測定概要

以下に述べる試料床と介在物の組合せを対象に、着地すべり試験機で荷重・時間曲線を測定した。着地すべり試験機の荷重条件および仕様は、前報で選定した2種の対象動作(自由な速度での歩行、速度/身長=1.22/s程度での早歩き)と2種の履物(くつ下、軟底紳士靴)の組合せ、計4種とした。なおすべり片は、4.2で述べた通りであるが、軟底紳士靴の場合、測定中すべり性状を一定に保つ目的で、すべり片表面に綿ブロード40番またはフッ素樹脂シートを貼付し、汚れたら適宜張り替えることとした。これは、所定の厚さ、やわらかさのすべり片で荷重・時間曲線とC.S.R.の関係が把握できれば、その荷重・時間曲線およびC.S.R.がどのような表面性状のすべり片で具現されたものであっても、本測定の目的は達成されることによる。

(1) 試料床

本測定では、床材の種類、材質、形状などがC.S.R.の下限値に及ぼす影響を把握する目的で、多種、多様な床材を対象とすることとした。はじめに、合成高分子系40種、カーペット14種、畳4種、木質系24種、石材5種、タイル11種の計98種の床材を対象に、2種の履物および(2)で述べる種々の介在物の条件でC.S.R.を測定した。つぎに、履物、介在物、床材の種類ごとに、C.S.R.ができるだけ幅広く分布し、かつ前報で得られた通常の動作が行われる下限のC.S.R.=0.4前後のデータが比較的多く得られるよう留意しながら、試料床を選定した。ただし、明らかに十分なすべり抵抗が確保されていると思われるC.S.R.=0.65程度以上の床材は、対象外とした。さらに、試料床の選定にあたっては、床材の種類ごとに、材質、形状などが多様となるよう、以下の点にも留意した。

- ・合成高分子系の場合、表面が平滑なものだけでなく、種々の大きさ、高さ、形状の凹凸を有する床材も選定する。
- ・カーペットの場合、ハイルの長さ、太さ、形状、密度などが多様となるよう選定する。
- ・畳の場合、いぐさ製および化学繊維製の畳表のものをともに選定する。
- ・木質系の場合、フローリングボードだけでなく、無垢の素木板や表

表-2 着地すべり試験機の仕様

対象動作、履物	鉛直		水平		初期荷重
	駆動ユニット ワイヤー 送り出し速度	コイル スプリング 剛性	駆動ユニット ワイヤー 巻き取り速度	コイル スプリング 剛性	
歩行、くつ下	399mm/s	1.6kgf/mm	291mm/s	なし(ワイヤー直結)	2.0kgf
歩行、軟底紳士靴	321mm/s	1.6kgf/mm	251mm/s	1.2kgf/mm	2.0kgf
早歩き、くつ下	523mm/s	1.6kgf/mm	444mm/s	なし(ワイヤー直結)	3.0kgf
早歩き、軟底紳士靴	423mm/s	1.6kgf/mm	468mm/s	なし(ワイヤー直結)	2.0kgf

●:着地すべり試験機の荷重条件

図-3 着地すべり試験機による荷重・時間曲線

面に合成樹脂を塗布した合板、モザイクハーケットおよびコルクタイルなども選定する。

- ・石材の場合、表面のあらさが多様となるよう、みがき仕上げ、たたき仕上げのものをともに選定する。
- ・タイルの場合、大きさ、表面の平滑さなどが多様となるよう選定する。

表-3に、選定した試料床の概要を示す。選定した試料床は、合成高分子系27種、カーペット9種、畳2種、木質系10種、石材3種、タイル6種の計57種である。

(2) 介在物

本測定では、介在物の有無、種類がC.S.R.の下限値に及ぼす影響を把握する目的で、種々の介在物を用いることとした。表-4に、本測定に用いた介在物の概要を示す。

表に示した介在物のうち、ワックス類のAは、市販されている様々なワックス7種を用いてC.S.R.の低下量を検討し、最もC.S.R.が低下するワックスを選定したものである。また、土砂・ほこり類のC、水類のE、油・洗剤類のGは、実在する種々の介在物によるC.S.R.の低下量を検討した小野ら⁹⁾の研究で、最もC.S.R.が低下する実在介物と同等の影響を再現できる代替介在物として提示されたものである。すなわちこれらの介在物は、実在する同種の介在物のうち最もすべりに影響する介在物として、選定したものである。

表-3 試料床の概要および介在物との組合せとC.S.R

床材の 種類	試料床 No. 概要	介在物無		ワックス類		土砂・ほこり類		水類		油・洗剤類	
		くつ下	〔軟底〕	くつ下	〔軟底〕	くつ下	〔軟底〕	くつ下	〔軟底〕	くつ下	〔軟底〕
合成高 分子系	1 塩ビ系シート, 凹凸無	0.307	0.341			0.468	0.397	0.457	0.397	0.243	0.267
	2 塩ビ系シート, 凹凸無	0.416	0.421			0.490	0.410	0.504	0.463	0.307	0.365
	3 塩ビ系シート, 凹凸有									0.335	0.410
	4 塩ビ系シート, 凹凸有	0.589	0.628			0.540	0.491	0.530	0.520	0.404	0.406
	5 塩ビ系シート, 凹凸無	0.366	0.374								
	6 ゴム系シート, 凹凸無			0.478	0.443						
	7 塩ビ系シート, 凹凸有	0.538	0.533							0.389	0.393
	8 塩ビ系シート, 凹凸無	0.398	0.373	0.276	0.268	0.514	0.423	0.510	0.418		
	9 塩ビ系シート, 凹凸有	0.415	0.438								
	10 塩ビ系シート, 凹凸有	0.566	0.509							0.413	0.379
	11 塩ビ系シート, 凹凸無	0.495	0.532								
	12 ゴム系シート, 凹凸無	0.591	0.633	0.494	0.509	0.518	0.530	0.299	0.507	0.507	0.282
	13 塩ビ系シート, 凹凸無			0.445	0.416	0.487	0.405	0.455	0.428	0.214	0.337
	14 塩ビ系シート, 凹凸有									0.407	0.384
	15 塩ビ系シート, 凹凸無	0.339	0.319								
	16 塩ビ系シート, 凹凸有	0.455	0.414								
	17 塩ビ系シート, 凹凸無	0.522	0.510	0.366	0.373						
	18 塩ビ系シート, 凹凸無			0.400	0.360						
	19 塩ビ系シート, 凹凸無	0.472	0.449	0.335	0.352	0.472	0.387	0.438	0.390	0.195	0.306
	20 塩ビ系シート, 凹凸無			0.382	0.364	0.431	0.378	0.437	0.403		
	21 塩ビ系シート, 凹凸無	0.368	0.364			0.427	0.379	0.291	0.442	0.428	
	22 塩ビ系タイル, 凹凸無	0.344	0.390	0.208	0.236	0.433	0.414	0.312	0.451	0.390	0.179
	23 フッ素樹脂系シート, 凹凸無	0.218	0.226		0.168	0.168	0.346	0.309	0.381	0.368	0.297
	24 塩ビ系シート, 凹凸無	0.363	0.379								
	25 塩ビ系シート, 凹凸無	0.439	0.477								
	26 塩ビ系シート, 凹凸無	0.505	0.504								
	27 塩ビ系シート, 凹凸無			0.286	0.248						
カー ペット	28 長尺, カットパイル10mm	0.513	0.468								
	29 長尺, ループパイル7mm	0.409	0.372								
	30 長尺, カットパイル5mm	0.347	0.355								
	31 長尺, ループパイル7mm	0.380	0.358								
	32 長尺, カットパイル15mm	0.497	0.440								
	33 長尺, カットパイル20mm	0.423	0.407								
	34 長尺, カットパイル10mm	0.461	0.447								
	35 タイル, ループパイル3mm	0.396	0.391								
	36 タイル, ループパイル5mm	0.447	0.400								
畳	37 いぐさ製畳表	0.383	0.343								
	38 化学繊維製畳表	0.355	0.360								
木質系	39 フローリングボード	0.258	0.299								
	40 フローリングボード					0.430	0.368	0.310			
	41 フローリングボード	0.610	0.530								
	42 フローリングボード			0.303	0.318						
	43 モザイクハーケッ	0.327	0.335								
	44 コルクタイル	0.305	0.322								
	45 素木板	0.353	0.288								
	46 合成樹脂塗布合板	0.363	0.390					0.424	0.383	0.307	0.211
	47 合成樹脂塗布合板	0.563	0.584								
石材	48 フローリングボード	0.312	0.320	0.265	0.248						
	49 大理石, みがき仕上げ	0.347	0.342	0.254	0.279	0.445	0.398	0.311	0.457	0.366	0.353
	50 大理石, たたき仕上げ	0.374	0.361								
	51 御影石, みがき仕上げ	0.324	0.330								
	52 150×150mm, 凹凸無	0.385	0.440								
タイル	53 150×150mm, 凹凸無	0.414	0.488			0.471	0.415	0.425	0.423	0.319	0.297
	54 200×200mm, 凹凸無					0.468	0.444	0.460	0.460		
	55 300×300mm, 凹凸有	0.348	0.374			0.422	0.396	0.345	0.452	0.384	0.337
	56 45×45mm, 凹凸無	0.459	0.443								
	57 200×200mm, 凹凸無	0.507	0.493								

表にC.S.Rを示した試料床と介在物の
組合せを測定対象とした。

A~G:介在物(表-4参照)

〔軟底〕:軟底紳士靴すべり片表面に綿ブロード40番を貼付

(軟底):軟底紳士靴すべり片表面にフッ素樹脂系シートを貼付

一方、ワックス類のBは、現在床用としては市販されていないものであり、C.S.Rの低下量がAより大きいものである。また、土砂・ほこり類のD、水類のFは、小野ら⁹⁾の研究結果より、C.S.Rの低下量が

C、Eより大きいと想定されたものである。すなわちこれらは、介在物の影響をより広い範囲で検討することを目的として、予備的に選定したものである。

表-4 介在物の概要

介在物	概要	介在量
ワックス類	A 合成高分子系床材用水性ワックス	下記参照
	B 油性ワックス	下記参照
土砂・ほこり類	C JIS Z 8901試験用ダスト第7種(関東ローム)	10g/m ²
	D ベビーパウダー	10g/m ²
水類	E 水道水 +JIS Z 8901試験用ダスト第7種(関東ローム) +JIS Z 8901試験用ダスト第1種(けい砂) 重量比……水:7種:1種=20:1:9	400g/m ²
	F 水道水 +JIS Z 8901試験用ダスト第7種(関東ローム) +JIS Z 8901試験用ダスト第1種(けい砂) 重量比……水:7種:1種=2560:1:9	270g/m ²
油・洗剤類	G 食用なたね油(JAS植物油脂)	40g/m ²

記)ワックスはそれぞれの使用方法にしたがって塗布

なお、介在物C～Gの介在量は、介在量がある程度以上になるとC.S.Rの低下量は最大に達しそれ以上は低下しないことを明らかにした小野ら⁹⁾の研究結果を参考に、C.S.Rの低下量が最大となる範囲内から設定したものである。

以上に述べた試料床と介在物を用い、最終的に、くつ下の場合106種、軟底紳士靴の場合118種の組合せを、測定対象として選定した。表-3に、測定対象とした試料床と介在物の組合せを、各組合せでのC.S.Rとともに示す。

5.1.2 測定経過、結果および着地時のすべり発生の有無の判定

5.1.1で述べた対象動作、履物、試料床、介在物の組合せで、荷重・時間曲線を測定した。測定は、各組合せとも2回以上行い、荷重・時間曲線がほぼ一致していることより、着地すべり試験機が優れた安定性を有していることを確認した。

図-4に、測定の結果得られた H/V ・時間曲線の例(曲線①～④)を示す。図中網掛けされていない範囲が、着地すべり試験機で通常の着地動作時の荷重を置換した図-1に示すo点からs点までの範囲に該当する。

図から、比較的すべり抵抗が大きい曲線①では、 H/V がr点まで直線的に増加しており、この間着地すべり試験機の荷重体はすべり出していないこと、すなわちすべりは発生していないことがわかる。一方、曲線①よりすべり抵抗が小さい曲線②および曲線③、④では、曲線①と比較してq点およびp点以降 H/V の増加がゆるやかになる、あるいは低下しており、この時点で着地すべり試験機の荷重体はすべり始めていること、すなわちすべりが発生していることがわかる。

このように H/V ・時間曲線から得られるすべりが発生する時点が、通常の着地動作時の荷重を置換した図に網掛けされていない範囲内か否かで、着地時にすべりが発生するか否かを判定できる。具体的には、曲線①、②では、荷重を置換した範囲内ですべりが発生しておらず、4.1で述べた荷重条件がほぼ満たされていることから、通常の着地動作が可能であり、すべりは発生しないとみなすことができる。一方曲線③、④では、荷重を置換した範囲内ですべりが発生していることから、通常の着地動作中にすべりが発生するとみなすことができる。以上の要領で、対象動作、履物、試料床、介在物の組合せごとに、 H/V ・時間曲線からすべり発生の有無を判定した。

なお、図に示した4例の H/V ・時間曲線のうち、曲線③、④は、C.S.Rがほぼ同等の試料床と介在物の組合せによる曲線を比較したものである。図に例示した通り、すべりが発生したp点での H/V の値

曲線①: 試料床Na4, 介在物無, C.S.R=0.589
 曲線②: 試料床Na15, 介在物無, C.S.R=0.339
 曲線③: 試料床Na1, 介在物無, C.S.R=0.307
 曲線④: 試料床Na2, 介在物G, C.S.R=0.307

図-4 着地すべり試験機による H/V ・時間曲線の例

$(H/V)_p$ は、C.S.Rが近似している試料床と介在物の組合せでは比較的近似した値となる例が多かった。この理由のひとつとして、C.S.R、 $(H/V)_p$ ともに、荷重条件は異なるものの、すべりが発生した時点での水平荷重の鉛直荷重に対する割合を表す値である⁹⁾点で、共通していることが考えられる。

一方、p点以降の波形は、曲線③、④で大きく異なっている。このうち、曲線①、②との差がより大きい曲線④の方が、着地時に必要なすべり抵抗と実際のすべり抵抗の差が大きいことから、すべり発生後の回復が困難であり、転倒などの大きな事故につながる危険性がより高いものと考えられる。本測定の結果、畳や合板の表面に合成樹脂を塗布した試料床の場合、および油・洗剤類が介在する場合に、曲線④に示した形状の波形となる例が多く、他の場合曲線③に示した形状の波形となる例が多かった。しかし、本研究ではすべりが発生しないためのC.S.Rの下限値を求めることを目的としていること、および安全性の観点からはまず第一にすべりを発生させないことが重要と考えられることから、すべり発生後の波形に関する詳細な検討は今後の課題とすることとした。

5.2 C.S.Rの下限値の提示

図-5に、各試料床でのすべり発生の有無の判定結果とC.S.Rの関係を、対象動作、履物、介在物の組合せごとに示す。図中、黒印はすべりが発生すると判定された試料床を、白印は発生しないと判定された試料床を表す。また記号は、床材の種類により分類したものである。

図から、以下の事項が考察できる。

- 1) 多くの組合せで、すべりが発生する試料床としない試料床とが混在する範囲が認められ、すべり発生の有無とC.S.Rの関係にある程度の幅があることがわかる。

図-5 すべり発生の有無とC.S.Rの関係(その1)

図-6 すべり発生の有無とC.S.Rの関係(その2)

2)対象動作による明確な傾向は認められない。

3)履物, 介在物により比較すると, 軟底紳士靴と油・洗剤類以外の介在物の組合せで, 図中黒印で示すすべりが発生する試料床の分布範囲の上限が, 他の履物, 介在物の組合せよりやや小さくなっている。しかし, すべりが発生する試料床の分布範囲の上限の差は, 1)で述べたすべり発生の有無とC.S.R.の関係の幅と比較して, 小さいとみなすことができる。

4)床材の種類による明確な傾向は認められない。

以上より, 本研究では, すべり発生の有無とC.S.R.の関係にある程度の幅があることを考慮したうえで, 対象動作, 履物, 介在物, 床材の種類によらず一律にC.S.R.の下限値を設定することとした。図-6に, すべり発生の有無とC.S.R.の関係を, 対象動作, 履物の組合せごとにまとめて示す。いずれの対象動作, 履物でも, C.S.R.=0.34~0.43程度の範囲で, すべりが発生する試料床としない試料床とが混在

している。またこの範囲では, 上述の3)で述べた理由から, 軟底紳士靴の方がくつ下よりすべりが発生しない試料床の割合が高い傾向がみられるが, すべりが発生する試料床としない試料床とが混在する範囲自体は大きく変化しておらず, 軟底紳士靴での介在物による差はすべり発生の有無とC.S.R.の関係の幅の範囲内に包含されていることが確認できる。さらに, いずれの対象動作, 履物でも, C.S.R.が0.34程度以下では全試料床ですべりが発生していること, 逆に0.43程度以上では全試料床ですべりが発生していないことから, 以下の通りC.S.R.の下限値を提示した。

すべりが発生しない可能性が高い範囲の下限値: C.S.R.=0.43

すべりが発生する場合としない場合がある範囲の下限値: C.S.R.=0.34

なお, C.S.R.が0.34以下の範囲は, 「すべりが発生する可能性が高い範囲」となる。

ここで, 上記下限値が, 前報で得られた人間が通常の動作を行う

C.S.R.の下限値0.4程度とおおむね近似していることから、人間はすべりをあらかじめ認知している場合、着地時にすべりが発生する可能性を無意識のうちに経験的に判断し、必要に応じて床に与える H/V を低減するよう動作を調節していることがわかる。

また、C.S.R.の下限値を履物によらず一律に設定できたことから、底の厚さ、やわらかさがくつ下と軟底紳士靴の間の範囲内の実在する種々の履物に対しても、上記下限値を適用できるものと考えられる。

6. おわりに

本報の結論をまとめると、以下の通りである。

- 1) 通常の着地動作時と同等の荷重を床に作用させ、測定される荷重・時間曲線からすべり発生の有無を判定できる、“着地すべり試験機”を開発し、妥当性を確認した。
- 2) 開発した“着地すべり試験機”を用い、種々の試料床と介在物の組合せを対象に、着地時のすべり発生の有無を判定した。つぎに、すべり発生の有無とC.S.R.の関係を検討し、両者の関係は対象動作、履物、介在物、床材の種類により大きく変化しないことを明らかにしたうえで、着地時にすべりが発生しないためのC.S.R.の下限値を、以下の通り提示した。

すべりが発生しない可能性が高い範囲の下限値

: C.S.R.=0.43

すべりが発生する場合としない場合がある範囲の下限値

: C.S.R.=0.34

謝辞

本研究を遂行するにあたり種々御配慮いただいた堀越哲美先生(名古屋工業大学教授・工博)、および床材などを御提供いただいたメーカー各社の関係者各位に、謝意を表します。

参考文献

- 1) 小野英哲, 宮本宗和, 河田秋澄, 吉岡 丹: 床のすべりおよびその評価方法に関する研究 その1 研究方法およびすべり感覚の尺度化, 日本建築学会論文報告集, 第321号, pp.1~8, 1982年11月
- 2) 小野英哲: 床のすべりおよびその評価方法に関する研究 その2 すべり試験機設計・試作のための基礎的資料の集積およびすべり試験機の基本構想, 日本建築学会論文報告集, 第333号, pp.1~7, 1983年11月
- 3) 小野英哲, 河田秋澄, 宮本宗和, 川村清志, 小西敏正, 三上貴正, 橋田 浩, 吉岡 丹: 床のすべりおよびその評価方法に関する研究 その3 すべり試験機の設計・試作, 日本建築学会論文報告集, 第346号, pp.1~8, 1984年12月
- 4) 小野英哲, 須藤 拓, 武田 清: 床のすべりの評価指標および評価方法の提示 床のすべりおよびその評価方法に関する研究(その4), 日本建築学会構造系論文報告集, 第356号, pp.1~8, 1985年10月
- 5) 横山 裕, 伊藤仁洋, 高橋宏樹, 小野英哲: 対象動作の選定および着地すべり試験機の荷重条件の設定 すべりの変化を認知していない場合を対象とした床のすべりの評価に関する研究 その1, 日本建築学会構造系論文集, 第516号, pp.37~44, 1999年2月
- 6) 横山 裕, 小野英哲, 伊藤仁洋, 高橋宏樹: 安全性からみた床のすべりの評価に関する研究 すべりの変化を認知していない場合のC.S.R.の許容値, 日本建築学会大会学術講演梗概集, A-1, pp.485~486, 1997年9月
- 7) 横山 裕, 小野英哲, 伊藤仁洋, 高橋宏樹: 安全性からみた床のすべりの評価に関する研究 すべりの変化を認知していない場合のC.S.R.の許容値の設定, 日本建築学会大会学術講演梗概集, A-1, pp.181~182, 1998年9月
- 8) 佐々木直人, 有川 智, 三橋博三, 野村希晶, 小野英哲, 三上貴正: 床仕上げ材料のすべりやすさと歩行特性の関係に関する基礎的研究, 日本建築学会構造系論文集, 第501号, pp.19~24, 1997年11月
- 9) 小野英哲, 三上貴正, 高木 直, 横山 裕, 北山 大, 高橋宏樹: 床のすべりの評価における床表面介在物の標準化に関する研究, 日本建築学会構造系論文報告集, 第450号, pp.7~14, 1993年8月

(1999年6月10日原稿受理, 1999年8月27日採用決定)