

# 새롭게 개발된 휴대용 미끄럼 저항 측정기의 성능검증

김정수

한국산업안전보건공단 산업안전보건연구원  
(2012. 12. 21. 접수 / 2013. 2. 19. 채택)

## The Validation of Newly Developed Portable Slipmeter

Jung-Soo Kim

Occupational Safety and Health Research Institute, KOSHA  
(Received December 21, 2012 / Accepted February 19, 2013)

**Abstract :** The purpose of this study were to develop and validate a prototype slipmeter used on-site floor. The developed slipmeter was dreg sled type. It measured static coefficient of friction(SCOF). The developed slipmeter was evaluated with ASTM 2508-11 which use four different standard surfaces(polished granite, glazed porcelain, vinyl composite tile, and ceramic tile). The SCOF was then measured with developed slipmeter under the three different contaminants and seven different floors. The test results of slipmeter were also compared with those of BOT-3000, floor surface roughness, and human perception. The test results revealed that developed slipmeter successfully ranked all four standard surfaces and differentiated among standard surfaces with varying degrees of slipperiness. The developed slipmeter couldn't properly measure slipperiness under the two kind of floors(polished tile, ground steel plate) and one kind of contaminant(glycerol). The test results of developed slipmeter had stronger correlation with those of BOT-3000 and floor roughness under the water and detergent solution than under the glycerol. The test results of developed slipmeter also showed stronger correlation with those of BOT-3000 and surface roughness than those of human perception. The newly developed slipmeter had been found to give consistent results under the test conditions except for two kind of floors(polished tile, ground steel plate) and one kind of contaminant(glycerol).

**Key Words :** slipmeter, validation, ASTM 2508-11, BOT-3000, human perception, surface roughness

### 1. 서론

세계적으로 미끄럼 사고와 관련된 통계자료들은 대부분 비슷한 경향을 나타내고 있다. 또한 고령화가 심한 나라일 수록 사고율이 증가하는 것으로 나타나고 있어<sup>1)</sup> 우리나라도 앞으로 이러한 경향이 증가할 것으로 예상된다.

우리나라 산업현장에서 발생하는 재해의 약 20%가 넘어짐(전도) 사고로 발생하고 있다. 이러한 넘어짐 사고의 약 50%는 미끄럼에 의해 발생하는 것으로 추산되어 결국 전체 산업재해의 약 10%가 미끄럼 사고로 인한 재해로 평가할 수 있다<sup>2)</sup>.

우리나라 산업구조가 제조업 중심에서 서비스업 중심으로 점차적으로 변화하고 있고, 서비스업 중 음식업 관련업종의 2011년도 재해율은 서비스업 대비 2.9배를 상회하고 있다. 또한 음식업 재해율은 2001년도 1.01%에서 2011년도 1.38%로 급격히 증가하는 추세이다. 최근 3년간('09~'11) 발생형태를 보면 넘어짐 재해가 27.3%를 점유하는 것으로 나타나고 있다.

미끄럼 재해를 예방함에 있어서 가장 중요한 요소는 과연 작업장 바닥이 얼마나 미끄러우며 앞으로 이러한 위험을 예방하기 위해 최소한 작업장 바닥은 어느 정도까지 미

끄럽지 않아야 되는지를 아는 것이다. 현재 국내 산업현장에서는 미끄러운 바닥을 제어 또는 개선하고 싶어 하지만 얼마나 미끄러운지에 대한 정량적 평가 장치 및 기준이 없어 어려움을 겪고 있다.

국제적으로 수많은 미끄럼 저항 측정기가 시장에 유통되고 있고 다양한 측정 원리를 적용하여 지금도 개발 중에 있다<sup>3)</sup>. 그러나 이렇게 다양한 측정기가 존재함에도 불구하고 모든 목적에 합치되는 측정기는 현재 존재하지 않는다. 또한 각 국가별로 사용되는 측정기가 상이하고 시장에 유통되는 측정기의 가격이 고가인 관계로 국내에는 이러한 미끄럼 측정기 사용이 활성화되지 못하고 있다.

미끄럼 측정기를 개발하더라도 개발된 장치의 성능을 정확하게 평가할 수 있는 방법이 없다면 이 또한 무용지물이 될 수 있다. 따라서 현재 국내·외적으로 검증된 방법이나 장치를 이용하여 개발된 미끄럼 측정기를 검증할 필요가 있다. 이러한 목적을 달성하기 위해서 사용될 수 있는 것으로 바닥재 표면의 거칠기와 비교하는 방법<sup>4)</sup>, ASTM 2508-11을 이용하는 방법<sup>5)</sup> 및 인간의 인지적 평가를 이용하는 방법<sup>6)</sup>이 있고 측정결과를 검증하기 위해 다양한 표준 측정기와 비교할 필요가 있다.

지금까지 다양한 측정 장치가 개발되었고 재현성, 일관

\*Corresponding Author: Jung Soo Kim, Tel : +82-32-510-0793, E-mail : mechheat@kosha.net  
Department of Safety Research, Occupational Safety and Health Research Institute, 4785, Munemi-ro, Bupyeong-Gu, Incheon 403-711, Korea

성, 유효성 및 반복성 관점에서 비교하고 평가하는 연구를 수행하여왔다. 그러나 기존 연구들<sup>7,8)</sup>은 개발된 장치에 대한 성능평가를 단순히 기존 장치와 비교하거나 거칠기에 대하여 비교하는 등 체계적인 평가가 미흡한 실정이다. 또한 다른 연구자들<sup>5,6)</sup>은 미끄럼 측정기에 대한 유효성을 실제 발생한 미끄러짐 사고와 비교하거나 아니면 제어된 시험조건에서 사람이 느끼는 미끄러움과 비교하여 평가해 왔다. 그러나 다양한 평가 방법을 적용하여 개발된 미끄럼 측정기를 체계적으로 평가한 연구결과는 미미한 실정이다.

따라서 본 연구는 안전보건공단 지도원에서 보유하고 있는 Push-Pull gauge와 간단한 부가 장치로만으로 작업장 바닥의 미끄러짐 위험성을 평가할 수 있는 휴대용 간이 측정 장치와 이를 사용하기 위한 측정법을 개발하고 앞에서 언급한 다양한 검증방법으로 개발된 측정기의 성능을 체계적으로 평가하였다.

## 2. 연구방법

### 2.1. 휴대용 미끄럼 측정기 개발

Fig. 1(a)는 본 연구에서 초기에 개발한 수동식 끌기형 미끄럼 측정기를 나타내는 사진이다. 그러나 이러한 장치는 수동으로 장치를 끌도록 되어있어 측정자들 사이에 측정결과가 상이하게 나타났다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 자동으로 정지마찰계수를 측정할 수 있는 장치를 Fig. 1(b)와 같이 개선하여 제작하였다. 이 장치는 선형모터에 의해 수평방향으로 0.02 m/s의 속도로 전진하고 장치의 하부 바닥에 곡면으로 처리된 고무센서가 부착되어 있다. 고무센서의 접촉면적은 0.5~1.5 cm<sup>2</sup> 범위이며, 수직하중은 11.5 N으로 접촉압력은 77~230 kPa로 나타났다. 장치의 특성상 압축막 효과(squeeze film effect)가 발생할 수 있으므로 센서가 바닥과 접촉한 후 약 1초 이내에 움직이도록 사용하였다.

### 2.2. ASTM 2508-11을 이용한 성능평가

Fig. 2는 본 연구에서 사용한 ASTM F2508-11의 4종류 표준타일을 보여주는 사진이다. 이러한 표준타일을 이용하여 개발한 휴대용 미끄럼 측정 장치를 검증하였다. Table 1과 같이 기존의 연구에서 피시험자가 표준 타일이 물로 오염되었을 때 보행하여 나타난 미끄럼 사고 횟수를 근거로 한 것이다. 이 타일들은 미끄럼 위험성에 대해 일정한 순위를 가지며 통계적으로 유의한 차이를 나타낸

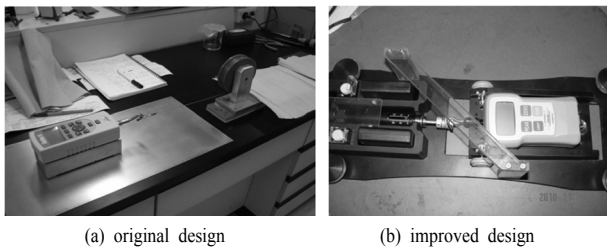


Fig. 1. Photos of newly developed slipmeters.

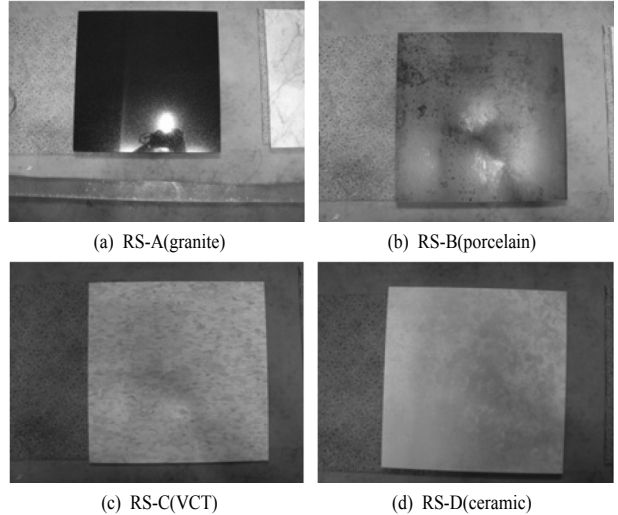


Fig. 2. Photos of standard tile(ASTM F2508-11) used.

Table 1. Slip accident results<sup>5)</sup>

Surface	No slip	Toe slip	Heel slip	Rank
RS-A	1	6	13	1
RS-B	5	11	4	2
RS-C	13	7	0	3
RS-D	20	0	0	4

것이다. 이들 타일들은 실제 피시험자를 이용한 미끄럼 시험<sup>5)</sup>에서 사용된 것이다. 따라서 개발된 미끄럼 측정기는 이들 타일에 대해 피시험자의 결과와 같이 일정한 순위를 갖고 동시에 각 타일들 사이에 통계적으로 유의한 차이를 나타내어야 한다. 실험에 사용된 타일은 Fig. 2에 나타난 것과 같이 연마된 검은색 화강암(RS-A), 시유 자기타일(RS-B), 비닐복합타일(RS-C), 거친 세라믹 타일(RS-D)이다. 이들 타일 중 연마된 화강암은 표면에 물이 거의 묻지 않고 뭉쳐지기 때문에 증류수에 비이온성 계면활성제(Triton X-100)를 체적기준으로 0.04% 첨가하였다. 나머지 타일은 증류수를 사용하였다.

4종류 타일에 대한 정지마찰계수 측정순서는 무작위적(random)으로 이루어 졌다. 표준 타일 위에는 액막이 충분히 형성될 수 있도록 충분히 물 또는 세제수용액을 분무하였고 측정기의 센서는 각 실험 전 세척되었고 연마솔로 균일하게 연마하였다. 각 표면에 대한 마찰계수는 한방향에 대해 12번 측정하고 다시 90도씩 회전시켜 측정하여 총 48번(동서남북 방향으로 측정) 측정하였다. 각 방향에서 측정된 값 중 최대값과 최소값을 제외한 나머지 값을 평균하였다.

### 2.3. 표면 거칠기 측정

실험에 사용된 바닥재는 Fig. 3과 같이 연마된 대리석타일, 세라믹타일 및 60번 사포로 연마한 스테인리스 철판 등 7가지로 표면 거칠기는 Table 2과 같다. 모든 바닥재는 5개씩 표본을 추출하여 실험 전 표면 거칠기 측정 장치(Surtronic Duo)로 중앙과 각 변 및 모서리의 9곳을 측정하

Table 2. Summary of surface roughness results for the floor specimens

Floor samples	Roughness Rz( $\mu$ m)		
	Mean	SD	Range
Tile A	1.7	1.06	0.5-4.7
Tile B	5.3	0.74	3.9-6.9
Tile C	28.9	12.9	7-67.5
Tile D	21.3	9.23	8.9-43.7
Tile E	78.5	16.2	29.9-118.3
Tile F	20.7	6.58	10.5-41
Tile S	2.42	0.35	1.9-3.2

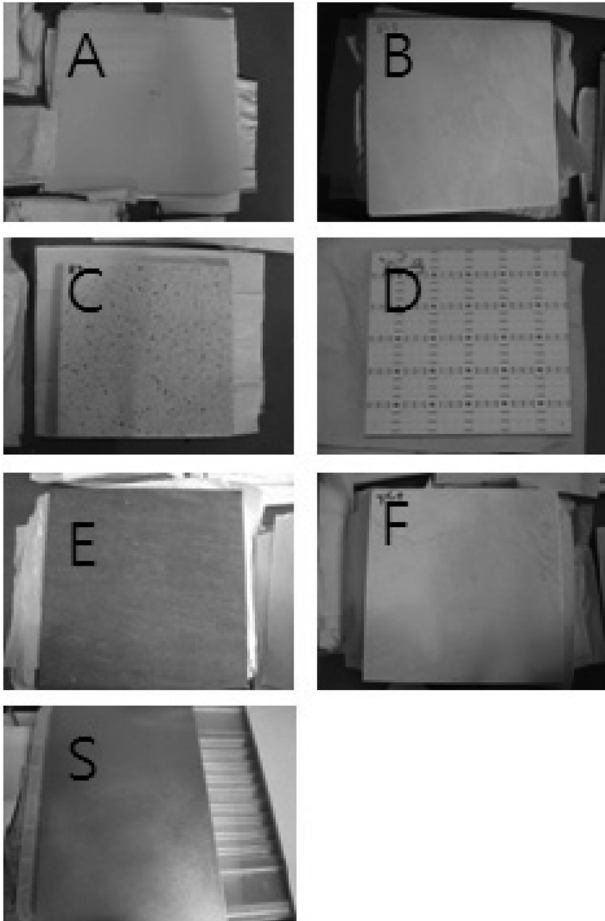


Fig. 3. Photos of tested floor with developed slipmeter, roughness checker and human subjects.

여 총 45회 표면 거칠기를 측정하여 평균을 취하였다. 측정된 바닥재 사이의 사후검정(t-test)결과 바닥재 D와 F가 통계적으로 유의한 차이를 나타내지 않고( $p>0.05$ ) 나머지는 통계적으로 유의한 차이( $p<0.01$ )를 나타내었다.

#### 2.4. 인지적 미끄럼 저항 측정

인지적 평가실험에는 20세에서 50세까지 건강한 성인 남성 12명이 본 연구에 참여하였다. 피시험자의 연령은  $36.5 \pm 8.54$ 세, 신장은  $171 \pm 3.81$  cm, 몸무게는  $72.7 \pm 5.29$  kg로 나타났다. 또한 실험에 참여한 피시험자는 요통이나 하지의

정형외과적 처치를 받은 전력이 없었다.

바닥재를 실험실 바닥에 평면으로 설치하고 바닥재에 세제수용액(SLS 4%; Sodium Lauryl Sulfite)을 분무한 상태에서 피시험자로 하여금 7가지 바닥재중 무작위로 2가지를 선택하게 하여 1회씩 걷도록 하였다. 따라서 각 피시험자는 총 21가지 조합(반복이 허용되지 않는 조합)으로 이루어진 보행실험을 하였다.

모든 피시험자들로 하여금 최대한 정상상태에서 보행할 때와 동일한 상태로 바닥재 위를 걷도록 하였다. 동일한 실험조건을 유지하기 위해 모든 피시험자는 동일한 신발을 신도록 하였으며 보행한 후 설문을 실시하였고 신발과 바닥재는 다시 세척하였다.

피시험자는 한쪽에서 출발하여 반대편에 도달하면 다시 뒷걸음으로 출발점까지 온 후 다시 전방으로 보행하여 반대편에 도달하고 다시 방향을 180도 돌아 원래 출발점으로 되돌아오는 방식으로 실험을 수행하였다. 이러한 방식은 Gao와 Abeysekera<sup>9)</sup>에 의하여 수행된 방식과 동일하다.

실험 전 참여한 모든 피시험자에게 실험의 목적, 위험성 등을 고지하였으며 한국산업안전보건공단의 연구윤리위원회에서 승인한 동의서를 받았다.

#### 2.5. 정지마찰계수 측정

개발된 장치는 Fig. 3에 제시된 7가지 바닥재 위에 3가지 오염물질을 충분히 분무한 상태로 정지마찰계수를 측정하였다. 3가지 오염물질은 증류수, SLS를 체적비 4%로 첨가한 세제수용액, 글리세롤을 체적비 92.5%(점도 : 200 cp)를 첨가한 수용액을 사용하였다.

정지마찰계수(Static Coefficient Of Friction; SCOF)는 각 바닥재별로 방향에 따라 12회 측정하고 각 방향(동서남북방향)에서 최대값과 최소값을 제외하고 나머지를 평균하였다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1. ASTM F2508-11를 이용한 평가

Fig. 4는 개발된 휴대용 미끄럼 측정기를 이용하여 ASTM F2508-11에 사용된 표준 바닥재의 정지마찰계수를 측정된 결과를 보여주는 그림이다.

개발된 미끄럼 측정기로 측정한 정지마찰계수는 0.444에서 0.880사이로 나타났다. 이들 값은 유사한 측정기로 측정한 기존 연구결과와 비교하면 타일 A와 D에서는 조금 높게 나타났고 타일 B와 C에서는 다소 낮게 나타났다. 따라서 본 측정기는 매우 매끈한 면과 매우 거친 면에서 다소 높은 값을 나타낸다고 생각된다.

Table 3은 각 표준 바닥재에 대하여 측정한 정지마찰계수, 표준편차 등 통계자료를 보여주는 표이다. 또한 각 표준 바닥재를 측정한 결과사이에 통계적으로 유의한 차이가 있는지를 확인하기 위한 사후검정(t Test) 결과도 나타내었다.

개발된 미끄럼 측정기로 측정한 정지마찰계수는 기존 연구결과와 순위가 동일하게 나타나며 사후검정 결과(paired t-Test), 통계적으로 유의한 차이( $p<0.05$ )를 나타내

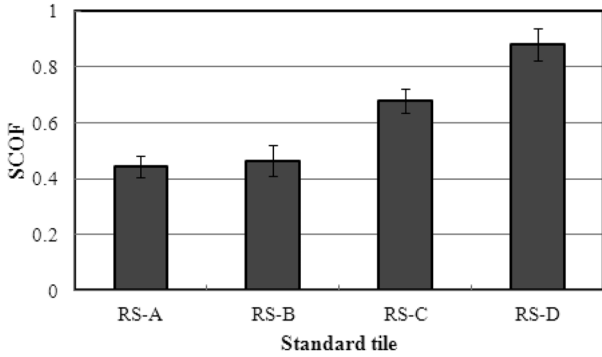


Fig. 4. Static coefficient of friction(SCOF) measured with developed slipmeter for the four standard surfaces.

Table 3. Summary of SCOF for the standard surfaces

Floors	RS-A	RS-B	RS-C	RS-D
Mean	0.444	0.465	0.681	0.880
SD	0.038	0.054	0.043	0.057
SE	0.0059	0.0085	0.0068	0.0090
95th confidence lower	0.4334	0.448	0.668	0.862
95th confidence higher	0.4560	0.4815	0.6944	0.8971
Rank	1	2	3	4
Paired t-Test value	2.18	23.32	13.58	
p value	<0.05	<0.01	<0.01	

었다. 이는 개발된 미끄럼 측정기가 ASTM F 2508-11에 제시된 미끄럼 측정기의 최소성능기준을 충족하고 있음을 보여준다<sup>9)</sup>.

따라서 이 장치는 미끄럼 측정기로 활용될 수 있다고 생각된다. 다만 앞에서 설명하였듯 매우 매끈한 면이나 거친 면에서 과대평가할 위험성이 있는 것으로 판단된다. 또한 Table 1에서 보여주었듯 RS-C에서 7명이 전족부 미끄럼(toe slip)이 발생하였기 때문에 측정된 값이 최소한 RS-C에서 측정된 값보다는 높아야 안전하다고 평가할 수 있다고 생각된다<sup>10)</sup>. 그러므로 개발된 미끄럼 측정기로 RS-C를 측정된 결과, 신뢰구간 상위 95%에서 0.6944를 나타나기 때문에 개발된 장치의 미끄럼 안전기준은 0.7로 결정하는 것이 합리적일 것으로 사료된다.

### 3.2. 오염물질 및 바닥재별 정지마찰계수

Fig. 5는 Fig. 3에 나타난 7개의 바닥재에 오염물질로 증류수, 세제수용액(SLS), 글리세롤 수용액을 사용하여 측정된 정지마찰계수를 나타낸 그림이다.

기존의 연구결과<sup>11)</sup> 정지 또는 동마찰계수는 일반적으로 오염물질의 점도와 반비례하는 것으로 나타나지만 Fig. 5에서는 타일 종류에 따라 상이하게 나타나고 있다. 따라서 고점도(200 cp)인 글리세롤은 개발된 측정기로 정확하게 정지마찰계수를 측정할 수 없는 것으로 판단된다.

또한 일반적으로 정지 또는 동마찰계수는 바닥재의 거칠기에 비례하는 것으로 나타나지만<sup>4)</sup> Table 2에 나타난 바닥재별 거칠기와 Fig. 5를 고려하면 매끈한 바닥재인 A와 인위적으로 연마한 바닥재 S는 표면 거칠기에 비해 상대

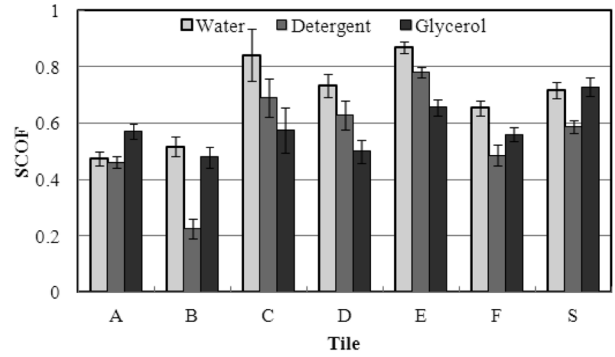


Fig. 5. SCOF measured with developed slipmeter for the seven floors under three contaminants.

적으로 높은 정지마찰계수를 나타낸다. 따라서 개발된 측정기는 매끈하게 연마된 바닥재나 인위적으로 연마된 바닥재의 정지마찰계수를 정확하게 예측하기 힘든 것으로 판단된다.

그러므로 개발된 측정기의 성능평가를 위해 앞에서 나타난 한계점을 고려하여 이후 비교 평가에서 오염물질은 글리세롤을 제외하고 바닥재는 A와 S를 제외하여 비교 평가를 수행하였다.

### 3.3. 개발된 휴대용 미끄럼 측정기 성능평가

3.2에서 언급하였듯 오염물질이 글리세롤일 경우와 바닥재가 A와 S일 경우 개발된 측정기로 측정할 경우 다양한 문제를 유발시키므로 성능평가에서는 사용하지 않았다.

Fig. 6은 오염물질이 물, 세제수용액일 때 5가지 바닥재에 대하여 개발된 미끄럼 측정기로 측정된 정지마찰계수와 표면 거칠기의 상관관계를 나타낸 그림이다.

전체적으로 정지마찰계수는 표면 거칠기에 비례적으로 증가하고 있으나 로그함수적인 특성을 나타내고 있다. 오염물질이 물인 경우 pearson 상관관계수가 0.86이고 세제수용액인 경우 0.91로 나타나 물보다 세제수용액일 때 표면 거칠기와 상관관계가 높은 것으로 나타났다.

Fig. 7은 오염물질이 물, 세제수용액일 때 5가지 바닥재에 대하여 개발된 미끄럼 측정기로 측정된 정지마찰계수와 인지적 평가의 상관관계를 나타낸 그림이다.

정지마찰계수와 인지적 평가 사이에 로그함수적인 상관관계를 나타내어 표면 거칠기와 유사한 경향을 나타내고 있으나 표면 거칠기에 비해 상관관계수가 조금 낮게 나타나고 있다. 이는 인간이 느끼는 미끄러움과 정지마찰계수가 정확하게 일치하지 않기 때문으로 생각된다. 오염물질이 물인 경우 pearson 상관관계수가 0.79이고 세제수용액인 경우 0.73으로 나타나 세제수용액보다 물일 때 인지적 평가와 상관관계가 높은 것으로 나타났다.

Fig. 8은 오염물질이 물, 세제수용액일 때 5가지 바닥재에 대하여 개발된 미끄럼 측정기로 측정된 정지마찰계수와 ANSI/NFSI B101.1<sup>12)</sup>에 제시된 미끄럼 저항 측정기로 측정된 정지마찰계수의 상관관계를 나타낸 그림이다.

개발된 장치와 기존의 측정기로 측정된 정지마찰계수 사이에 로그함수적인 상관관계를 나타내고 있다. 이는 개

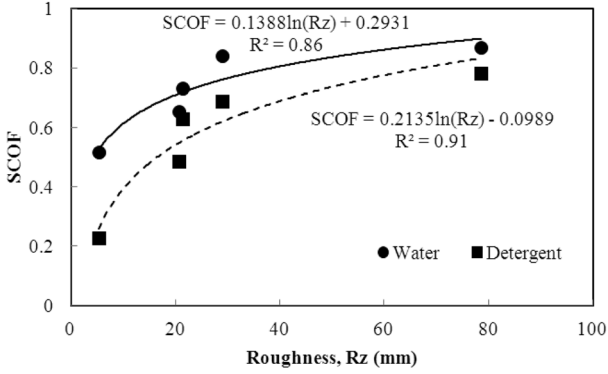


Fig. 6. SCOF measured with developed slipmeter .vs. surface roughness.

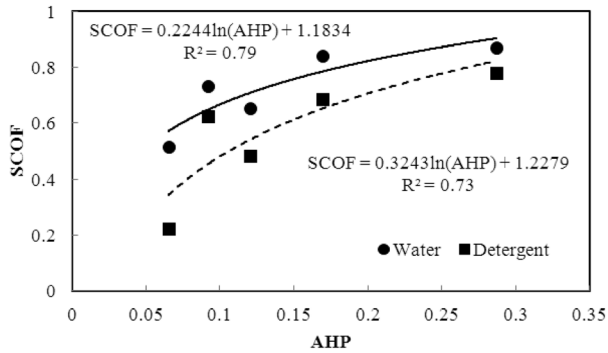


Fig. 7. SCOF measured with developed slipmeter .vs. human perception.

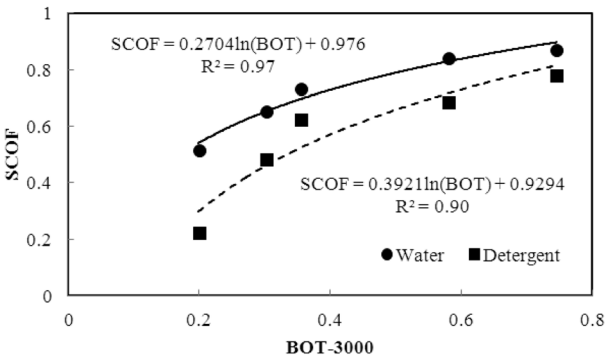


Fig. 8. SCOF measured with developed slipmeter .vs. SCOF measured with BOT-3000.

발된 장치가 높은 마찰계수 영역에서 마찰계수를 구별하는 성능이 조금 떨어짐을 의미하는 한편 낮은 마찰계수 영역(미끄럼 위험영역)에서 마찰계수를 구별하는 성능이 우수함을 의미한다. 미끄럼 위험성을 감소시키기 위해서는 낮은 마찰계수 영역에 대한 판별능력이 우수한 장치가 필요하다. 따라서 개발된 장치는 이러한 조건을 충족시키는 것으로 판단된다.

전체적으로 오염물질과 관계없이 상관관계수가 0.9이상으로 높게 나타나고 있고 물의 경우 상관관계수가 0.97로 세제수용액의 상관관계수 0.90보다는 높게 나타나고 있다. 따라서 개발된 장치가 기존 장치와 높은 상관관계를 가지므로 현장 측정용으로 사용 가능할 것으로 판단된다.

이상과 같이 개발된 현장 측정용 미끄럼 측정기를 바닥재의 거칠기, 인지적 평가 및 기존 장치와의 비교를 통해 성능을 평가한 결과, 전체적으로 오염물질이 물일 때가 세제수용액일 때보다 미끄럼 위험성을 더 잘 평가하는 것으로 판단할 수 있으나 세제수용액도 충분히 미끄럼 위험성 평가를 할 수 있을 것으로 판단된다.

따라서 개발된 현장 측정용 미끄럼 측정기는 실험된 범위에서 매우 매끈하게 연마되거나 인위적으로 연마된 금속 바닥을 제외하고 일반적인 바닥재에 대해 일상적인 오염물질인 물과 세제수용액에서 충분한 미끄럼 저항을 평가할 수 있을 것으로 판단된다.

#### 4. 결론

본 연구는 현장에서 측정할 수 있는 휴대용 미끄럼 측정기를 개발하고 이를 바닥재의 형태, 오염물질에 따라 평가하여 사용가능성과 한계를 확인하였다. 또한 바닥재의 거칠기, 인지적 평가 및 기존 장치의 측정결과와 비교함으로써 미끄럼 측정기로서 성능을 평가하였다.

이를 통해 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 개발된 미끄럼 저항 측정기를 ASTM 2508-11의 평가 기준에 따라 측정하고 평가한 결과, 개발된 미끄럼 측정기는 미끄럼 측정기로서 최소한의 조건을 만족시켰다.
- 2) 3가지 오염물질과 7가지 바닥재 조건 하에서 측정된 결과, 개발된 미끄럼 측정기는 글리세롤과 같이 점도가 높은 오염물질, 매우 매끈한 바닥재 및 인위적으로 연마된 바닥재에 대하여 미끄럼 위험성을 과소평가하였다.
- 3) 개발된 미끄럼 측정기로 물 및 세제수용액으로 오염된 5가지 바닥재에 대하여 측정된 정지마찰계수는 표면 거칠기, 인지적 평가 및 기존의 측정기(BOT-3000)와 높은 상관성을 나타내었다.
- 4) 개발된 현장 측정용 미끄럼 저항 측정기는 일반적인 바닥재 및 오염물질 범위에서 미끄럼 위험성을 평가하기에 적합한 것으로 판단되었다.

#### Reference

- 1) T. K. Courtney et. al., "Occupational Slip, Trip, and Fall-related Injuries-can the Contribution of Slipperiness be Isolated", in W.R. Chang, T.K. Courtney, R. Gronqvist and M. Redfern(Eds) Measuring Slipperiness, Taylor & Francis, London and New York, 2002.
- 2) J. S. Kim, "Evaluation of Ramp test using Human Perception", Journal of the Korean Society of Safety, Vol. 27, No. 3, pp. 9~14, 2012.
- 3) W. R. Chang et. al., "The role of Friction in the Measurement of Slipperiness, Part 2: Survey of Friction Measurement Devices", in W.R. Chang, T.K. Courtney, R. Gronqvist and M. Redfern(Eds) Measuring Slipperiness, Taylor & Francis, London and New York, 2002.

- 4) W. R. Chang, "Preferred Surface Microscopic Geometric Features on Floors as Potential Interventions for Slip and Fall Accidents on Liquid Contaminated Surfaces", *J. Safety Research*, Vol. 35, pp. 71~79, 2004.
- 5) C. M. Power et. al., "Validation of Walkway Tribometers: Establishing a Reference Standard", *J. Forensic Science*, Vol. 55, No. 2, pp. 366~370, 2010.
- 6) J. V. Dura, E. Alcantara, T. Zamora, E. Balaguer, and D. Rosa, "Identification of floor safety level for public buildings considering mobility disabled people needs", *Safety Science*, Vol. 43, pp. 407~423, 2005.
- 7) R. Gronqvist, M. Hirvonen and A. Tohv, "Evaluation of three Portable Floor Slipperiness Testers", *Int. J Industrial Ergonomics*, Vol. 25, pp. 85~95, 1999.
- 8) R. Ricotti, M. Delucchi and G. Cerisola, "A Comparison of Results from Portable and Laboratory Floor Slipperiness Testers" *Int. J. Industrial Ergonomics*, Vol. 39, pp. 353~357, 2009.
- 9) C. Gao and I. Abeysekera, "The Assessment of the Integration of Slip Resistance, Thermal Insulation and Wearability of Footwear on Icy Surfaces", *Safety Science*, Vol. 40, pp. 613~624, 2002.
- 10) J. S. Kim, "A Study of the Modifying the Field Slipmeters using ASTM 2508", 2012 Fall Conference of the Korean Society of Safety, pp. 37, 2012.
- 11) Jae-Suk Park and Whan-Sup Oh, "Slip Resistance of Contaminants on the Floor for Variation of Viscosity", *Journal of the Korean Society of Safety*, Vol. 27, No. 5, pp. 185~189, 2012.
- 12) ANSI, "Test Method for Measuring Wet SOCF of Common Hard-Surface Floor Materials", ANSI/NFSI B101.1, 2009.