

床の滑り易さの限界について

(第一報 床の滑り測定機)

研究部長 齋藤次郎

指導課 技官 荒井喜久男

1. ま え が き

建築物内部の床、通路、その他のあらゆる作業床で、歩行者や作業者が、床が滑ったために転んだりその他の災害を起すことは、しばしば発生している。

経験的には、表面のざらざらした床はすべりにくく、表面を磨いた床や、水や油で濡れた床が滑り易いことは知っていても、これらの床の滑りの程度を数量的に表現したものはなかった。

そこで、歩行の際に生ずる床の滑りの程度を数量的に表示し、それによって滑り易さの限界を定め、滑りを左右する条件を見出して床の滑り防止対策に資することを目的とした研究を行った。

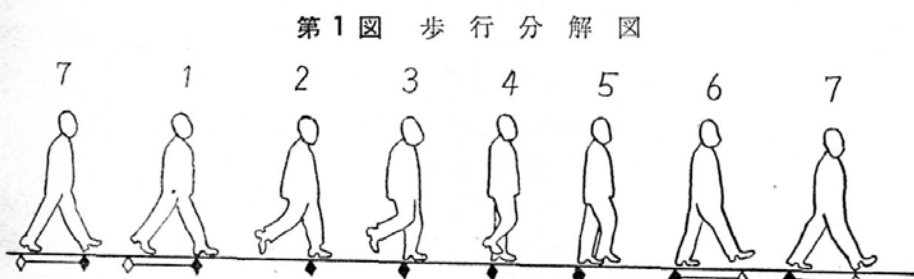
以下、その第一報として、床のすべりを測定するために特に製作された「床の滑り測定機」について、その機構と原理、測定方法および測定値について述べる。

2. 歩行機構と滑り

歩行の際に生ずる滑りが、歩行のどの段階において、最も発生しやすいかを調べるために、歩行機構を写真によって分解してみた。

このためには、人の歩行状況を真横から、本人に気付かれぬように、撮影機によって毎秒16コマの速度で撮影するという方法をとった。

この写真に基いて、後足が地面を離れて前に踏み出し



- ◇----- 右足のかかとが地面に接する点
- ◆----- 左足のかかとが地面に接する点
- ◆----- 一步の歩中

地面に接するまでの一步を分解すると、図に示すように7段階に分けられる。

この図は左足のかかどが地面に接し、右足のつま先が地面を離れてから右足のかかどが、地面に接するまでを示している。

この図において、2から6までの段階においては、通常滑りの問題は起らない。滑りが最も多く発生するのは7から1の段階に移る際である。すなわち7の段階で、前に踏み出した足のかかどが地面に接するが、接触した瞬間においては、体重はまだ後足で支えている。次で後足の推進作用で体重が前足に移り、前足のつま先も地面に接し、後足はつま先だけとなる。つまり、7の段階の終りと、1の段階の始めにおいて、体重を両足で交互に支え、7では後足のつま先で、1では前足のかかどで体重を支えている。このときの足の開きが一番大きく、体重の水平方向への分力が最大となり、その方向は、後足にかかるときは後方で、前足にかかるときは前方である。これが滑りを生ずる力になる。

いいかえれば、踏み出した足が、地面に接した時に後足は、後の方へ前足は前の方へ最も滑りが発生しやすい状態にあることになる。

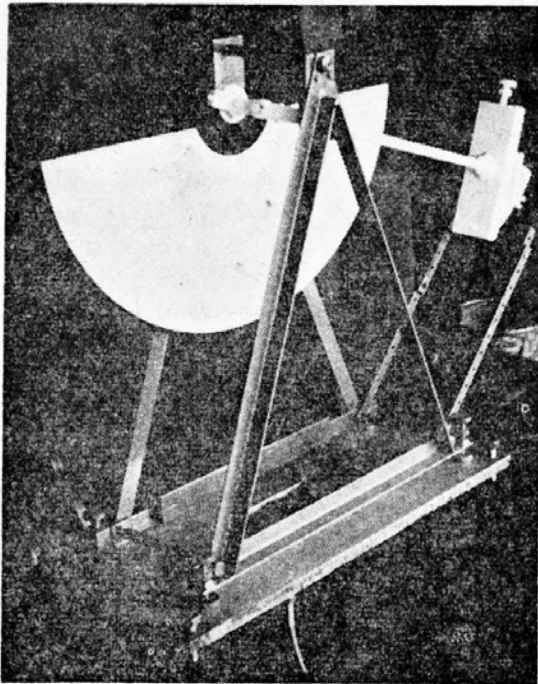
このときの前足のかかどが地面に接する角度は、すりへった靴のかかどの調査から、 10° 乃至 30° の範囲にあることが知られている。

3. 滑り定測機

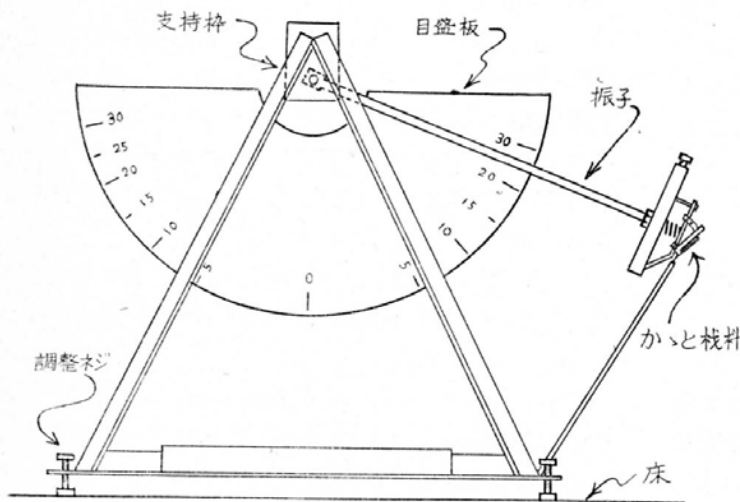
この測定機は歩行機構において滑りを生ずる段階のうち、前足の動作をとってこの段階における滑りの測定を実際における滑りと最も近い条件において行うように製作したものである。そのため、特に次の2点に特徴がある。

- (1) 測定方法として前足のかかどが床に接する時の動作を基にしてい

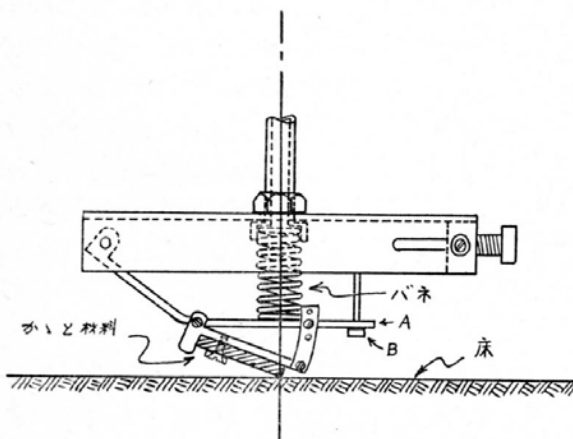
第2図 滑り測定機の全景



第3図 滑り測定機



第4図 振り子先端部



る。

(ロ) 可搬式にして、現場の床を直接測定することができるようにしている。

このために現場における歩行の際の滑りを直接測定することができる。

3-1 測定機の機構

測定機の構造は、第2図および第3図に示す通りの形状をした振り子、指針および支持棒からなるものである。

支持棒……本体を構成し振り子を支えるものである。アングルで作られた2組の三角形の棒で、測定の際の移動を防ぐため錘が取り付けられている。また測定機を水平に置くために両端に高さ調整ネジが取り付けられている。支持棒の片方の端には振り子を所定の高さに保持し、そこから振り落とすための支点がある。

振り子……支持棒によって支えられた丸棒の先端に第4図に示す靴底材料取付部を持ったものである。振り子支点の軸はボールベアリングによって受けて摩擦を少なくしている。

振り子先端部は、4 cm 角に切った靴底を10°、20°、30°の角度に取り付ける部分と、この底材料を床に対して圧迫する蔓巻パネとからなっている。

指針および目盛板……振り子の振れに連動し最高振れを示す指針と、振り子の有効高さを目盛った目盛板とが組合わされて、支持棒の片側に取付いている。目盛板には振り子の重心の高さが5 cm から30 cm まで、5 mm ごとに目盛り、1 mm まで読みとることができる。

測定機の振り子先端部に靴底材料を取付け、振り子を所定の高さから振り落とすと、底材を床面に押しつけながら床上を滑走して反対側に振り上がる。その高さの極限值を読んで床の摩擦係数を求める機構である。

3-2 測定の原理

振り子を自由に振って、先端部が床に接触せずに振り上がった場合、その高さは、最初振り落とす前の高さに等しい。

振り子の先端部が床面を滑走して振り上がった場合は、振り上がった高さは最初の高さより低くなる。この場合高さの差に表われたものは、失われた振り子の位置のエネルギーである。この失われた位置のエネルギーは滑走によって生じた摩擦によってなされた仕事に等

しい、すなわち、摩擦によってなされた仕事は、振子の振り上がった高さに表われてくる。(第5図参照)

今、振子の重量……………W
振子の初めの重心高さ……………H
反対側に振り上がった高さ……………h

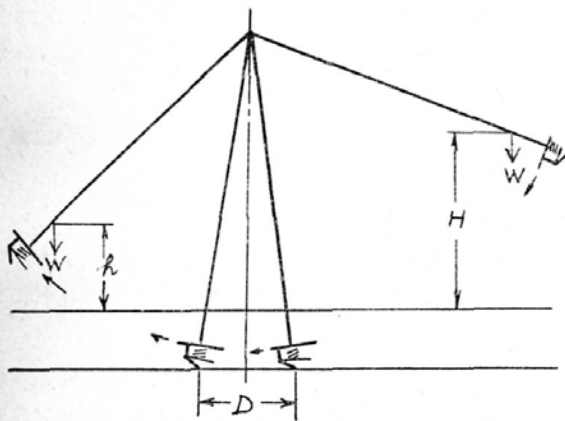
とおくと

失なわれた位置のエネルギーは

$$W(H-h) \dots\dots\dots(1)$$

で表わされる。

第5図



摩擦によってなされた仕事は、

$$\text{仕事} = \text{平均摩擦力} \times \text{接触距離}$$

$$\text{平均摩擦力} = \text{摩擦係数} \times \text{接触面に垂直な力}$$

である。ここで摩擦係数は、床面の滑りの難易を示す係数であるから、防滑係数と称する。

ここで、防滑係数……………U

接触面に垂直な力……………P

接触距離……………D

とおくと、

$$\text{仕事} = U \cdot P \cdot D \dots\dots\dots(2)$$

失なわれた位置のエネルギーと摩擦によってなされた仕事は等しいから(1)式と(2)式は等しいと置く。

$$U \cdot P \cdot D = W(H-h)$$

$$\therefore U = \frac{W(H-h)}{P \cdot D} \dots\dots\dots(3)$$

(3)式において、W, P, D, H は、測定機の定数として決定できるから、hを測定することによって、Uを求めることができる。

3-3 測定機の常数

測定機を製作した後、各部の常数を決定するための測定を行い、次の各項について常数を決定した。

(1) 振子の重量(W)の決定

重量を測定するためには、秤量5kg、感度5gの天秤を使用した。振子は支持部より外し、かかと取付け部は木製のかかとを取付けた。このための実測

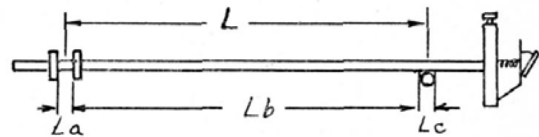
に用いるゴム、皮等との差は微少であって無視できる。

測定結果は次のとおりである

$$W = 1.504 \text{kg}$$

(2) 振子の重心の決定

振子を図のごとく支点によって支え、平衡を得ることによって重心を求めた。この振子には(1)と同じく木製のかかとを取付けた。



測定結果は次のとおりである。

$$L_a = 1.90 \text{cm}$$

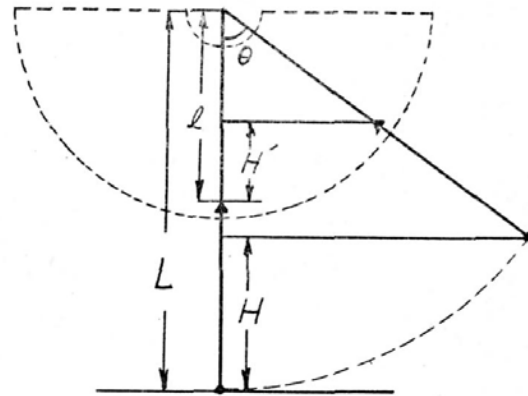
$$L_c = 2.10 \text{cm}$$

$$L_b = 37.40 \text{cm}$$

$$\begin{aligned} \therefore L &= L_b + \frac{L_a + L_c}{2} \\ &= 37.4 + 2.0 \\ &= 39.4 \end{aligned}$$

(3) 目盛板の目盛の決定

目盛板に振子の重心の有効高さを目盛るのは、次の方法によった。



L ; 回転軸の中心より重心までの距離 (cm)

l ; 回転軸の中心より指示点までの距離 (cm)

H ; 振子が角 theta だけ振れたときの重心高さ

H' ; 振子が角 theta だけ振れたときの指示点の高さ

$$H = L - L \cos \theta$$

$$H' = l - l \cos \theta$$

$$\frac{H}{H'} = \frac{L(1 - \cos \theta)}{l(1 - \cos \theta)}$$

$$\therefore H' = \frac{l}{L} \cdot H$$

ここに

$$L = 38.04$$

$$l = 26.1$$

とすると, $H'=0.686H$

$$H'=0.686H$$

H	H'	H	H'
5	3.43	21	14.41
6	4.12	22	15.09
7	4.80	23	15.78
8	5.49	24	16.46
9	6.17	25	17.15
10	6.68	26	17.84
11	7.55	27	18.52
12	8.23	28	19.21
13	8.92	29	19.89
14	9.60	30	20.58
15	10.29	31	21.27
16	10.98	32	21.95
17	11.66	33	22.64
18	12.35	34	23.32
19	13.03	35	24.01
20	13.72		

(4) バネの圧力

バネの圧力は, その主要寸法による計算値によった。

主要寸法

針金の太さ	d (mm)	1.4723
コイル内径	Di(mm)	12.7
有効コイル巻数	N	8
自然の長さ	L (mm)	45.5

$$P = \sigma_1 \times \frac{Gd^4}{8ND^3}$$

ここにおいて

σ_1 (取付長さ 33.4mm に対する変位) mm	12.1
σ_2 (圧縮長さ 30.4mm に対する変位) mm	15.1
G	kg/mm ² 8500
D (Di + d) mm	14.17

とすると,

$$P_1 = \sigma_1 \times \frac{Gd^4}{8ND^3}$$

$$P_2 = \sigma_2 \times \frac{Gd^4}{8ND^3}$$

$$\therefore P_1 = 2.655$$

$$P_2 = 3.313$$

ゆえに

$$P = \frac{P_1 + P_2}{2} \\ = 2.984 \text{ (kg)}$$

4. 測定方法

この測定機によって測定を行う方法は次のとおりで

ある。

- (1) 測定する床面に対して使用する靴のかかと材料 (あらかじめ 4 cm 角に切断したもの) を振子先端部に取付ける。(取付角度は, 10°, 20°, 30° のうち何れをとるかは, あらかじめ決定しておかなければならない。)
- (2) 厚さ 3.0 mm のスペーサーを第 3 図の A と B の間に押入する。
- (3) 測定機を測定する床上に置き, 支持枠四隅の調整ネジによって振子の振れる方向および, その直角方向に対して, 水平に据える。
- (4) 同時に測定機の高さを, スペーサーを入れたまま垂直に下げた振子先端部のかかと材料の角が, 床面にちょうど接する高さに調節する。
- (5) スペーサーを入れたまま振子を振り初めの位置で支える。
- (6) 指針を振子に合せる。
- (7) 振子支持部を外して振子を一振りさせる。
- (8) 反対側に振り上った高さを, 目盛板上の指針によって読む。

この測定機においては, 振子支点および指針の摩擦により振り初めの重心高 $H=25\text{cm}$ のとき, 反対側に振り上った高さ $h=24.5\text{cm}$ となる。

以上で測定機の据付および調整を完了する。

- (9) 測定を行うには, スペーサーを取外して, 振子を支持部で支える。
- (10) 指針を振子に合せる。
- (11) 振子支持部を外して振子を振る。
振子のかかと材料をバネで床に押しつけながら, 床面を 10cm の距離だけ滑走して, 反対側に振り上る。
- (12) 振り上った極限值が指針によって示されるから, 目盛板でその高さを読む。
以上で測定は完了する。

5. 測定結果

測定結果防滑係数は床対かかとの値として示される。一例としてコンクリート磨き出しの床についていうと, ゴムに対しては 0.72 乃至 0.73, 皮に対しては 0.38 乃至 0.46 の防滑係数を示した。

このことは, 同じ床に対しても靴底の種類によって滑りの状態が違っていることを示すものである。

また同一の床に対して, ある一種の靴底について測定を行っても, 一定の値を示すことはない。測定個処が変われば, 防滑係数も変り, その範囲は各種各様である。これは床の滑りを左右する条件が, きわめて微少であっても, 防滑係数に大きな影響を与えるからである。影響を

あたえる要素の一つは、表面における吸着層である。表面が乾燥している場合でも、各種の分子層が吸着している、床材料の分子が表面に出ていることはほとんどない。表面が明らかに水油等によって濡れている場合は、これらの吸着層によって、表面の状態は乾燥したものと

全く異った滑りの様相を呈する。すなわち吸着層により極端に滑りやすくなる。

以上の床の種類、靴底の種類、表面吸着層による防滑係数の相違に関する測定結果を次に示す。

第1表 各種床対靴底の防滑係数

靴底材料		普通加硫ゴム	特殊ゴム A	特殊ゴム B	特殊ゴム D	皮
乾いた床	イ ビニルタイル	0.69~0.73	0.62~0.67	0.41~0.50	0.33~0.41	0.43~0.46
	ロ アスファルトタイル(1)	0.87~0.90	0.77~0.84	0.36~0.41	0.35~0.38	0.47~0.49
	ハ 同上 (2)	0.85~0.90	0.59~0.64	0.48~0.53	0.42~0.45	0.47~0.49
	ニ 鉄板(3)	0.68~0.69			0.37~0.40	0.37~0.38
	ホ 同上 (4)	0.51~0.60			0.42~0.43	0.40~0.41
	ヘ コンクリート磨き出し	0.71~0.72	0.61~0.65	0.42~0.46	0.31~0.38	0.38~0.46
ト モザイクタイル	0.72~0.77	0.63~0.67	0.41~0.54	0.35~0.37	0.34~0.38	
水しをた流床	ハ アスファルトタイル	0.48~0.40	0.40~0.43	0.24~0.47	0.23~0.25	0.22~0.24
	ト モザイクタイル	0.22~0.23	0.29~0.31	0.24~0.26	0.24~0.29	0.22~0.31
	ヘ コンクリート磨き出し	0.30~0.33	0.34~0.35	0.28~0.32	0.25~0.30	0.22~0.23
油すつのをくたう塗も	コンクリート磨き出し(5)	0.18~0.19	0.20~0.22	0.20~0.22	0.25	0.16~0.18
油しをた流床	イ ビールタイル	0.08	0.10~0.13	0.15~0.17	0.16~0.17	0.10
	ニ 鉄板(3)	0.02~0.05			0.16	0.09
	ホ 鉄板(4)	0.06~0.09			0.17~0.18	0.10~0.11
	ヘ コンクリート磨き出し	0.07~0.08		0.16~0.17	0.17~0.18	

- (注) (1) 新しい材料を使用
 (2) 古い材料を使用
 (3) 表面の吸着層をシンナーで清掃したもの
 (4) (3)の材料面をサンドペーパーでみがいたもの
 (5) 油をうすく塗ったものは油のしみた布で表面を一回塗ったもの

第1表は各種のすべりやすい床に対して、ゴム、皮、および特殊ゴムが示す防滑係数で、第2表は、これを図示したものである。

これらの表によって示されるとおり、床の状態および靴底の種類によって、かなり特徴のある傾向がみられる。すなわち、

- (1) 防滑係数は、靴底の種類によって大きなひらきがある。
- (2) 床の表面における吸着層の影響は附着物によって異なり、同一の附着物では床の種類による差はあまり出てこない。
- (3) 吸着層がある場合は、乾いた床に比較して極端にすべりやすくなる。

6. む す び

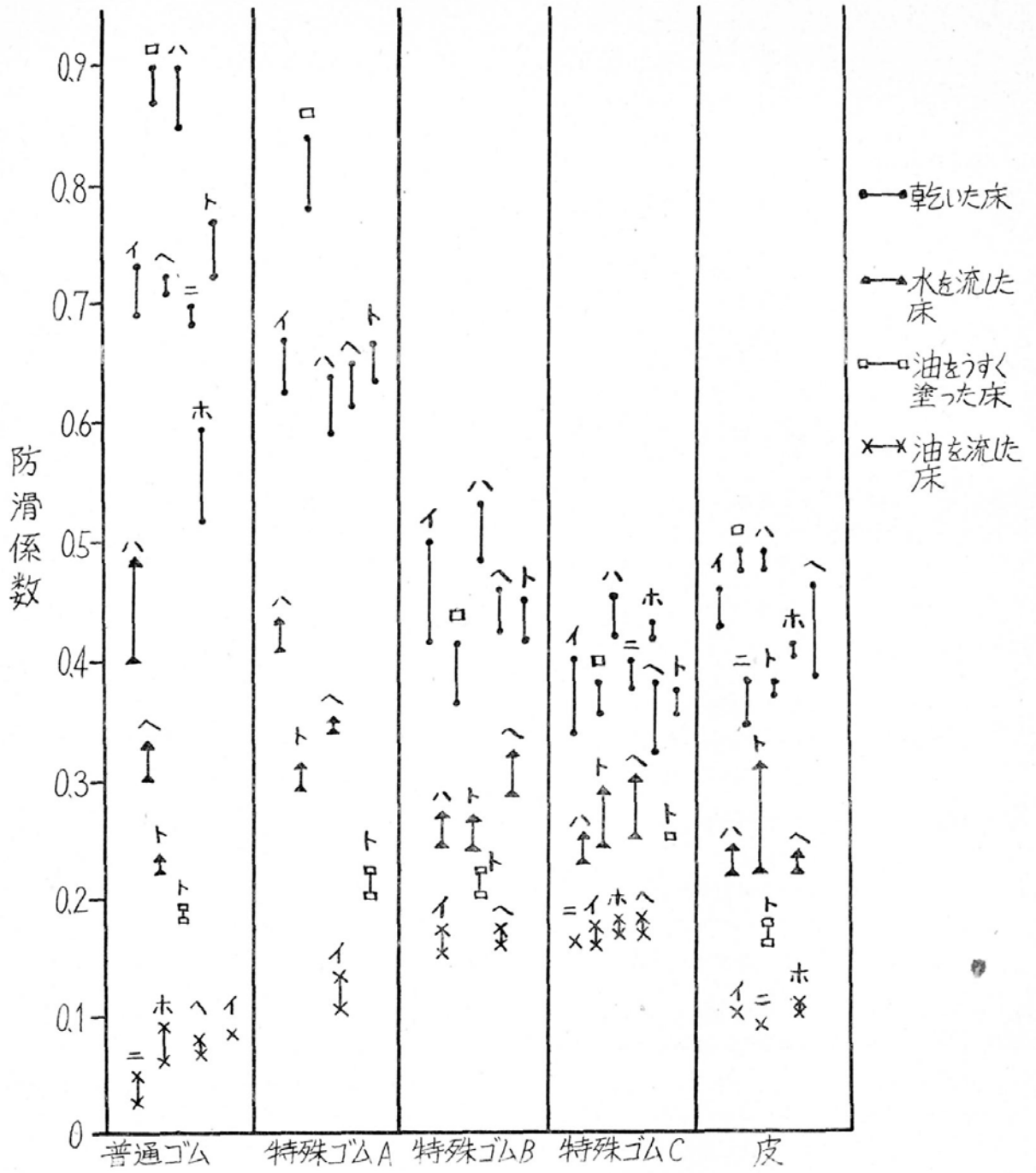
床の滑り易さの限界についての第一報として床の滑り測定機についての概要を述べ、測定結果の数例を基にして、滑り易さと防滑係数との関係について一例をあげた。

これによってみると、床の示す防滑係数によって、その床が滑りやすいか、あるいは滑りにくいかを判定することができそうである。

しからば滑り易さの限界としては防滑係数としてどの範囲にあるものかをきめることが必要になってくる。

この限界の決定および、滑りの条件とこれを防止する対策については第二報以下に報告する予定である。

第2表 各種靴底の示す防滑係数



(ABSTRACT)

A Designation System of Accident Causation Factors for Classified Statistics

by O. Fukumori
T. Kosaka

These designations will serve for compilation of classified statistics to be used for accident prevention through revising or protecting those factors which are scrupulously screened from all possible ones that may constitute an accident and are determined to contribute to actual causation of the accident.

Subjects for designation to be considered are as follows :

1. Agency : agency is an object or substance directly associated with occurrence of the accident.
2. Unsafe Condition : unsafe condition is a condition that the agency is in such a state that it may cause an accident.
3. Unsafe Act : unsafe act is an act that may possibly result in occurrence of accident.
4. Accident Type : accident type is a way in which the injured come into contact with object or substance.
5. Unsafe Personal Factor : unsafe personal factor is an unsafe mental or physical factor of the person who committed unsafe act.
6. Type of Injury : type of injury is a type of injury sustained by the person or type of impairment of ability on the part of the body in question.
7. Part of Injury and its extent.
8. Inflicting Agent : inflicting agent is object or substance inflicting injury to substance inflicting injury to the person.

Effective and accurate tabulation of every and each of these factors makes it consequently possible to find cause of accident.

The Instrument to measure the Slipperiness of the Floor (The 1st Report about the Slipperiness of Walkway Surfaces)

by J. Saito
K. Arai

To measure the slipperiness of the floor, we constructed the instrument of the pendulum impact type which is nearly the same as that of the one manufactured by the U. S. National Bureau of Standards, and tested for several flooring and finishing materials with test heels of rubber, leather, and special rubber threaded with fibre.