

積雪を考慮した床面のすべり特性と避難行動について その1 床材料の濡れが歩行に及ぼす影響

北海道工業大学大学院
(株)雪研スノーイーターズ
北海道工業大学環境デザイン学科
北海道工業大学建築学科

相茶 日出海
内藤 恵
細川 和彦
苫米地 司

1. はじめに

積雪期は、歩行者によって建物内に持ち込まれた水分(雪)により写真1に示す状態となり、建物出入口付近の床材料の濡れは避けられない。商用施設などの出入口付近は、写真2に示すポスターや障害物による注意の促しおよび玄関マットの延長などによる対策を施している例を見る。しかし、実際に転倒者や苦情が出てからの対応がほとんどである。既往の研究では床材料の濡れは、転倒事故のみならず避難行動に影響を与えることが指摘され¹⁾、安全計画上重要な問題のひとつである。

床材料のすべりに関する研究は、種々の観点からアプローチされている²⁾が、濡れの及ぼす影響を段階的に再現している研究は少ない。このような背景から本研究では、動摩擦係数を用い床面の水分量とすべり抵抗との関係およびそれに付随する表面の凹凸とすべり抵抗との関係を検討した。次に、再現歩行実験を実施し水分量と動摩擦係数の変動との関係について検討した。

2. 研究方法

床材表面の濡れ状況が歩行時のすべりに及ぼす影響を図1に示す流れに従って検討した。図中の「f4」は、一般的な歩行速度である4 km/hにおける動摩擦係数を示す。本研究では、この「f4」を基準として分析した。実験には表1に示す11種類の床材料を使用し実施した。Pタイルについては、歩行者が屋外より持ち込む水分量と歩行者数の関係を見るための再現歩行実験と、湿潤範囲が歩行に及ぼす影響を見るための歩行実験の2種類を北海道工業大学構内にて実施した。

2.1 床材料のすべり抵抗の測定

床材料のすべり抵抗は、DFテスター・S

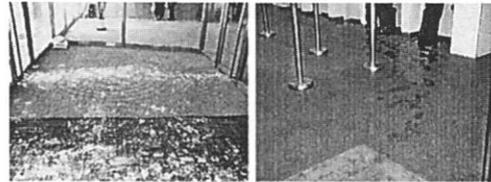


写真1 建物内に持ち込まれる水分



写真2 積雪期間に掲示されるポスターおよび玄関マットによる対策例

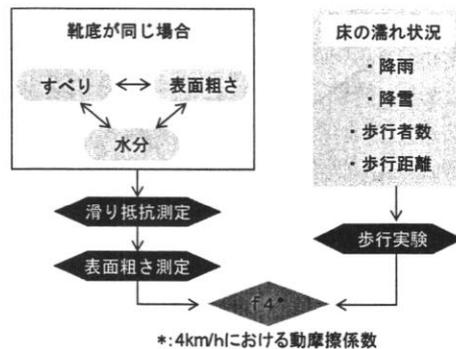


図1 実験の流れ

タイプを用い測定した。本装置は、底部にある回転盤に装着されたテスト用ゴムチップが回転することにより摩擦係数を測定する測定装置である。テスト用ゴムチップは、目的に応じて変更する事でその物の摩擦抵抗を測定する事ができ、対象面に多少の凹凸および多少の傾斜があっても測定が可能

表1 実験シリーズ

材料	断面模式図	すべり抵抗測定	表面凹凸測定	歩行実験
磁器質		●	●	
磁器質タイル	A B	●	●	●
SRシート		●		●
ビニル床タイル	A B	●	●	
ラバータイル		●	●	
フローリング		●	●	
コルクタイル	A B	●	●	
Pタイル				● △

注) ●および△は測定および実験を実施した床材

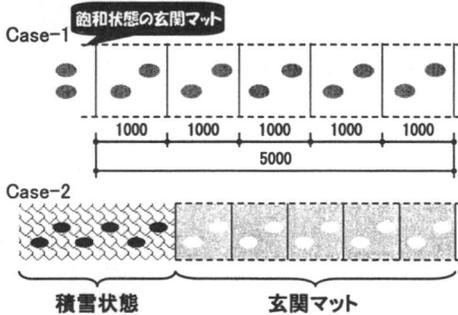


図2 再現歩行実験に用いた模擬通路概要

という利点を持っている。試験床材表面の濡れは、所定の水分量を霧吹きで表面に吹き付けて再現した。

2.2 床の表面の粗さの測定

床材料の表面凹凸(以下、テクスチャという。)の測定はCTMeterを用いた。本装置は、CCDレーザー変位センサーを回転させ、テクスチャを測定する装置である。これらの測定結果からMPD(Mean Profile Depth:平均プロファイル深さ)を算出した³⁾。

2.3 再現歩行実験

床材の濡れに関する再現歩行実験は、北海道工業大学構内に使用されている4種類の床材を対象とした。図2に2種類の模擬通路概要を示す。

Case-1の実験は降雨条件についての再現実験である。延長5mを1m毎に区間分けし同じ靴底の靴を履いた被験者が靴底を十分に濡らし模擬通路を歩行した後に、1区間毎に拭取り水分量を測定した。Case-2の実験は積雪

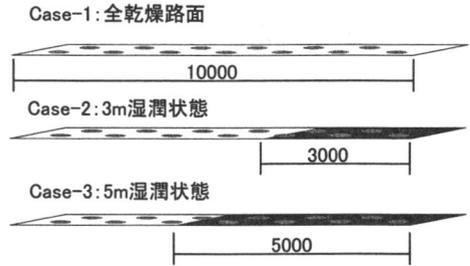


図3 歩行時間測定に用いた模擬通路概要

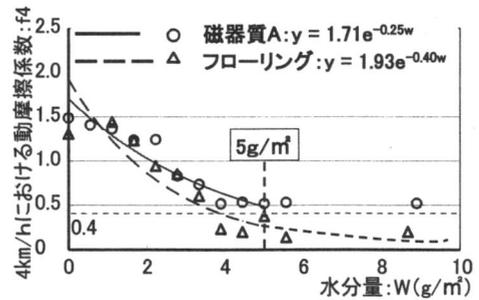


図4 水分量とf4との関係

条件についての再現実験である。新雪を敷いた積雪路面を作製し、長靴を履いた被験者が積雪路面を通り、続いてマット上を歩行した後、玄関マット1枚毎の重量を測定し雪の持ち込み量とした。いずれの実験においても、水分量等の測定は歩行者数10人毎に実施し、100人になるまで実施した。

2.4 歩行時間の測定

床材料の濡れが歩行速度に及ぼす影響を検討するため、大学構内において床材料がPタイルである直線通路に10mの模擬通路を設け、全床面が乾燥状態であるときをCase-1、3m湿潤状態をCase-2、5m湿潤状態をCase-3としそれぞれの床面状況において本学学生(18~20代若者、男女混合)100人を対象に歩行時間を測定した。

3. 研究結果

3.1 床材料のすべり抵抗の測定

図4に、表面の形状に最も差異が見られる磁器質Aおよびフローリングについて、床

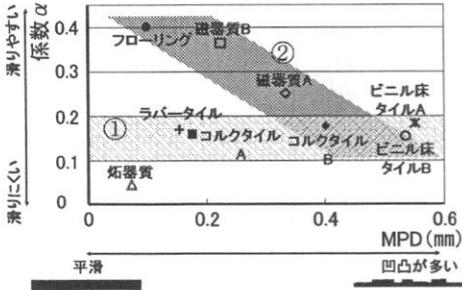


図5 係数αとMPDとの関係

1 m²当りの水分量と動摩擦係数 f₄ のとの関係を示す。この2種類の床材料は断面模式図からも見てとれるとおり、磁器質Aは表面に細かい凹凸があり、すべりにくい床材料である。また、フローリングは、表面仕上げにクリア塗装されており表面は平滑であるため、すべりやすい床材料である。

図中に示す式は f₄ の減少傾向を示し、回帰式 $f_4 = f_0 e^{-\alpha W}$ と仮定する。式中の α は f₄ の感度を示し、α の増減により f₄ も変動する。一般的に f₄ は 0.4 を下回るとすべりやすいとされている⁴⁾。磁器質Aは水分量 5g/m²までの間でなだらかな減少が見られるが、その後の大きな変動は見られず水分量が増加しても f₄ は減少しない。それに対しフローリングは少量の水で急激に f₄ が減少し、水分の増加により f₄ は減少し続ける。

3.2 表面粗さとすべりとの関係

図5は、各材料のMPDと f₄ の感度を示す係数 α との関係を示す。MPDの増加に伴い α が減少傾向を示し、水分量と表面粗さが互いに影響していることがわかる。本研究で測定した床材料は、網掛け①のゾーンと網掛け②のゾーンの2種類の傾向が現れた。網掛け①のゾーンはMPDと係数 α の関係が対応しており、凹凸が α に影響を及ぼしている。しかし、ラバータイル、コルクタイルAおよびB、ビニル床タイルAおよびBは、それぞれのMPDに差異が認められるものの、α は近似しているという結果が得られ、この5種類の床材料は、すべり特性が同等のものであると言える。

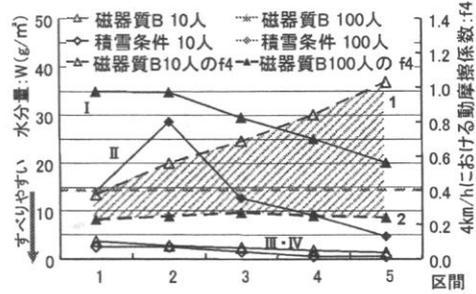


図6 区間毎の水分量および f₄ との関係

3.3 歩行距離と水分量との関係

図6に磁器質Bにおける歩行実験の結果を示す。歩行者数10人と100人の水分量および回帰式から求めた f₄ を併せて示す。図中、実線I、IIおよびIIIならびにIVはそれぞれ磁器質B100人における水分量、積雪条件100人における水分量および磁器質B10人ならびに積雪条件10人における水分量の変動を表している。破線1および2が磁器質B10人における f₄ および磁器質B100人における f₄ を表している。この床材の f₄ の変動は斜線部分において変動する。実験を行った条件下では、10人においては2区間目からすべりにくい状態となり距離が増すにつれ水分量が減少し f₄ が上昇していく。しかし、30人から100人までの人数においては多量の水が床面上に存在し、すべての区間で f₄ が 0.4 を下回ったためすべりやすい状態であることが明らかとなった。このことから、断続的または集中して通行のある場所では、短時間にすべりやすい状態に陥ると言える。

積雪条件の場合、持ち込まれる水分量は降雨条件と比較すると少ないが、室温にて融解した雪が床面上にみぞれ状態で存在するため少量でもすべりやすい状態になると言える。また、みぞれ状の雪は靴底に付着しやすくその上を歩くことで水分の移動距離が延長され、広範囲にわたり濡れる状態になると言える。

3.4 濡れた床面における歩行時間

表2に床面の濡れ状況の差異による歩行時間の測定結果を示す。Case-1の全面乾燥時にお

表2 歩行時間測定結果

条件	速度[sec/m]		平均速度[m/sec]
	乾燥	湿潤	
Case-1 全乾燥	0.71	-	1.41
Case-2 3m湿潤	0.71	1.33	1.12
Case-3 5m湿潤	0.71	1.21	1.04

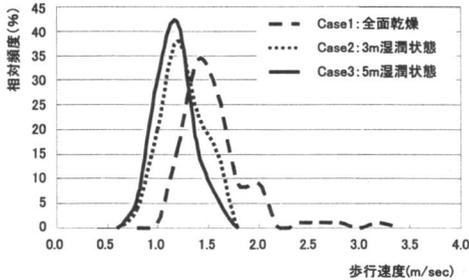


図7 歩行速度と相対頻度との関係

ける平均歩行速度は1.41m/secであった。このCase-1を基準速度と置くと、Case-2の3m湿潤状態時では1.12m/secと歩行速度がおおよそ2割減速し、Case-3の5m湿潤状態時には、1.04m/secとおおよそ3割減速することが明らかとなった。

図7に歩行速度と相対頻度との関係を示す。濡れ範囲の拡大により頻度の最大値を低速側に移動させかつ頻度も増加させている。ただし本実験結果は、大学構内にて実施したもので被験者も18~22歳程度に限定された若者を対象に行った。不特定多数の出入りする建物は、幅広い年齢層かつ様々な身体状況の方々が利用する。高齢者や車いす利用者ならびにハンディキャップを抱えた人の場合、床面の濡れによるさらなる歩行時間の遅延が予測される。このように、床面の濡れ状況が歩行速度に大きく影響を与えることが明らかとなった。

4. まとめ

降雨や積雪により建築物の出入口付近の床材料は、歩行者数が多くなると短時間で多量の水が持ち込まれ、出入口に近い地点からすべりやすい状況に陥る。また、床材料のすべりに影響を与える要因は表面に施されてい

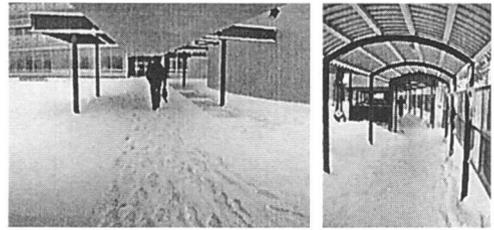


写真3 雁木空間

る凹凸だけではなく、材質および仕上げなども密接に関係している。

以上のことから、

- 1) 建物内にできるだけ水分を持ち込ませない建築計画が必要である。
- 2) 現行の床材料におけるすべりへの対策が必要である。

例えば、写真3に示すようにアプローチ部分に雁木などの緩衝空間を設置することにより、積雪を緩和することができる。緩衝空間内でも水処理をすることで水分の建物内への侵入をある程度抑制できる。また、最も出入口に近い箇所から建物内部へ向かい、すべり特性の異なる数種類の床材料を段階的な使用や、目地の深さおよび幅を段階的に大きくするなど具体的な策が挙げられる。しかし現行の基準では、雁木空間などの囲われた部分が面積に算入されることや、コストの面を考えるとほとんど対策が行われていないのが現状である。これからの課題である。

【参考文献】

- 1) 細川和彦 他2名：建築物周辺の積雪が避難行動に及ぼす影響 日本建築学会計画系論文集 第560号，pp.167-172, 2002年10月
- 2) 小野英哲 他3名：床のすべりおよびその評価方法に関する研究，日本建築学会論文報告書 第321号，pp.1-7, 1982.11
- 3) 安部裕也・亀山修一 他3名：Circular Texture Meter (CTM) とDF テスタによる国際摩擦指標 (IFI) の算出，土木学会舗装工学論文集第4巻，pp.15-22, 1999.12
- 4) 牧 恒雄：歩道用摩擦係数測定試験機に関する研究 土木学会第49回年次学術講演会 pp.6-7, 1994年9月