

# 인지적 평가기준을 이용한 Ramp Test의 특성평가

김 정 수

한국산업안전보건공단 산업안전보건연구원  
(2011. 11. 17. 접수 / 2012. 4. 23. 채택)

## Evaluation of Ramp Test Using Human Perception

Jung-Soo Kim

Occupational Safety and Health Research Institute, KOSHA  
(Received November 17, 2011 / Accepted April 23, 2012)

**Abstract :** The objectives of this study were to compare the results of HSL (Health and Safety Laboratory) ramp test with perceived sense of slip onto the several different floor surfaces under contaminated conditions. There are a variety of approaches from biomechanical measurements to psychophysical test and human perception. However, controversies over these approaches still remain. Some widely accepted methods need to be improved. AHP (Analytic Hierarchy Process) was used to evaluate the perception of slipperiness of seven different floor surfaces under the contaminated condition with glycerol solution. Twelve subjects worn same footwear and walked with self-selected step and cadence along the test floors. The angle of inclination obtained for water wet condition using 5 l/min with HSL ramp test was compared to perception of slipperiness. The surface roughness ( $R_z$ ) related very well both AHP ( $r=0.95$ ) and ramp test ( $r=0.92$ ). The high significant correlation ( $r=0.90$ ) was found between AHP and HSL ramp test. The HSL ramp test values (Coefficient of Friction, COF) according to subjective evaluation were divided into two categories. There were high correlations between test results (subjective evaluation, HSL ramp test) and surface roughness in  $R_z$ . Perception rating obtained with AHP showed a high correlation with COF obtained with HSL ramp test.

**Key Words :** AHP, subjective evaluation, HSL ramp test, roughness

### 1. 서론

넘어짐 사고는 산업재해의 가장 중요한 원인 중 하나이다. 넘어짐 사고는 사업장 내에서 발생하는 재해 중 2번째로 빈번하게 발생하고 있다. 2007년 기준으로 모든 산업재해 중 약 18%가 넘어짐 사고로 인한 재해였다. 이러한 넘어짐 사고를 유발시키는 원인 중 미끄러짐이 약 60%로 가장 크게 영향을 미치고 있다<sup>1)</sup>. 미끄러짐은 우리나라뿐만 아니라 많은 다른 나라에서도 넘어짐 사고의 주요원인으로 나타나고 있다<sup>2-6)</sup>. 넘어짐 사고의 추세는 1998년부터 2007년까지 10년간 한국<sup>1)</sup>과 미국<sup>7)</sup>에서도 동일하게 증가하고 있다. 이는 서비스업의 증가 추세와 무관하지 않다고 알려져 있다.

일반적으로 바닥의 미끄러운 정도는 마찰계수를 통하여 평가되어 왔으며 현재도 가장 많이 사용하고 있다. 그러나 어떠한 종류의 마찰계수(즉, 정지마찰

계수, 동마찰계수 및 천이마찰계수)가 정확히 미끄러움을 대변하는지 불분명하다. 그래서 많은 연구자들이 이러한 논란에 빠지지 않고 좀 더 정확한 판단을 위해 인간중심적 연구를 시도하고 있다.

미끄러움의 정도를 측정하는 장치는 약 70여 가지가 되고 관련된 표준도 다양하게 나타나고 있다. 또한 이러한 장치는 수시로 표준에 등재되고 폐기되기도 한다. 예를 들면 Mark II나 English XL과 같은 장치는 2007년도에 ASTM에서 폐기된 반면 BOT-3000과 같은 장치는 2009년도에 ANSI에 새롭게 등재되었다. 영국의 경우, SATRA STM603이나 진자형 시험기가 있음에도 불구하고 독일기준(DIN)에 있는 경사시험기(ramp test)를 도입하고 변형하여 새로운 시험법을 만들었으며 이에 관한 초안(prEN 15673-1)을 제안하고 있다. 이렇게 수정된 경사시험기는 HSL ramp test로 불리고 있으며 다양한 바닥재, 심지어는 그레이팅과 같은 바닥재조차 평가할 수 있는 이점이 있다. 그러나 경사로 위에서 짧은 보폭으로 걷는 것이 수평면 위에서 정상 보행으로 대체될 수 없

으며 경사로 시험을 수행하는 시험자의 특성이 결과에 영향을 미친다고 판단된다.

지금까지, 동일한 조건에서 측정된 미끄러움 값이 측정 장치나 측정방법에 따라 일정하지 않았기 때문에 표준 미끄러움 측정 시험법이 국제적으로 합의되지 못하고 있다. 그래서 다양한 측정 장치와 측정법을 재현성, 일관성, 유효성 및 반복성 관점에서 비교하고 평가하는 연구<sup>8,9)</sup>가 많이 수행되어 왔다. 지금까지 미끄러움 측정 장치와 측정법에 관한 유효성은 실제 발생한 미끄러짐 사고와 비교하거나 아니면 제어된 시험조건에서 사람이 느끼는 미끄러움과 비교하여 평가되어 왔다.

따라서 본 연구의 목적은 새롭게 제안되고 있는 HSL ramp test를 인간의 인지적 평가로 유효성이 있는지 확인하고 또한 기존의 바닥 미끄러움에 대한 위험성 평가 기준은 인지적 평가기준 및 기존 연구결과와 비교하여 적합한지를 조사하고자 한다.

## 2. 실험

### 2.1. 실험장치 및 통계적 방법

본 연구에는 7가지 상이한 바닥재(1개의 표준바닥재 및 6가지 타일)가 평가되었으며, 미끄러움에 대한 인지적 평가에 있어서 편향이 발생하지 않도록 하기 위해 바닥의 선택은 무작위적으로 하였다.

HSL ramp test (Fig. 1)는 영국의 prEN 15673-1 기준에 따라 물을 5 L/min의 유량으로 보행로 표면에 일정하게 적시도록 하였다. 이러한 표면을 피시험자가 안전대를 맨 상태에서 경사로의 경사값을 변화시키며 144 step/min의 속도로 경사로를 따라 위에서 아래로 걷고 다시 아래에서 위로 후진해서

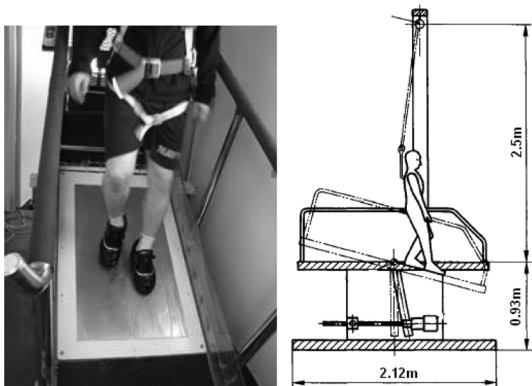


Fig. 1. Photo and schematic diagram of the ramp test, (Diagram adapted from DIN51130:2004).



Fig. 2. Walking trial and footwear used for test.

걷도록 하였다. 경사로에서 이러한 보행은 미끄러짐이 발생할 때까지 반복하도록 하였다.

이때 미끄러지기 시작하는 시점의 경사각을  $\tan \theta$ 값으로 환산하여 마찰계수로 사용하였다.

인지적 평가방법으로는 AHP(Analytic Hierarchy Process)가 사용되었다. 이 방법은 피시험자가 오염물질이 도포된 2가지 바닥재 위를 걷고 난 후 두 가지 바닥재에 대하여 인지된 미끄러움을 상호비교(pair-wise)하여 5단계로 평가함으로써 가중치를 정하는 방식이다(Fig. 2). 이 때 계산된 값의 절대치는 물리적인 의미를 갖기 보다는 미끄러움에 대한 상대적인 인지적 평가 값이다.

원래, AHP는 의사결정 방법에 사용되는 것으로 우선순위를 정하는 기법이다. 또한 AHP 기법은 설문 받는 대상이 그 분야의 전문가라는 가정이 포함되어 있다. 따라서 본 연구에 참여한 피시험자들은 미끄러움에 대한 평가에 있어서는 전문가들이라는 가정을 하고 있다. 이는 모든 사람이 미끄러움에 대해서는 모두 전문가라는 기존의 가정에 따른 것이다<sup>10)</sup>.

각 바닥재에 대한 인지적 평가, ramp test 및 표면 거칠기가 동일한지 아니면 다른지를 확인하기 위해 각 측정 결과들을 Excel로 독립표본 t검증을 수행하였다.

### 2.2. 실험용 바닥재

본 실험에 사용된 바닥재는 Fig. 3에 나타난 것과 같이 거칠기가 다양한 자기질, 석기질 타일 6종과 연마된 스테인레스 스틸판(표준바닥재)이다. 스테인레스 스틸판은 KS M ISO 13287:2008에서 정하는 거칠기 기준인  $Rz=1.6\sim 2.5 \mu m$ 을 충족하도록 60번 사포로 연마하여 사용하였다. 연마된 스틸판은 표면 거칠기 측정 장치(Surtronic Duo, Tylor Hobson)로 측정하여 상기조건이 만족됨을 확인하였다. 1명의 피시험자가 실험을 끝내면 스틸판은 다시 연마되고 표면 거칠기 측정 장치로 다시 확인하였다.

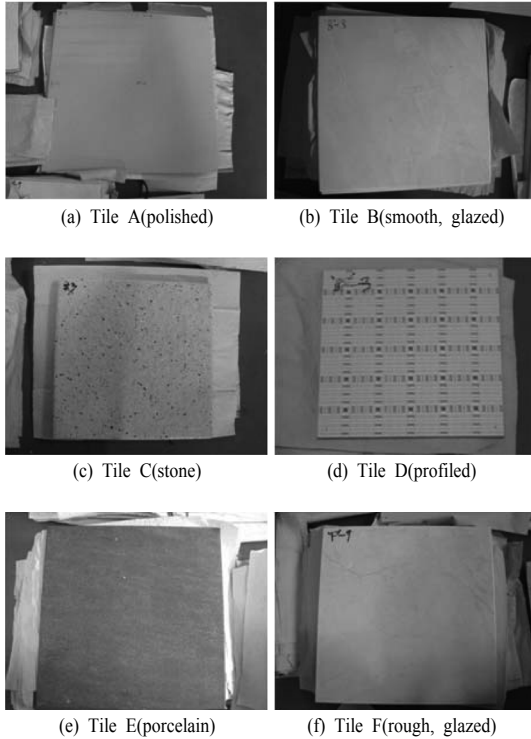


Fig. 3. Photo of tested tile floors.

Fig. 3에 나타난 polished 타일은 제작된 후 표면을 연마한 타일을 나타내고 glazed 타일은 표면에 유약을 구워 만든 타일을 나타낸다. 또한 profiled 타일은 표면에 일정 간격으로 요철이 형성된 타일을 나타낸다.

동일한 표면조건에 대해 다양한 거칠기 변수가 존재하지만 오랫동안 미끄러짐 위험성과 우수한 상관관계를 나타낸  $R_z$ 를 본 연구에서는 사용하였다<sup>11)</sup>.

실험에 사용된 세라믹 타일의 거칠기는  $R_z=1.7\sim 78.5 \mu\text{m}$ 의 범위로 나타나고 있다(Fig. 4). 이러한 6

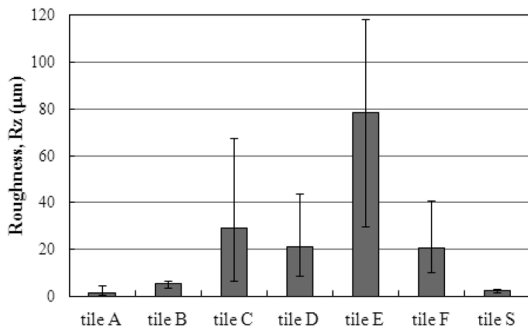


Fig. 4. The roughness of tested floors.

가지의 타일은 서비스 업종의 바닥에서 나타날 수 있는 거의 모든 거칠기를 대변한다고 가정할 수 있다<sup>12)</sup>.

Ramp test에는 물을 사용하지만 인지적 평가에는 오염물질로 글리세롤(점도 : 200 cP)을 사용하였다.

이는 ramp test에 사용된 오염물질이 비록 물이기는 하지만 고 유량(5 L/min)으로 인해 액막의 두께가 매우 두껍기 때문에 비교를 위해 인지적 평가에 글리세롤을 사용하였다. 글리세롤은 평가될 바닥 위에 일정하고 균일하게 도포되었다. 글리세롤은 수용성 기름으로 주위의 수분을 흡수하여 쉽게 묻어질 수 있기 때문에 수시로 닦아내고 재 도포하였다.

### 2.3. 피시험자

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.

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

### 2.4. 보행실험

보행실험을 크게 2가지로 형태로 나누어 수행하였다. 첫 번째는 HSL ramp test에서 수행한 보행실험으로 2명의 피시험자를 7가지의 바닥재에서 각 12회 보행실험을 수행하고 각 피시험자가 측정된 값 중 최소값과 최대값을 제외한 나머지 10회 값을 각각 평균하고 2명의 결과를 다시 평균하였다.

HSL ramp test에 참여한 피시험자는 실험에 익숙하고 숙련도가 있어야 함으로 본 연구에서는 2명의 숙련된 연구자가 참여하였다. 이들에 의해 측정된 평균 마찰계수의 차이가 0.02를 초과할 경우, 동일한 실험을 반복하여 차이가 0.02보다 작도록 하였다.

두 번째 보행실험은 바닥재를 실험실 바닥에 평면으로 설치하고 12명의 피시험자를 7가지 바닥재중 무작위로 2가지 선택하여 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(Fig. 2), 두

가지 바닥재를 보행한 후 설문을 실시하였고 신발과 바닥재는 다시 세척하였다.

본 보행실험에서는 실험공간과 바닥재의 배치로 인하여 피시험자가 안전대를 착용할 수 없으므로 최대한 안전하게 보행하도록 교육하였다.

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>13)</sup>에 의하여 수행된 방식과 동일하다.

### 3. 결과 및 고찰

Table 1은 7가지 바닥재에 대한 인지적 평가, HSL ramp test 결과 및 거칠기 측정 결과를 나타내는 표이다. 이 표에 나타난 평균값은 산술평균한 값을 나타낸다.

인지적 평가결과에 대한 T-test 결과는 Table 2에 나타난 것과 같이 타일 A와 타일 S, 타일 D와 타일 F 및 타일 D와 타일 S가 통계적으로 유의하지 않게 나타났다( $p>0.05$ ).

HSL ramp test결과에 대한 T-test 결과는 모두 통계적으로 유의한 것으로 나타났다( $p<0.05$ ).

표면 거칠기에 있어서는 타일 D와 타일 F만이 통계적으로 유의하지 않게 나타났다( $p>0.05$ ).

인지적 평가에서는 타일 E가 가장 안 미끄럽고(0.305) 타일 B가 가장 미끄러운 것(0.062)으로 나타나고 있다. HSL ramp test에서는 타일 E가 가장 안 미끄럽고(마찰계수=0.814) 타일 S가 가장 미끄러운 것(마찰계수=0.047)으로 나타나고 있다. 반면 거칠기에 있어서는 타일 E가 가장 거칠고 타일 A가 가장 매끈한 것으로 나타났다.

인지적 평가와 HSL ramp test 및 거칠기에 따른 평가에서 타일 E가 가장 안 미끄러운 것으로 평가되었다. 이는 인지적으로 미끄럽지 않다고 판단되는 바닥은 거칠기도 거칠고 마찰계수도 높다는 일반적인 판단과 일치하고 있다. 그러나 타일 E와 타일 C를 제외하고는 인지적 미끄러움, HSL ramp test로 측정된 마찰계수는 표면 거칠기의 순위와 각각 다른 결과를 나타내었다.

특히 타일 D와 타일 F의 거칠기는 유의한 차이가 없지만( $p>0.05$ ) ramp test로 측정된 마찰계수에서 타일 F가 높은 값을 나타내고 있다.

타일 D는 일반적인 평활한 타일이 아니라 요철

Table 1. Perception, COF and roughness obtained by each floor (S.D.) and the results rank pursuant to roughness

Floor name	AHP Perception	Ramp test COF	Roughness	
			value( $\mu\text{m}$ )	Rank
Tile E	0.305(0.013)	0.814(0.012)	78.5(16.17)	1
Tile C	0.208(0.023)	0.604(0.014)	28.9(12.89)	2
Tile D	0.114(0.034)	0.419(0.010)	21.3(9.23)*	3
Tile F	0.123(0.017)	0.446(0.006)	20.7(6.58)*	4
Tile B	0.062(0.011)	0.121(0.010)	5.30(0.74)	5
Tile S	0.098(0.036)	0.047(0.003)	2.42(0.35)	6
Tile A	0.091(0.023)	0.057(0.005)	1.70(1.06)	7

\* : there was not statistically significant between these two floors ( $p>0.05$ )

이 있는 프로파일타일이기 때문에 실제로 신발과 타일의 접촉 면적이 평활한 타일 F보다 작다. 그러므로 마찰계수는 접촉면적에 따라 증가하기 때문에 타일 F가 높은 인지적 평가와 마찰계수를 나타내는 것으로 판단된다.

인지적 평가에 있어서 타일 B가 가장 미끄러운 것으로 나타나고 있지만 거칠기나 HSL ramp test에서 측정된 마찰계수는 타일 S, A보나 덜 미끄러운 것으로 나타나고 있다. 이는 바닥이 미끄럽다는 사실을 피시험자가 미리 알고 있어 정상적인 보행보다 보폭을 줄여 종종 걸음으로 걷기 때문에 글리세롤이 신발과 바닥재 사이에 빠져나가는 시간이 충분하여 압축막효과(squeeze film effect)가 발생하기 때문으로 생각된다. 그러나 일반적으로 건조한 상태에서 단단한 물체와 탄성체 사이의 마찰에 있어서 거칠기는 실제 접촉면적에 영향을 주므로 거칠수록 마찰력이 떨어지지만<sup>14)</sup> 반면 액체의 오염 물질이 있는 상태에서 어느 정도의 거칠기는 오염 물질의 배출과 쟁기효과(plough effect)를 발생시켜 마찰력을 증가시킨다.

그러나 인지적 평가가 모든 마찰계수나 거칠기를 정확하게 평가하는지에 대해서는 불확실하기 때문에 Table 2와 같이 바닥재 사이에서 인지적 평가가

Table 2. T-test results between two floors which were compared with human perception (AHP)

	Tile B	Tile C	Tile D	Tile E	Tile F	Tile S
Tile A	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.535
Tile B	-	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Tile C		-	0.000	0.000	0.000	0.000
Tile D			-	0.000	0.397	0.204
Tile E				-	0.000	0.000
Tile F					-	0.000

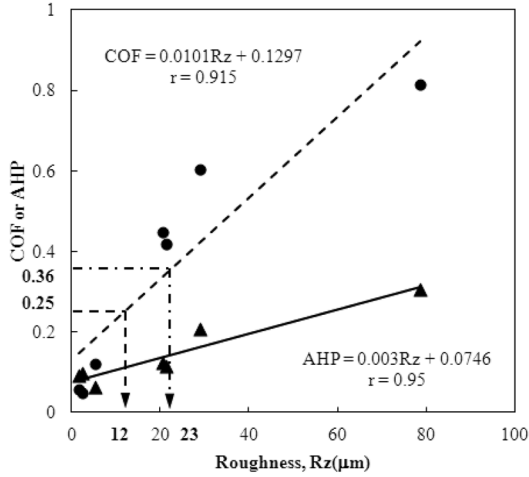


Fig. 5. The correlations between COF or AHP and roughness.

통계적으로 유의한지를 T-test로 평가하였다.

평가 결과 타일 A는 타일 S와 인지적으로 구분되지 못하는 것으로 나타났으며 타일 D는 타일 F 및 타일 S와 인지적으로 구분되지 못하는 것으로 나타났다.

Fig. 5는 타일의 거칠기와 마찰계수 또는 인지적 평가 사이의 상관관계를 나타낸 그림이다. 전체적으로 마찰계수와 인지적 평가는 표면 거칠기와 높은 상관관계를 나타내고 있다. 거칠기와 인지적 평가사이의 결정계수(r)는 0.95로 나타나고 있고, 거칠기와 마찰계수사이의 결정계수는 0.915로 나타났다.

결정계수가 거칠기와 인지적 평가 사이에서 더 높게 나타났지만 Table 1에 나타난 것과 같이 순위(rank)는 거칠기와 마찰계수 사이에서 더 잘 일치하는 것으로 나타나고 있다. 이는 인지적 평가 값이 마찰계수의 범위보다 매우 낮기 때문에 나타난 결과이지 인지적 평가가 측정된 마찰계수보다 더 우수한 미끄러짐 판단 기준임을 의미하는 것은 아니다.

기존의 연구결과<sup>11)</sup>에서는 거칠기가 20 μm 이상이면 미끄러질 위험성이 현저히 감소하는 것으로 나타났고, HSL ramp test에서는 마찰계수 값이 0.36이상이면 미끄러질 위험이 낮은 것으로 평가하고 있다. HSL ramp test의 미끄러질 위험이 낮은 기준인 0.36에 해당하는 거칠기를 Fig.5를 이용하여 구하면 23 μm로 나타나 이 두 가지의 결과가 거의 비슷함을 알 수 있다. 또한 HSL ramp test 판정기준으로  $COF < 0.25$ 가 미끄러질 위험이 큰 범위,  $0.25$

$≤ COF < 0.36$ 이 중간 위험범위,  $COF ≥ 0.36$ 이 낮은 범위로 나타나기 때문에 이를 거칠기로 나타내면 12 μm 이하를 미끄러질 위험이 큰 범위로, 13 μm에서 22 μm사이를 중간 위험 범위로, 23 μm 이상을 낮은 위험범위로 평가할 수 있다.

HSL ramp test 판정기준을 인지적 평가와 비교하면 타일 D와 F는 HSL ramp test에서는 미끄러질 위험성이 낮은 것으로 판정되지만 인지적 판정에서는 피시험자가 어느 정도 미끄럽게 느낀다고 나타났다. 따라서 HSL ramp test 판정기준은 인지적 평가보다 미끄러질 위험성을 다소 낮게 평가하고 있어 판정기준을 조금 높일 필요가 있다. 이를 위해 Burnfield<sup>15)</sup>의 연구결과를 이용하여 인구 1만명당 1명이 미끄러질 확률을 조사하였다(Fig. 6). 여기서 나타나는 요구 마찰계수는 인간이 미끄러지지 않고 안전하게 보행할 수 있는 최소요구 마찰계수를 나타내고 있다. 따라서 이러한 기준을 HSL ramp test에 적용하여 미끄러짐 위험성 판정 기준을 변경할 경우 Fig. 7과 같이 인지적 평가와 HSL ramp test의 판정결과가 어느 정도 정성적으로 일치하게 된다. 즉, 인지적 평가이든 마찰계수이든 타일D와 F는 둘 다 미끄러운 바닥재로 판정된다는 것이다. 물론 인지적 평가가 항상 옳을 수는 없지만 인지

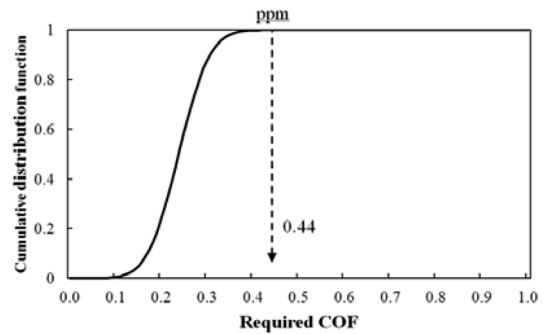


Fig. 6. Cumulative distribution function of required COF.

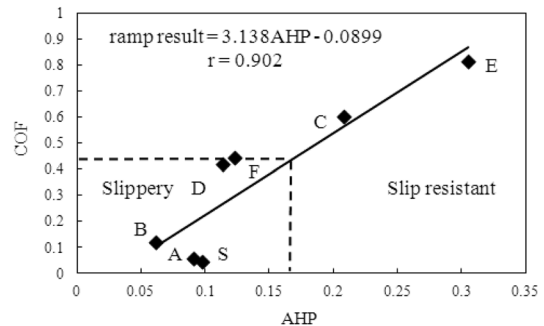


Fig. 7. Comparison between AHP and COF (HSL ramp test).

적 판정이 미끄러짐 위험성을 잘 대변한다는 기존의 연구결과를 기준으로 한다면 이러한 방식으로 미끄러짐 측정 장치를 평가할 수 있을 것으로 사료된다.

따라서 현재 HSL ramp test의 판정조건을 0.36에서 0.44로 변경하면 HSL ramp test 결과와 인지적 평가가 정성적 및 정량적으로 일치할 수 있다. 다만 인지적 평가 방법이 항상 옳다고는 할 수 없기 때문에 추가적인 연구가 필요하다.

#### 4. 결론

인지적 평가 방법인 AHP기법을 이용하여 HSL ramp test의 유효성을 평가하고 기존의 위험성 평가 기준이 인지적 평가기준 및 기존 연구결과와 비교하여 적합한지를 조사하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 표면 거칠기를 기준으로 HSL ramp test의 측정 결과를 평가할 경우 기존의 연구결과와 유사하게  $R_z=23 \mu\text{m}$  이상에서 미끄러짐 위험성이 낮은 것으로 나타났다.

2) 인지적 평가기준으로 HSL ramp test의 측정 결과를 평가할 경우, HSL ramp test가 미끄러짐 위험성을 낮게 평가하는 것으로 나타났다.

3) 기존의 연구결과를 이용하여 평가기준을 마찰계수 0.36에서 0.44로 변경할 경우, HSL ramp test의 결과는 인지적 판정기준과 정성적 및 정량적으로 잘 일치하였다.

4) HSL ramp test는 인지적 평가기준과 달리 실험된 모든 바닥재에 대하여 미끄러움의 차이를 명확하게 구분하였다.

5) HSL ramp test의 마찰계수와 표면 거칠기의 상관관계는 인지적 평가와 표면 거칠기 사이의 상관관계보다 낮지만 어느 정도 높은 상관관계를 나타내어 거칠기가 높을수록 마찰계수는 증가함을 보여주었다.

#### 참고문헌

- 1) J.S. Kim, et. al., "The Study for Slip and Trip Assessment Tool Development", OSHRI report 2007-119-1048, KOSHA, 2007.
- 2) D.P. Manning, "Deaths and Injuries Caused by Slipping, Tripping and Falling", Ergonomics, Vol. 26, pp. 3~9, 1983.
- 3) D.P. Manning, I. Ayers, C. Jones, M. Bruce and K. Cohen, "The Incidence of Underfoot Accidents During 1985 in a Working Population of 10,000 Merseyside

- People", J. Occup. Accident, Vol. 10, pp. 121~130, 1988.
- 4) R. Gronqvist and J. Roine, "Serious Occupational Accidents Caused by Slipping", In: R. Nielsen, R. Jorgensen(Eds), Advances in Industrial Ergonomics and Safety, Taylor & Francis, pp. 515~519, 1993.
- 5) T.B. Leamon and P.L. Murphy, "Occupational Slips and Falls: more than a Trivial Problem", Ergonomics, Vol. 38, pp.487~498, 1995.
- 6) K. Kemmlert and L. Lundholm, "Slip, Trip and Falls in Different Work Groups with Reference to Age", Safety Science, Vol. 28, pp. 59~75, 1998.
- 7) Liberty Mutual, "2009 Annual Report of Scientific Activity", 2009.
- 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 and J.S. Park, "Experimental Study on Slip Characteristics of Floor Surface Roughness and Slider Materials", Journal of the KOSOS, Vol. 25, No. 6, pp. 65~69, 2010.
- 12) HSE, "Assessing the Slip Resistance of Flooring", <http://www.hse.gov.uk/pubns/web/slips01.pdf>.
- 13) 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.
- 14) R. Elleuch, K. Elleuch, H.B. Abdelounis and H. Zahouani, "Surface Roughness Effect on Friction Behaviour of Elastomeric Material", Material Science and Engineering A, Vol. 465, pp. 8~12, 2007.
- 15) J.M. Burnfield and C.M. Power, "Influence of Age and Gender on Utilized Coefficient of Friction During Walking at Different Speeds". In M. I. Marpet and M. A. Sapienza (Eds), Metrology of Pedestrian Locomotion and Slip Resistance(ASM Stock Number: STP1424), ASTM International, West Conshohocken, pp. 3~16, 2002.