

# 활주로 포장 유형에 따른 마찰특성 연구

## A Study on Friction Characteristics of Different Types of Runway Pavements

천성한\* · 정진훈\*\* · 임진선\*\*\* · 권수안\*\*\*\* · 유주호\*\*\*\*\*

Cheon, Sung Han · Jeong, Jin Hun · Lim, Jin Sun · Kwon, Soo-Ahn · Yu, Joo-ho

### 1. 서 론

항공기 착륙 시 활주로 포장 표면과 항공기 타이어간 마찰로 인하여 활주로 포장 표면에는 항공기 타이어 고무퇴적물이 쌓이게 되는데, 이러한 퇴적물은 활주로 포장의 마찰력을 감소시키고, 미끄럼을 유발하여 결국은 항공기 안전운항을 방해하는 요인이 된다. 또한, 우천 시와 같은 특수한 상황에서는 수막현상으로 인하여 활주로 포장 표면의 마찰력이 저하되어 항공기의 제동력이 현저하게 줄어든다. 이러한 이유로 많은 공항에서는 적정 마찰력을 확보하고 우천 시 수막현상을 억제하기 위해 그루빙과 같은 표면처리 공법을 도입하였고, 지속적인 유지관리를 하는 실정이다.

아스팔트 포장과 콘크리트 포장의 마찰특성은 포장표층의 재료적 성질과 포장표면의 골재노출정도에 따라 다르며, 포장 형식에 따라 간격 및 깊이 등의 그루빙에 관한 시공 기준이 동일하지 않아 마찰특성이 달라질 수 있다. 또한, 고무퇴적물의 누적 및 제거되는 정도도 포장형식에 따라 그 특성이 다르다. 하지만 현재 마찰계수 관리 기준 및 고무퇴적물 제거 기준은 포장형식을 고려하지 않고 해외사례를 그대로 적용하여 일률적으로 적용하고 있다.

따라서 본 논문에서는 국내 공항 활주로의 포장종류에 따른 마찰계수 측정 및 고무퇴적물 제거에 대한 적절한 기준 개발을 위해, 인천국제공항의 착륙 전용 활주로를 대상으로 콘크리트 포장과 아스팔트 포장의 마찰계수를 측정하였으며, 고무퇴적물 누적에 따른 마찰계수의 변화를 관찰하였고, 고무퇴적물 제거 후의 마찰계수의 변화를 관찰하였다.

### 2. 인천국제공항 현황

인천국제공항 제 1단계 지역의 활주로, 유도로 및 계류장 지역 포장설계는 항공기의 최대 이륙중량 491.5ton, 단 차륜 중량은 29.2ton으로 하여 A380과 같은 장래 취항 초대형 항공기에 대비하였으며, 연평균 항공기 운항횟수를 154,000회로 1일 평균 운항은 1,500회를 기준으로 포장설계가 되었다. 2001년 3월에 제 1단계 공항시설이 활주로 2본과 평행유도로 4본등의 규모로 개항되었고, 2008년 6월에는 2단계 공항시설인 제 3활주로를 확장하여 운영하고 있다. 인천국제공항 활주로의 미끄럼저항 연구에 앞서 포장현황, 마찰측정 현황 및 고무퇴적물 제거 현황을 조사하였다.

#### 2.1 활주로 포장현황

---

\* 정회원 · 인천국제공항공사 차장 · 공학박사 · 032-741-5396 (E-mail : wackoi@naver.com)  
\*\* 정회원 · 인하대학교 토목공학과 조교수 · 공학박사 · 032-860-7574 (E-mail : jhj@inha.ac.kr)  
\*\*\* 정회원 · 인하대학교 토목공학과 박사과정 · 032-873-5332 (E-mail : coreplay@hanmail.net)  
\*\*\*\* 정회원 · 한국건설기술연구원 책임연구원 · 공학박사 · 031-910-0714 (E-mail : sakwon@kict.re.kr)  
\*\*\*\*\* 정회원 · 유퍼스텍 대표이사 · 02-801-8900 (E-mail : juminkok@empal.com)



인천국제공항 활주로의 포장은 그림 2와 같은 단면을 가지는 아스팔트 포장과 콘크리트 포장 2가지 유형으로 이루어져 있으며, 두 포장 유형 모두 마찰력 향상 및 우천 시 신속한 배수를 위해 그루빙되어 있다. 제 1활주로(33L-15R)와 제 2활주로(33R-15L)은 총 길이가 3750m 이며, 양 단부에서 300m구간이 콘크리트 포장으로 시공되어 있으며, 제 3활주로(34-16)는 총 길이가 4000m이며 양 단부에서 700m구간이 콘크리트 포장으로 시공되어 있다.

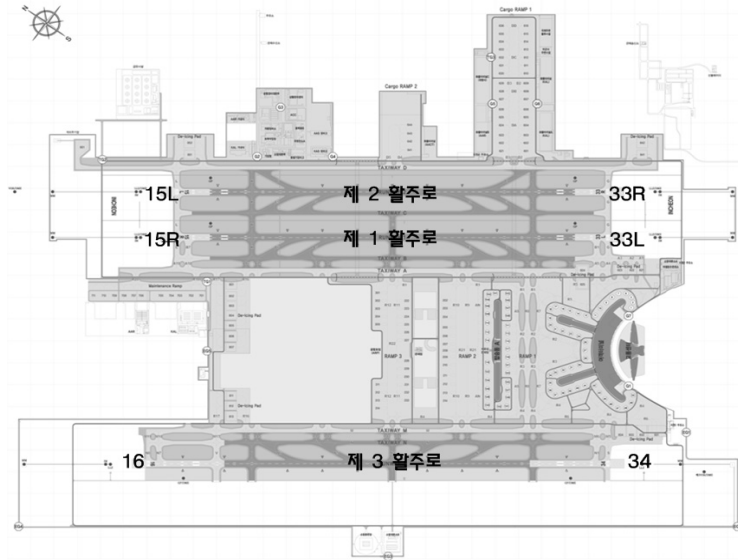
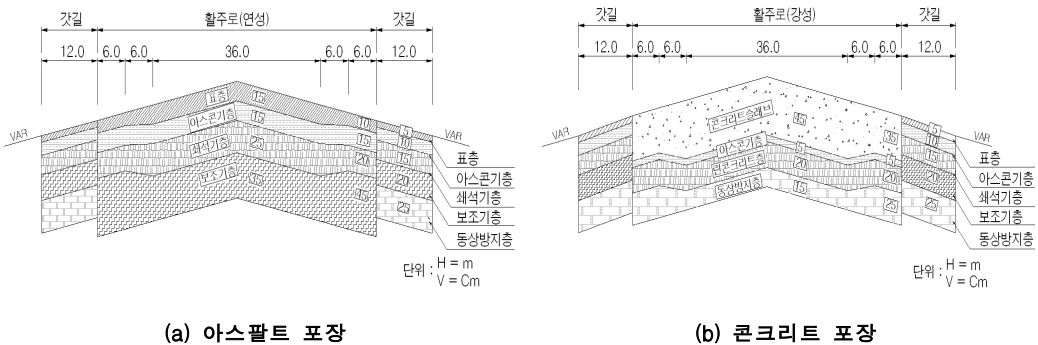


그림 1. 인천국제공항 평면도



(a) 아스팔트 포장

(b) 콘크리트 포장

그림 2. 인천국제공항 활주로 포장 단면도

## 2.2 마찰측정 및 고무퇴적물 제거 현황

인천국제공항 활주로의 마찰측정 및 고무퇴적물 제거 작업은 FAA 및 ICAO의 기준을 따라서 각 활주로의 착륙빈도를 파악한 후, 그 기준에 따라 마찰계수를 측정 및 고무퇴적물 제거 작업을 하고 있다. 다음 표 1은 마찰계수 최소 측정 빈도 이고 표 2는 고무퇴적물 제거 빈도 기준을 나타낸 것이다.



마찰측정은 맑은 날 포장표면에 이물질이 완전히 제거된 상태에서 ASFT(Airport Surface Friction Tester)장비로 수막두께 1mm가 유지되게 습윤상태를 만들어 64km/h 혹은 96km/h의 측정속도로 10m 간격마다 마찰계수를 측정하고 있으며, 활주로를 세구간 즉 A, B, 그리고 C구간으로 나누어 각 구간의 평균값을 제시하고 있다. 표 3은 마찰측정 장비의 기준을 나타낸 것이다.

고무퇴적물 제거 작업은 작업 폭 2m, 작업속도 300m/hr로 그루빙 흡에 누적된 고무퇴적물을 제거하며, 각 활주로 단부로부터 약 36m 떨어진 지점부터 총 면적 21600m<sup>2</sup>(=9000m×24m)을 약 3주에 걸쳐 제거한다.

**표 1. 마찰력 조사주기(FAA AC 150/5320-12C)**

활주로단에 터보제트 항공기가 착륙하는 횟수(회/일)	최소 마찰력 조사주기
15 이하	1년
16 ~ 30	6개월
31 ~ 90	3개월
91 ~ 150	1개월
151 ~ 210	2주
210 이상	1주

**표 2. 고무퇴적물 빈도 기준(FAA AC 150/5320-12C)**

활주로 단부 터보제트 항공기가 착륙하는 횟수(회/일)	고무퇴적물 제거빈도
15 이하	2년
16 ~ 30	1년
31 ~ 90	6개월
91 ~ 150	4개월
151 ~ 210	3개월
210 이상	2개월

**표 3. 측정장비 별 마찰계수 관리 기준(FAA AC 150/5320-12C)**

구 분	64km/h			95km/h		
	최소	유지 관리	신설	최소	유지 관리	신설
Mu Meter	0.42	0.52	0.72	0.26	0.38	0.66
K.J Law Runway Friction Tester	0.50	0.60	0.82	0.41	0.54	0.72
Airport Equipment Co. Skiddometer	0.50	0.60	0.82	0.34	0.47	0.74
Airport Surface Friction Tester	0.50	0.60	0.82	0.34	0.47	0.74
Airport Technology USA Safegate Friction Tester	0.50	0.60	0.82	0.34	0.47	0.74
Findlay, Irvine. Ltd Griptester Friction Meter	0.43	0.53	0.74	0.24	0.36	0.64
Tatra Friction Meter	0.48	0.57	0.76	0.42	0.52	0.67
Norsemeter RUNAR (Operated at fixed 16% Slip)	0.45	0.52	0.69	0.32	0.42	0.63

#### 4. 현장실험 및 결과

콘크리트 포장 활주로의 초기 마찰계수는 시공된 후 포장 표면에 존재하는 시멘트 먼지로 인하여 아스팔트 포장의 초기 마찰계수보다 상대적으로 낮은 수준에서 형성되고, 항공기 운항으로 인해 이것이 제거되고 표면의 골재가 드러나면서 점차 더 좋은 마찰계수를 지니게 되며, 콘크리트 포장의 마찰계수 감소율은 아스팔트보다 상대적으로 낮아 장기적인 측면에서 유리할 수 있다(Toan, 2004).

이러한 포장 유형에 따른 마찰계수 특성을 살펴보고, 국내 실정에 합리적인 마찰계수 측정 빈도 및 고무 퇴적물 제거 빈도에 대한 적절한 기준 개발을 위해 2008년 6월부터 2009년 7월까지 콘크리트 포장으로 착륙 지점이 시공된 제 3활주로 34지역과 아스팔트 포장으로 착륙지역이 시공된 제 2 활주로 15R지역과 비교하였다. 그림 3과 같이 제 3활주로 34지역과 제 2 활주로 15R지역의 일평균 항공기 착륙횟수가 가장 비슷한 조건이었다. 또한 FAA 및 ICAO 기준을 따라서 두 활주로 모두 마찰계수 측정 빈도는 3-6개월이었고, 고무퇴적물 제거는 6개월 간격으로 이루어지고 있었다.

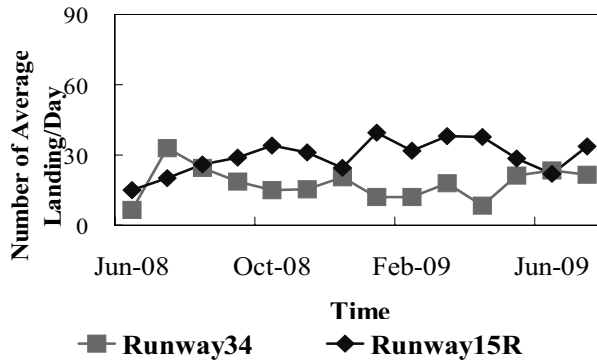
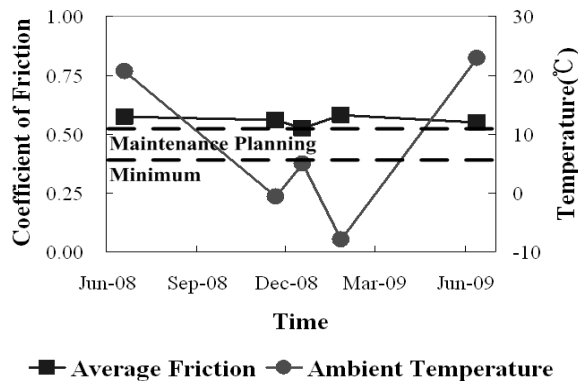


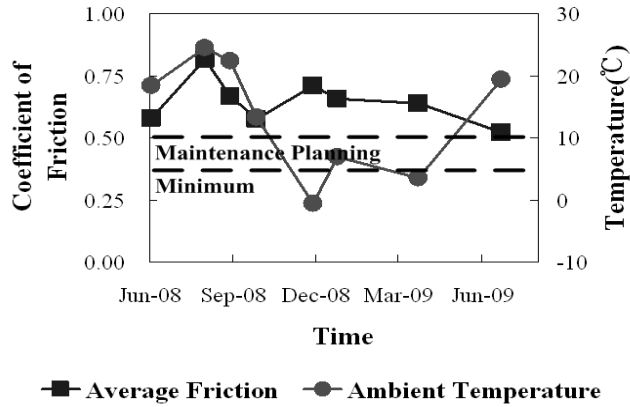
그림 3. 일 평균 항공기 착륙 횟수

#### 4.1 마찰계수 측정 결과

인천국제공항 제 3활주로 34 지역과 제 2활주로 15R 지역의 마찰계수는 ASFT(Airport Surface Friction Teste)를 사용하여 98km/h로 측정된 데이터에 대하여 분석을 실시하였고, 항공기가 집중적으로 착륙하는 접 지구역의 착륙분포를 고려하여 단부로부터 300m~700m 사이의 포장구간 데이터의 평균값으로 분석하였는데, 제 3활주로 34지역의 마찰측정 데이터는 콘크리트 포장의 마찰측정 결과이고, 2활주로 15R지역의 마찰측정 데이터는 아스팔트 포장의 마찰측정 결과이다.



(a) 활주로 134(콘크리트 포장)



(b) 활주로 15R(아스팔트 포장)

그림 4. 활주로 착륙지점의 평균 마찰계수 및 대기온도

그림 4 (a)와 (b)는 제 3활주로 34지역 및 제 2 활주로 15R지역의 항공기 착륙지역의 평균 마찰계수와 대기온도를 나타낸 것이다. 콘크리트포장의 경우 초기 마찰계수가 Toan연구에와 같이 아스팔트에 비하여 상대적으로 낮은 수준으로 측정되었다. 조사기간 동안 마찰계수는 고무퇴적물 제거 작업 후 아스팔트 포장은 어느 정도 상승하였지만 콘크리트 포장구간은 그 차이가 매우 미미하였고, 아스팔트 포장의 전체적인 경향은 점차적으로 감소하는 경향을 나타내었지만, 콘크리트 포장의 경우 그 변화율이 거의 없었다. 아스팔트 포장은 여름철에 마찰계수 변화가 비교적 뚜렷하고 겨울철에는 그 변화가 미비하였으며, 콘크리트 포장의 경우 아스팔트에 비하여 온도변화에 따른 마찰력 변화의 민감도가 상대적으로 낮았다.

아스팔트 포장의 경우 고무퇴적물 제거 시 제거시점을 기준으로 약 34% 마찰계수 증가효과를 나타내었지만, 콘크리트포장의 경우 10%정도 향상되었다. 그리고 고무퇴적물 제거 후 6개월 동안 아스팔트 포장은 약 37%의 마찰계수가 감소했지만, 콘크리트 포장은 약 3% 감소하였다. 공용된 기간이 약 7년 정도 되는 제 2활주로 15R지역의 아스팔트 활주로 포장과 달리, 제 3 활주로 34지역 콘크리트 활주로 포장 착륙지역은 초기 마찰계수 상태를 지나 충분한 마찰계수를 지니는 상태에 아직 도달하지 못한 것으로 사료되며 향후 지속적인 측정을 수행하여 그 변화를 분석할 예정이다.

## 5. 결론 및 향후연구

본 연구에서는 공항포장의 포장형식 별 마찰기준을 살펴보기 위해, 인천국제공항의 제 3 활주로 34 및 제 2활주로 15R의 항공기 착륙지점의 마찰계수 측정결과로부터 다음과 같은 결론을 도출하였다.

- (1) 인천국제공항의 포장형식 별 마찰특성을 항공기 착륙 빈도 분포를 파악하여 포장형식은 다르지만 비슷한 착륙빈도를 가지는 활주로는 분석대상으로 정했다.
- (2) 조사기간 동안 마찰계수는 고무퇴적물 제거 작업 후에 아스팔트 포장은 어느 정도 상승하였지만 콘크리트 포장구간은 그 차이가 매우 미미하였다.
- (3) 2가지 포장형식 모두 전체적인 경향은 점차적으로 감소하는 경향을 나타내었지만 콘크리트 포장의 경우 그 변화율이 매우 적었다.
- (4) 아스팔트 포장의 경우 고무퇴적물 제거 시 제거시점을 기준으로 약 34% 마찰계수 증가효과를 나타내었지만, 콘크리트포장의 경우 10%정도 향상되었다. 그리고 고무퇴적물 제거 후 6개월 동안 아스팔트 포장은 약 37%의 마찰계수가 감소했지만, 콘크리트 포장은 약 3% 감소하였다. 아스팔트 포장의 경우 높은 온도에서 고무퇴적물 누적 및 제거 효과가 뚜렷하였고 낮은 온도에서는 그 효과가 미비하였으며, 콘크리트



포장의 경우 분석결과를 통해 상대적으로 온도에 대한 민감도가 떨어짐을 확인했다.

현재, FAA 및 ICAO 마찰 측정 및 고무퇴적물 제거 기준은 포장의 형식 및 계절적인 영향과는 상관없이 일관적으로 적용되고 있는데, 향후 2가지 포장형식에 대하여 지속적인 측정 및 분석을 통해 다각적으로 합리적 수준의 관리 기준을 모색하여야 할 것이다.

#### 참고 문헌

- 박태순 (2001), “건식그루빙을 사용한 공항 활주로의 마찰 및 수막현상 특성평가”, 한국도로포장학회지, 제 3권 3호, pp.111~118
- 이선구 (2002), 활주로 포장상태에 따른 마찰력 변화에 관한 연구, 석사학위논문, 한양대학교
- 유승권 (2003), “공항 포장의 그루빙 설치기준”, 도로 포장공학회지 제5권 제2호, pp. 33~43
- 한국공항공단(2000), 활주로 그루빙설치 타당성 종합보고서
- Federal Aviation Administration (1997), AC 150/5320-12C.
- ICAO (1999), ANNEX 14 VOLUME 1 AERODEOME DESIGN AND OPERATIONS, 3rd.
- Speidel, D. J. (2002), “Airfield Rubber Removal”, Federal Aviation Administration Technology Transfer Conference
- Hall, J. W. et al. (2006) *Guide for Pavement Friction*, Final Guide, National Cooperative Highway Research Program, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C.
- Henry, J.J. (2000) “Evaluation of Pavement Friction Characteristics,” *NCHRP Synthesis 291*, National Cooperative Highway Research Program (NCHRP), Washington, D.C.
- Meyer, W.E. (1982) *Synthesis of Frictional Requirements Research*, Report No. FHWA/RD-81/159, Federal Highway Administration (FHWA), Washington, D.C.
- Toan, D. V. (2004), “Runway Friction Performance in NZ”, Beca Infrastructure Ltd, Auckland, New Zealand.