

표준 바닥재를 이용한 미끄럼 측정기의 검증방법 개선 및 활용방안

김정수

산업안전보건연구원 안전연구실
(2013. 6. 11. 접수 / 2013. 10. 1. 채택)

A Study on the Improvement of Validation and Application for Slipmeters using Reference Surfaces

Jung-Soo Kim

Department of Safety Research, Occupational Safety and Health Research Institute, KOSHA
(Received June 11, 2013 / Accepted October 1, 2013)

Abstract : The purpose of this study was to evaluate three kinds of slipmeters (BOT, BPT, English XL) used on-site floor with ASTM F2508 which is comprised of four different standard surfaces(polished granite, glazed porcelain, vinyl composite tile ;VCT, and ceramic tile). ASTM F2508 has two criteria that decide which slipmeter is appropriate or not. The evaluated slipmeters were dreg sled, articulated sturt, and pendulum strike type. The test results revealed that two kinds of slipmeters(BOT, BPT) successfully ranked all four standard surfaces and differentiated among standard surfaces with varying degrees of slipperiness. Nevertheless, the measured value with BOT on the VCT ,which was reported as slippery floor in previous study, was higher than its threshold(0.6). Although some slipmeter satisfy two criteria of ASTM F2508, they can underestimate the slip potential. So, another criteria is needed so as to reduce this problem. English XL couldn't properly measure slipperiness under the two kind of floors(glazed porcelain, VCT). So the slider of English XL was modified in order to meet two criteria of ASTM F2508.

Key Words : slipmeter, validation, ASTM 2508-11, reference surfaces

1. 서론

미끄럼 측정기는 크게 두 가지로 대별될 수 있다. 즉, 바닥재의 미끄럼 위험성을 평가하기 위한 장치와 신발의 미끄럼 저항성능을 평가하기 위한 장치로 나누어 질 수 있다¹⁾. 일반적으로 신발의 미끄럼 저항성능을 평가하는 장치는 실험실에 설치되어 사용되고 있다. 이와 반대로 바닥재의 미끄럼 위험성을 평가하는 장치는 현장 바닥을 주로 측정하고 평가하고 있다. 이들 장치들은 근본적으로 동마찰계수, 정지마찰계수 및 천이 마찰계수를 측정하고 있지만 인간의 보행특성을 반영하려고 다양한 방식을 채택하고 있다²⁾. 또한 다양한 산업분야에서 70여 가지 이상의 기계적 측정 장치와 마찰계수 측정방법이 사용되고 있다³⁾. 그러나 이러한 상황에도 불구하고 현재까지 인간의 보행특성을 적절하게 반영하여 인정받은 범용장치는 현재까지 없는 실정이다. 이러한 이유는 이들 측정기들의 작동원리(끌기형, 회전진자형, 인공관전형 및 제동바퀴형), 접촉압력, 접촉면적, 접촉시간, 하중속도 증가율, 구동속도 등 매우 다양한 물리적 조건이 상이하기 때문이다²⁾. 이와 같이 다양한 측정 특성들 때문에 상이한 미끄럼 측정기로 얻은 결과들은 매우 다른 결과 값을 나타낸다.

따라서 모든 미끄럼 측정기는 자체적으로 장치를 검증하

고 보정하기 위한 대비표준을 가져야만 한다. 그러나 미끄럼 측정기를 검증·보정하기 위한 대비표준 또한 장치별로 상이하여 동일한 기준에서 성능을 비교 평가할 수 없다.

바닥재의 미끄럼 저항성능을 평가하기 위해서는 표준 센서물질이 필요하다. 국제적으로 인정받고 있는 센서물질로는 네오라이트, 4-S 고무 및 물성치가 정해진 SBR 등이 있다^{4,6)}. 따라서 재현성과 신뢰성이 검증된 센서물질로 바닥재의 미끄럼 저항 성능을 평가 할 경우, 상호 비교가 가능하게 된다.

또한 미끄럼 측정기의 상호 성능을 비교하기 위해서는 표준 센서물질뿐만 아니라 표준 바닥재가 필요하다. 그러나 표준 바닥재의 경우 각 측정기별로 상이한 바닥재를 채택하고 있어 상호 비교함에 있어 많은 문제점을 나타내고 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 기존의 연구에서 피시험자를 이용하여 4가지 바닥재에 대해 실제 미끄럼 사고를 기반으로 다양한 미끄럼 측정기를 평가하였다³⁾.

기존 연구³⁾의 연구결과를 반영한 검증 및 보정 방법⁷⁾인 ASTM F2508-11(이하 F2508)에 있어서는 각 측정기의 성능을 2가지 기준으로 평가하고 있다: 첫 번째로, 각 측정기로 측정된 표준 바닥재의 미끄럼 저항값 순서는 실제 피시험자를 대상으로 한 실험의 미끄럼 사고 횟수와 동일한 순서를 가져야 한다. 두 번째로, 4가지 바닥재에서 측정된

*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

미끄럼 저항값 사이에 통계적으로 유의한 차이(평균과 표준편차를 이용한 대응 표본 t-검정)가 나타나야 한다.

그러나 기존 연구는 표준 바닥재를 결정하기 위해 피시험자의 실제 미끄럼 사고를 기준으로 미끄럼 위험성을 평가하였지만 미끄럼 위험성 판정기준(criteria)은 제시하지 못하였다³⁾. 그러므로 이러한 방법과 기존의 미끄럼 측정기를 비교할 경우, 측정기의 미끄럼 위험성 구분성능은 어느 정도 평가될 수 있지만 각 측정기가 갖고 있는 자체 위험성 판정기준이 적절한지 평가할 수 없는 상황이다. 이러한 문제점에도 불구하고 이들의 연구결과를 검토하면 특정 바닥재까지는 각 측정기가 갖고 있는 자체 판정기준 이하로 나타나야 함을 알 수 있다. 즉, 그들의 연구결과에서는 20명의 피시험자 중 7명이 VCT(Vinyl composition tile) 위에서 발끝으로 미끄러졌다. 미끄럼 사고에 대하여 가장 보수적으로 고려한다면 VCT의 경우도 안전하지 않는 것으로 분류할 수 있다. 그러므로 만일 어떠한 측정기로 VCT를 측정하였을 때 미끄럼 저항값이 자체 판정기준 보다 높게 나타난다면 그 측정기의 판정기준이 너무 낮거나 측정기가 미끄럼 위험성을 과소평가한다고 판단할 수 있다. 또한 이러한 상황이 발생하였다면, 위험성 판정기준을 상향 조정하거나 사용된 측정기의 성능을 개선할 필요가 있다.

지금까지 다양한 측정 장치에 대한 성능평가를 단순히 기존 장치^{8,9)}와 비교하거나 거칠기에 대하여 비교하였지만 이를 통해 개선방법을 제시하지 못했다. 또한 다른 연구자들^{3,10)}은 미끄럼 측정기에 대한 유효성을 실제 발생한 미끄러짐 사고와 비교하거나 아니면 제어된 시험조건에서 사람이 느끼는 미끄러움과 비교하여 평가해 왔다. 그러나 기존 측정기의 문제점을 보완할 방안을 찾지 못하였다.

따라서 본 연구는 기존³⁾의 연구결과를 이용하여 3가지 휴대용 미끄럼 저항 측정기를 평가하고 이를 통해 F2508의 문제점과 개선방안을 제시하였다. 또한 측정결과를 분석하고 F2508과 비교하여 기존 장치의 개선방법을 찾고자 하였다.

2. 연구방법

2.1. 평가대상 측정기

Fig. 1은 본 실험에서 사용한 3가지 휴대용 미끄러짐 저항 측정기로 기존의 연구²⁾에서 사용한 장치와 동일한 것이다. 실험에 사용된 미끄러짐 저항 측정기는 BOT-3000(이하 BOT로 표기함), BPT(British Pendulum Tester) 및 English XL(이하 XL로 표기함)로 이들 측정기는 각각 끌기방식, 회전 진자형 및 인공관절형을 나타낸다.

2.2. 평가에 사용된 표준 바닥재

Fig. 2는 본 연구에서 사용한 F2508의 4종류 표준타일을 보여주는 사진이다. 이러한 표준타일을 이용하여 3가지 휴대용 미끄럼 측정 장치를 검증하였다. Table 1은 기존 연구결과에서 피시험자가 표준 타일이 물로 오염되었을 때 일어난 미끄럼 사고 횟수를 나타낸 것이다³⁾. 이 타일들은 미끄럼 위험성에 대해 일정한 순위를 가지며 통계적으로 유

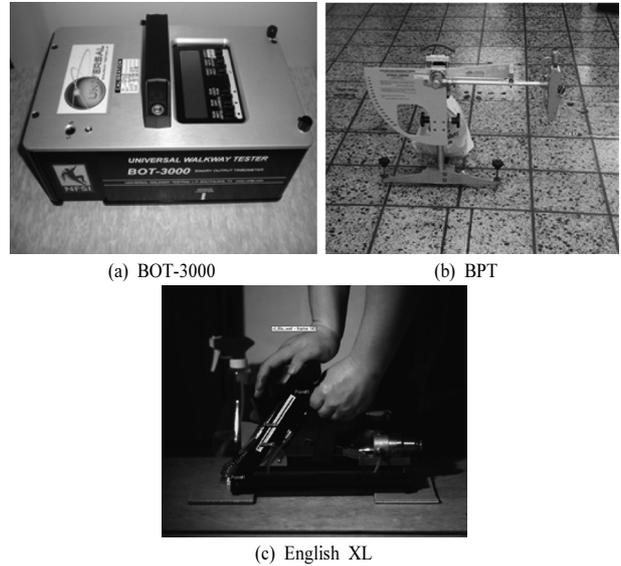


Fig. 1. Evaluated portable slipmeters.

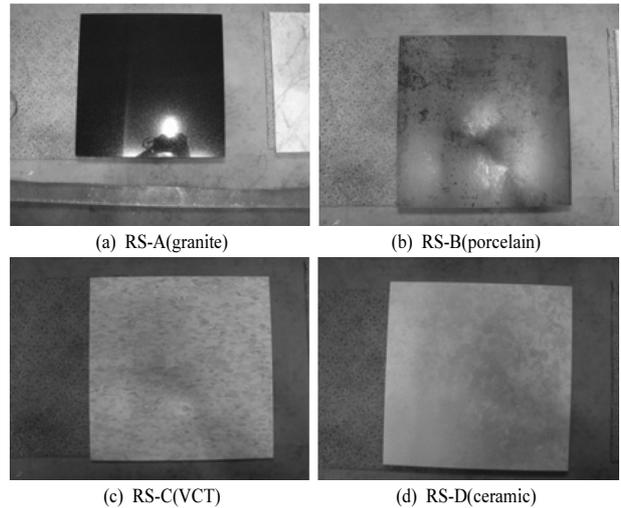


Fig. 2. Photos of standard tile(ASTM F2508-11).

Table 1. Slip accident results³⁾

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

의한 차이를 나타낸 것이다. 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 화강암 표면은 발수성의 특성을 나타내 분무된 물이 뭉쳐지기 때문에 증류수에 비이온성 계면활성제(Triton X-100)를 체적기준으로 0.04% 첨가하였다. 나머지 타일은 증류수를 사용하였다.

4종류 타일에 대한 미끄럼 저항값 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 총48번(동서남북 방향으로 측정) 측정하였다.

각 방향에서 측정된 값 중 최대값과 최소값을 제외한 나머지 값을 평균하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 표준 바닥재를 이용하는 방법의 문제점

Table 2는 3가지 휴대용 미끄럼 측정기를 사용하여 F2508에 따른 4종류의 표준타일에서 측정한 미끄럼 저항값 및 기준 적합여부를 나타낸 표이다. BOT 및 BPT는 F2508에서 정한 2가지 기준에 모두 적합하게 나타났고 XL의 경우 2가지 조건 중 한 가지도 충족하지 못하는 것으로 나타나고 있다.

Table 3은 BOT를 이용하여 측정한 표준 바닥재의 마찰계수사이에 통계적으로 유의한 차이가 있는지를 확인하기 위한 사후검정(t Test) 결과를 나타낸 표이다. 측정된 정지마찰계수와 동마찰계수는 서로 인접한 바닥재 사이에서 통계적으로 유의한 차이를 나타내고 있다(p<0.05). 따라서 Table 2와 함께 고려한다면 BOT는 F2508의 2가지 기준을 충족하고 있는 것으로 나타난다.

그러나 BOT로 측정한 RS-C 바닥재의 정지마찰계수는 0.8로 나타나 ANSI/NFSI B101.1에서 제시하는 판정기준인 0.6을 초과하였고, 동마찰계수는 0.63으로 ANSI/NFSI B101.3의 판정기준 중 평지에서 낮은 미끄럼 가능성인 0.42⁶⁾를 초과하였다. 따라서 BOT의 측정결과만으로 판단한다면 RS-C는 매우 안전 또는 안전한 바닥재로 평가될 수 있다.

그러나 기존의 연구결과³⁾를 검토하면, F2508의 2가지

기준을 모두 만족한 장치로 측정한 RS-C의 마찰계수는 모두 각 측정기의 판정기준(threshold) 보다 낮게 나타났다. 즉, F2508에 적합한 측정기는 RS-C를 미끄럼 위험성이 있는 바닥재로 판정하고 있다는 것이다. 또한 유사한 작동원리(수평끌기형)를 사용하는 측정기들은 오히려 모두 RS-C를 RS-D보다 높게 평가하였다. 따라서 서문에서도 언급하였지만 F2508의 미끄럼 측정기 유효성 판정기준으로만 평가하면 BOT는 적합한 장치로 분류될 수 있지만 각 측정기의 미끄럼 위험성 판정기준을 고려한다면 부적합한 장치로 판단될 수 있다.

또한 이러한 판단은 기존의 연구에서 나타난 BOT의 측정결과가 재현성이 떨어지고 미끄럼 위험성을 과소평가한다는 결과^{2,11)}와 일치하였다. 따라서 F2508의 유효성 판정기준은 지금의 2가지로만 불충분한 것으로 판단된다.

따라서 기존의 F2508의 유효성 판정기준에 “RS-C에서 측정된 마찰계수는 각 측정기의 위험성 판정기준 보다 작은 값을 가져야한다.”는 조건을 추가할 필요가 있다.

Table 4는 BPT를 이용하여 측정한 표준 바닥재의 마찰계수사이에 통계적으로 유의한 차이가 있는지를 확인하기 위한 사후검정 결과를 나타낸 표이다. 측정된 마찰계수는 서로 인접한 바닥재 사이에서 통계적으로 유의한 차이를 나타내고 있다(p<0.05). 따라서 Table 2와 함께 고려한다면 BPT는 F2508의 2가지 기준을 충족하고 있는 것으로 나타났다. 또한 BPT의 경우 기존의 연구결과³⁾에서 사용한 장치 중 동작원리가 동일한 장치인 Wessex와 비교하면 RS-D를 제외하고 동일하거나 거의 유사한 결과를 나타내었다.

그러나 RS-D의 경우 기존 연구결과에서 마찰계수가 0.49로 나타났지만 본 연구에서는 0.96으로 거의 2배정도 차이가 발생하였다. 이러한 원인을 조사하기 위해 추가로 다른 표준타일을 이용하여 반복 실험을 하였다. 그러나 RS-D에서 동일하게 높게 나타나 명확한 원인을 찾을 수 없었다. 또한 기존의 연구결과와 비교하고자 하였으나 이와 관련된 연구가 거의 없어 이에 대한 원인을 명확히 찾을 수 없었다. 다만 기존 연구에서 측정한 RS-D의 BOT 정지마찰계수는 0.94, 동마찰계수는 0.74, 및 XL의 slip index는 0.49로 나타나 Table 2와 비교하면 본 연구결과가 유의하게 높게 나타났음을 (p<0.05) 알 수 있다. 이러한 원인에 대해 다양하게 추론할 수 있지만, 몇몇 실험자들은 표준 타일들의 생산 로트(lot)에 따라 편차가 심하다고 보고하고 있어¹²⁾, 이에 따른 영향을 판단된다.

Table 5는 XL을 이용하여 측정한 표준 바닥재의 마찰계수사이에 통계적으로 유의한 차이가 있는지를 확인하기 위한 사후검정 결과를 나타낸 표이다.

XL을 이용하여 측정한 마찰계수는 Table 2에서 나타난

Table 2. SCOF measured on the reference floors(S,D.)

Floor	BOT-3000		BPT	English XL
	(Static)	(Dynamic)		
RS-A	0.43 (0.03)	0.20 (0.01)	0.08 (0.01)	0.11 (0.01)
RS-B	0.59 (0.02)	0.30 (0.02)	0.17 (0.01)	0.22 (0.03)
RS-C	0.80 (0.06)	0.63 (0.02)	0.24 (0.02)	0.21 (0.02)
RS-D	1.00 (0.00)	0.99 (0.07)	0.96 (0.04)	0.52 (0.02)
Criteria failed	-	-	-	1, 2

Criterion 1: correct floor ranking, Criterion 2: statistical differentiation between all surfaces

Table 3. Paired t-test results between adjacent tiles(BOT)

	t-value		two-tail	results
	SCOF	DCOF		
A-B	39.76	39.51	>2.023	pass
B-C	20.37	70.63	>2.023	pass
C-D	21.08	128.44	>2.023	pass

Table 4. Paired t-test results between adjacent tiles(BPT)

	t-value	two-tail	results
A-B	76.08	>2.023	pass
B-C	27.30	>2.023	pass
C-D	97.05	>2.023	pass

Table 5. Paired t-test results between adjacent tiles(XL)

	t-value	two-tail	results
A-B	22.77	>2.023	pass
B-C	1.846	>2.023	failed
C-D	63.95	>2.023	pass

것처럼 RS-B와 RS-C의 순서가 다른 측정기의 결과와 반대로 나타나고 Table 5에 나타난 것과 같이 서로 유의한 차이를 보이지 못하였다. 이러한 결과는 기존의 연구결과³⁾와 동일하게 나타난 것이다. 이는 장치의 구조상, 경사각으로 인하여 미끄럼판과 바닥이 초기에 거의 선접촉하여 미끄럼판이 바닥과 충돌한 후 수직접촉압력이 완전히 형성되기도 전에 바닥표면과 상대운동을 시작하기 때문으로 판단된다^{2,13)}. 즉, 완전한 수직압력 형성 전에 바닥면 위의 액체오염물질 위를 떠서 지나갈 가능성이 높다는 것이다. 이러한 상황은 마찰계수에 대한 바닥재의 영향을 감소시키는 결과를 발생시킨다. 이와 반대로 작동원리(인공관절형)가 유사하지만 미끄럼판의 초기 접촉이 면접촉인 Mark II 및 Mark III의 측정결과³⁾는 모두 F2508의 조건을 만족하였다. 그러므로 미끄럼판의 초기 접촉이 선접촉으로 나타나는 장치는 액체오염물질의 영향이 증가할 가능성이 있다. 따라서 이러한 영향을 감소시킬 수 있다면 XL의 결과는 달라질 수 있을 것이다.

3.2. 표준 바닥재의 활용방안

3.1절에서는 표준 바닥재를 이용한 평가방법의 문제점과 개선점에 대하여 설명하였다. 그러나 이러한 문제점에도 불구하고 이를 적절하게 사용할 수 있는 방법에 대하여 조사한 결과는 거의 없는 실정이다.

따라서 표준 바닥재를 적절하게 활용할 방안을 찾고자 F2508 기준에 부적합한 것으로 나타난 장치를 대상으로 가능한 개선방법을 찾고 이를 기존 장치와 비교하였다. 그러나 BOT의 측정값은 F2508의 2가지 기준을 충족하고 있으므로 판정기준만 조정한다면 활용에 문제가 없는 것으로 판단되어 XL에 대하여만 개선 및 개선에 따른 영향을 조사하였다.

Fig. 3은 XL의 기존(original) 및 수정된(modified) 미끄럼판을 나타낸 사진과 수정된 미끄럼판의 구체적인 치수를 보여주는 그림이다.

기존 미끄럼판을 Fig. 3과 같이 수정한 것은 기존 미끄럼판이 바닥과 접촉 초기에 선접촉을 하고 액체 오염물질 위를 떠서 움직이는 문제로 인하여 표준 바닥재에 대해 너무 낮은 마찰계수를 나타내었기 때문이다. 또한 XL의 구조상 초기 접촉을 선접촉에서 면접촉으로 개선할 수 없기 때문에 초기 접촉 후 움직이는 동안 가능하면 빠른 시간 내에 접촉면의 액체를 외부로 배출시켜 적절한 마찰계수를 측정할 수 있도록 개선¹⁴⁾할 필요가 있었다. 다양한 채널의 형상과 간격 등을 시행착오를 통하여 실험한 결과 가장 적합한 채널 형상과 간격을 Fig. 3과 같이 얻었다.

Table 6은 표준 바닥재에 대하여 XL의 기존 및 수정된

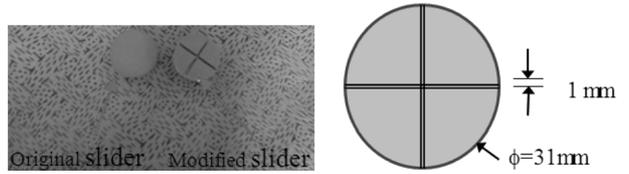


Fig. 3. Original and modified sensor slider for XL.

Table 6. Slip index measured with original and modified slider

Floor	RS-A	RS-B	RS-C	RS-D	Criteria failed
Original	0.11 (0.01)	0.22 (0.03)	0.21 (0.02)	0.52 (0.02)	1, 2
Modified	0.14 (0.01)	0.24 (0.02)	0.30 (0.01)	0.78 (0.01)	-

미끄럼판으로 측정된 마찰계수 및 F2508의 2가지 기준과 비교한 결과를 나타낸 표이다.

수정된 미끄럼판으로 측정된 마찰계수는 전체적으로 기존 미끄럼판에 비해 높게 나타나고 있다. 또한 표준 바닥재 RS-B와 RS-C에서 측정된 마찰계수는 표준과 동일한 순서로 나타나고 있다.

따라서 몇몇 미끄럼 측정기는 이러한 미끄럼판의 수정을 통해 F2508의 기준에 적합하게 개선할 수 있을 것으로 판단된다. 또한 Table 6에 나타난 것과 같이 수정된 미끄럼판으로 RS-C에서 측정된 마찰계수가 0.30으로 XL의 미끄럼 위험성 판정기준인 0.50 미만으로 나타나 3.1절에서 논의한 추가적인 판정조건도 만족하였다.

Table 7은 수정된 미끄럼판으로 측정된 마찰계수들 사이의 사후검정 결과를 나타낸 표이다. 수정된 미끄럼판으로 측정된 표준 바닥재 사이에서는 기존미끄럼판으로 측정된 결과와 달리 통계적으로 유의한 차이(p<0.05)를 나타내었다. 이는 수정된 미끄럼판과 표준 바닥재사이에 존재하는 오염물질이 빠른 시간 내에 배출되어 표준 바닥재의 표면 형태(거칠기 및 요철)가 미끄럼판과 바닥재사이의 마찰에 영향을 주기 때문으로 판단된다.

Fig. 4는 액체 오염물질의 배출이 마찰계수에 미치는 영향을 나타낸 그림이다.

일반적으로 두 표면사이에 존재하는 액체의 압축막 효

Table 7. Paired t-test results with modified slider(XL)

	t-value	two-tail	results
A-B	35.87	>2.023	pass
B-C	28.50	>2.023	pass
C-D	196.49	>2.023	pass

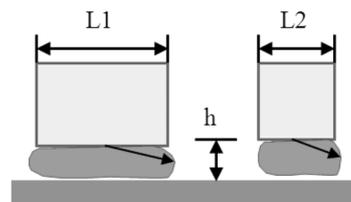


Fig. 4. The cause of COF variation with drainage.

과는 식 (1)과 같이 표현된다¹⁵⁾.

$$h^2 = \frac{K \cdot \mu \cdot A^2}{F_N \cdot t} \quad (1)$$

이 식에서 h는 Fig. 4와 같이 액막의 두께, K는 형상과 관련된 상수, μ 는 액체의 점성(dynamic viscosity), A는 접촉면적, F_N 은 수직하중, t는 두 표면이 접촉하는데 필요한 시간을 나타낸다.

Fig. 4에 나타난 것과 같이 액체로 분리된 두 표면이 수평 방향으로 상대운동을 할 경우, 마찰계수는 두 표면이 접촉하는데 필요한 시간에 반비례하여 감소하게 된다¹⁵⁾. 식(1)에 나타난 것처럼 동일한 수직하중이 가해지는 두 표면 사이에 동일한 점성의 액체가 있다면 접촉면적이 작을수록 접촉에 필요한 시간이 감소하게 된다.

만일 Fig. 4에 있는 상부 물체가 동일한 폭이라면 결국 한 변의 길이(L1, L2)에 비례하여 접촉에 필요한 시간이 증가할 것이다. 즉, L1이 L2보다 길기 때문에 접촉에 필요한 시간이 길어진다. 따라서 한 변의 길이가 L1인 표면의 마찰계수가 L2인 경우보다 낮아지게 된다. 이러한 원리로 수정된 미끄럼판이 기존 미끄럼판에 비해 마찰계수가 높게 나타나고 또한 표준 바닥재의 표면형태에 더욱 영향을 받게 되어 표면의 특성을 좀 더 우수하게 반영하게 된다고 판단된다.

Fig. 5는 기존 및 수정된 미끄럼판으로 측정한 마찰계수를 표준 바닥재별로 나타낸 그림이다.

Table 6에서 설명하였듯 전체적으로 수정된 미끄럼판이 높은 마찰계수를 나타내고 있다. Fig. 5에 나타나듯이 기존 미끄럼판은 RS-D를 명확하게 안전한 상태로 구분하지 못하고 있다. 그러나 수정된 미끄럼판은 RS-D를 명확하게 안전한 것으로 구분하고 있다. 그러므로 Table 6, Table 7 및 Fig. 5에 나타난 수정된 미끄럼판의 결과를 검토하면, F2508을 만족시키며 미끄럼 위험성 측정기로 충분히 사용할 수 있음을 알 수 있다.

4. 결론

본 연구는 F2508에 제시된 표준 바닥재를 이용하여 휴

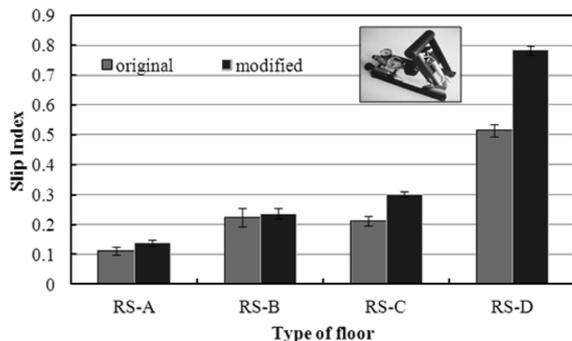


Fig. 5. The COF measured with original and modified sliders.

대용 미끄럼 측정기를 평가할 경우 발생할 수 있는 문제점 및 원인에 대하여 조사하였고 이를 해결하기 위해 한 가지 미끄럼 측정기의 미끄럼판을 개선하여 기존 및 수정된 미끄럼판 결과를 상호 비교 분석하였다.

이를 통해 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) F2508의 기준을 모두 만족시키더라도 BOT- 3000은 미끄럼 위험성을 과소평가할 가능성이 있는 것으로 나타났다. 따라서 현재 적용되고 있는 F2508의 2가지 기준에 추가하여 RS-C의 측정결과가 각 장비별 판정기준 미만으로 나타나야 한다는 판정조건을 추가할 필요가 있다.

2) 평가된 3가지 미끄럼 시험기 중 XL만이 F2508의 2가지 기준 전부 만족시키지 못하였지만, 미끄럼판의 형상을 수정함으로써 기존 F2508의 2가지 기준과 본 연구에서 주장하는 추가적인 기준을 만족시킬 수 있었다.

References

- 1) W. R. Chang, R. Gronqvist, S. Leclercq, R. J. Brungraber, U. Matthe, L. Strandberg, S. C. Thorpe, R. Myung, L. Makkonen and T. K. Courtney , “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.
- 2) J. S. Kim, “Evaluation of Dynamic Characteristics of Slipmeters with Force Platform”, Journal of the Korean Society of Safety, Vol. 27, No. 5, pp. 1~8, 2012.
- 3) C. M. Power, M. G. Blanchette, J. R. Brault, J. Flynn and G. P. Siegmund, “Validation of Walkway Tribometers: Establishing a Reference Standard”, Journal of Forensic Science, Vol. 55, No. 2, 2010.
- 4) ASTM C1028-07, Standard test method for determining the static coefficient of friction of ceramic tile and other like surfaces by the horizontal dynamometer pull-meter method, ASTM International, 2012.
- 5) BS 7976-1: 2002, Pendulum testers. Specification British Standards Institution, 2002.
- 6) ANSI/NFSI B101.3-2012, Test method for measuring wet DCOF of common hard-surface floors, American National Standards Institute, Inc, 2012.
- 7) ASTM F2508-11, Standard practice for validation and calibration of walkway tribometers using reference surfafaces, ASTM International, 2012.
- 8) R. Gronqvist, M. Hirvonen and A. Tohv, “Evaluation of Three Portable Floor Slipperiness Testers”, Int. J Industrial Ergonomics, Vol. 25, pp. 85~95, 1999.
- 9) 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.
- 10) 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.
- 11) J. S. Kim, “Evaluation of Slip Resistance Measuring Device using Human Perception”, *Asia Pacific Symposium of Safety 2011*, pp. 235~238, Jeju, Korea, 2011.
 - 12) <http://reganscientific.com/41843.html>. 201303.05.
 - 13) J. S. Kim, “Comparison of Three Different Slip Meters under Various Contaminated Conditions”, *Safety and Health at Work*, Vol. 3, pp. 22~30, 2012.
 - 14) H. Medoff, D. H. Fleisher and S. Di Pilla, “Comparison of Slip Resistance Measurements between Two Tribometers using Smooth and Grooved Neolite-test-liner Test Feet”, in M. I. Marpet and M. A. Sapienza(Eds) *Metrology of Pedestrian Locomotion and Slip Resistance*, ASTM STP 1424, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2002.
 - 15) W. R. Chang, R. Gronqvist, S. Leclercq, R. Myung, L. Makkonen, L. Strandberg, R. J. Brungraber, U. Mattke and S. C. Thorpe, “The Role of Friction in the Measurement of Slipperiness, Part 1: Friction Mechanisms and Definition of Test Conditions”, in W.R. Chang, T. K. Courtney, R. Gronqvist and M. Redfern(Eds) *Measuring Slipperiness*, Taylor & Francis, London and New York, 2002.