

# 공항포장의 그루빙 설치기준

유 승 권\*

## 1. 개요

항공기의 총 중량이 지속적으로 증가하고 이착륙 때의 항공기의 속도가 현저히 증가함에 따라 관계적으로 시공하던 활주로의 표면상태가 항공기 운항에서 하나의 문제로 대두되었다. 이로 인한 가장 심각하고 잠재적인 위험은 항공기의 사고를 유발하는 활주로 포장의 수막현상이다. 본고에서는 활주로에서 항공기의 미끄럼 저항과 관련하여 활주로 포장의 표면상태의 문제점과 국내 공항의 현황을 살펴보고, 활주로 포장의 마찰저항을 높이고 수막현상을 방지할 수 있는 그루빙 공법에 대한 효과와 설계 및 관리기준을 제시하였다.

## 2. 활주로의 표면 거칠기

### 2.1 활주로 포장의 조건과 미끄럼 저항

활주로는 공항에서 항공기가 이착륙하는 공간으로서 특히 항공기가 착륙할 때 포장표면의 상태는 여객 및 화물의 안전에 지대한 영향을 미친다.

활주로 포장에서 고려되어야 하는 문제는 다음의 세 가지 사항이다.

- 적당한 지지력의 제공
- 양호한 승차감의 제공

- 양호한 마찰력 특성의 제공

첫 번째 기준은 포장의 구조적인 문제이며, 두 번째 사항은 포장 표면의 기하학적인 사항이고, 세 번째는 실제 표면의 거칠기에 관한 사항이다.

포장상태가 건조하고 깨끗할 경우에는 개개의 활주로는 포장의 종류(아스팔트나 콘크리트)와 표면의 구분에 관계없이 마찰특성에서 심각한 차이를 보이지 않는다. 나아가 마찰 등급은 상대적으로 항공기의 속도에 크게 영향을 받지 않는다. 달리 말하면 건조한 활주로에서는 표면 마찰에 대한 특정한 기술적 고려가 필요치 않다.

활주로 표면이 수분과 습기에 영향을 받을 때는 상황이 전체적으로 변화한다. 이런 경우에는 마찰 등급은 개개 활주로의 습윤 상태에 따라 달라지며, 표면 상태에 의해 마찰등급이 달라지게 된다. 이는 포장의 종류, 표면 마감의 종류(거칠기), 배수특성(기하구조)에 따라 다양하게 영향을 받는다.

표면이 젖었을 때의 마찰 감소와 항공기 속도가 증가했을 때 마찰의 감소는 바퀴와 표면간의 수압의 역학적인 문제이다.

수막현상은 항공기의 속도가 증가하는 경우에 바퀴와 포장표면의 접촉부분에서 수압의 증가로 바퀴가 포장표면과의 접촉을 상실할 때 발생하는 현상이다. 과거의 연구 결과 수막현상에 영향을 주는 많은 요소들이 아직 완전하게 해석된 것은 아니지만 몇 가지 요소들에 대해서는 명확하게 규명되고 있다. 수막

\* 정회원 · (주)유신코퍼레이션 전무

현상의 잠재성은 항공기의 속도, 표면수의 두께, 포장표면의 거칠기, 바퀴의 팽창 압력, 타이어 접지면 설계의 함수로 알려져 있다.

습윤상태에 있어 활주로의 미끄럼 마찰저항은 항공기 주행속도의 증가에 반비례하여 크게 저하되며 이것은 주행속도가 크게 되면 바퀴와 포장표면과의 사이에 수막이 형성되는데 따른 하이드로-플레닝 현상(Hydroplaning Phenomenon)에 기인되는 것이다. 이 포장표면의 미끄럼저항(Skid Resistance)의 개선책의 하나로서, 그루빙 공법이 채택되어, 활주로의 일부 또는 전부에 사용된다.

미끄럼 저항이란 포장표면에서 항공기의 바퀴가 미끄러지는 것을 막아주는 저항이다. 미끄럼에 대한 저항은 포장표면의 마찰저항과 관련이 있으며, 마찰저항이 크면 미끄럼 저항 또한 크다. 마찰저항이 작은 것은 다음과 같은 경우에서 발생할 수 있다.

- 1) 포장표면 골재의 마모
- 2) 바퀴 고무자국의 누적
- 3) 적절치 못한 포장표면의 실코팅(seal coating)
- 4) 활주로의 불량한 배수 상태

적당한 골재의 선정과 활주로 배수의 설계는 활주로 포장설계의 단계이며, 고무자국을 제거하거나 실코트 공법을 적용하는 것은 포장을 유지관리하는 운영당국의 역할이다.

## 2.2 활주로 마찰특성의 개선

활주로 포장은 포장수명 동안에 항상 모든 적절한 요구성능을 활주로 표면이 만족할 수 있도록 설계하고 유지관리하여야 하며 특히 다음 요소를 달성하여야 한다.

- 1) 모든 젖은 상태에서 높은 마찰 수준과 균일한 마찰 특성의 제공
  - 2) 모든 형태의 수막현상에 의한 잠재위험의 최소화
- 활주로 포장표면 상태의 평가에는 평탄성, 바퀴자국 패임, 균열 등의 요소가 있으나, 이들은 항공기의 안전주행을 확보하기 위한 판단의 요소이다. 활주로

표면의 마찰저항계수도 중요한 사항중의 하나로, 착륙시의 바퀴와 표면의 마찰열에 의한 바퀴 고무의 부착이나 습윤, 적설, 결빙에 의한 표면의 마찰계수 저감은 항공기 운항에 큰 영향을 주고, 경우에 따라서는 운항의 중지가 필요하게 된다. 바퀴 고무 부착에 대해서는 정기적으로 통상 고압수의 분사에 의한 제거가 행해지고 있다. 한편 습윤시의 수막현상을 방지하고, 고속주행의 안전을 확보하기 위해 표면배수의 속도를 신속하게 하는 효과가 있는 그루빙이나 마찰층이라 불리는 투수성 포장이 적용되는 경우가 많다. 우리나라와 같이 강우량이 많은 곳에서는 마찰층보다도 오히려 그루빙 방법이 배수효과와 수막현상 방지효과가 크다.

국제민간항공기구(ICAO)에서는 활주로의 젖었을 때의 마찰특성을 확인하기 위하여 주기적으로 활주로 표면을 측정하도록 하고 있다. 이러한 마찰특성은 신설 및 유지관리를 위해 규정된 수준 이하로 낮아지지 않아야 한다. 신설 및 유지시의 최소 허용한계를 반영한 습윤 마찰 등급은 3.3항에 나와 있다.

미끄럼 저항을 향상시키거나 수막현상을 방지할 수 있는 방법은 적절한 배수와 적절한 포장골재의 선택에 의해서, 또는 다공질 마찰층의 적용에 의해서, 또는 포장표면의 그루빙에 의해서 이루어질 수 있다. 이러한 표면처리 기법들은 활주로의 고속탈출유도로에 적용될 수 있다.

그루빙은 젖은 활주로의 잠재적인 수막현상을 감소시키는 검증된 수단이다. 신설, 재시공 또는 덧포장된 주(主)계기활주로는 안전확보를 위해 그루빙을 설치하여야 한다. 기존 활주로나 신설, 재시공, 덧포장된 보조 활주로는 표면상태 조사결과, 수막현상의 잠재성이 높을 때는 그루빙을 설치해야 한다. 활주로 마찰특성의 측정은 3.3항을 따른다. 활주로 표면의 마찰계수를 측정하는데는 포장표면 마찰측정 트레일러인 Mu-Meter가 통상 사용된다.

항공기 운항을 위해 활주로를 개방하기 위해서는 활주로 표면의 Mu-Meter 값이 0.52 이상이어야 한다. 활주로 표면의 Mu-Meter 값이 0.42~0.52 일

때는 항공기 운항을 위해 활주로를 개방하는데 공항 당국의 승인을 득하여야 하며 활주로 포장의 그루빙이 요구될 수 있다. 활주로 표면 Mu-Meter 값 0.42 이하는 항공기 운항에 안전하지 못한 것으로 간주되며, 항공교통을 위해 활주로를 개방하기 전에 바로잡을 수 있는 조치가 요구된다.

### 2.3 포장의 그루빙

#### 가. 고려되어야 할 사항

기존 표면을 그루빙 하는데 운항측면에서의 어려운 점은 없다. 수년간 그루빙된 표면에서 모든 종류의 항공기를 운항한 결과 항공기의 크기, 중량, 형태에 관계없이 특별한 제한이 없다는 것이 확인되었다.

다음 사항들이 활주로의 그루빙을 설치할 때 고려하여야 할 요소들이다.

- 1) 공항시설에서 수막현상과 관련된 항공기 사건/사고의 과거 기록 검토
- 2) 포장의 습윤 빈도(연간 강우율과 강우강도 자료)
- 3) 활주로 포장의 종횡단 구배, 평평한 지역, 솟아오른 곳, 높은 곳, 또는 배수 흐름에 영향을 줄 수 있는 다른 비정상적인 상태
- 4) 건조하거나 젖은 조건에서 미끄럼에 대한 표면 거칠기의 등급
- 5) 활주로 단부 안전지역 끝에서의 내리막과 같은 지형적 제한
- 6) 이용가능한 활주로의 수와 길이의 적절성
- 7) 측풍 효과, 특히 낮은 마찰 요소들이 우세할 때
- 8) 기존 활주로 포장의 강도와 상태

그루빙의 적용은 반드시 포장손상의 우려가 없는, 구조적으로 현재와 미래의 교통을 감당할 수 있는 적당한 용량을 가진 포장에만 사용해야 한다. 포장표면은 적당한 표면배수에 알맞게 횡단구배가 최소한 1%이상이어야 한다. 강도가 모자라거나, 배수를 위한 구배가 충분치 못하거나, 함몰된 지역을 포함하고 있거나, 또는 균열이 발생한 포장은 강도를 증가시켜야하고, 그루빙을 설치하기 전에 먼저 덧포장이나 보

수작업으로 결함들을 고쳐야만 한다.

아스팔트 표면은 기존 표층의 밀도, 안정도 및 다짐도를 시험하여야 한다. 만약 표면이 심하게 침식되었거나 조골재 입자의 탈리가 발생하는 경우에는 다른 방법을 고려하거나 그루빙 전에 덧포장을 시행하여야 한다. 콘크리트 포장의 경우에는 기존표면의 스케일링, 스폴링, 진행중인 균열 등을 조사하여야 한다. 표면상태와는 다르지만, 종횡단 구배간의 비율도 주요한 사항이다. 만약 활주로의 양측면으로 신속히 배수되는 대신 종단구배가 활주로 방향을 따라 배수가 되도록 이루어져 있다면 그루빙을 설치했을 때 표면수가 고여서 신속한 배수에 실패하고 수막현상이 일어날 수 있다. 같은 이유로 솟아오른 표면은 그루빙 전에 보수하거나 재포장을 하여야 한다.

#### 나. 그루빙의 효과

그루빙 효과에 대하여 소요 활주로 길이를 단축한다고 착각할 수 있으나, 실제로는 활주로가 습윤상태일 때에 필요로 하는 활주로 길이가 증가하는 것을 방지하는 효과가 있다. 더구나 이것은 그루빙을 설치한 초기의 상태가 지속되는 것을 전제로 한다. 따라서 공용기간이 장기간이고 열화나 손상이 일어난 경우에는 그루빙 효과의 판정에 대해서는 신중하여야 한다.

그루빙의 설치목적은 마찰저항을 증진시켜 미끄럼을 방지하고 흙을 통하여 우수의 표면배수를 촉진함으로써 수막현상을 방지하는데 있다. 그루빙은 표면수를 횡방향으로 배수시키고 표면수가 바퀴하부로 흐르도록 하며 표면수의 정체를 방지하고 포장의 거칠기를 증가시킨다.

비록 개선의 정도가 기존 표면의 품질과 관계가 있지만, 횡단 그루빙은 항상 마찰계수의 증가를 나타낸다. 이 개선의 지속기간은 아스팔트 표층의 적정성, 기후 및 교통과 관계가 있다. 그루빙은 습기나 물기가 많은 기후조건일 때 현저한 마찰력의 개선을 제공한다. 그루빙은 수분이 방류될 수 있는 통로를 제공함으로써 바퀴와 포장표면이 직접 맞닿을 수 있도록

한다.

조사에 의하면 활주로의 마찰저항계수를 측정할 결과 강우량에 의한 활주로의 젖은 상태에 따라 마찰계수의 편차가 큰 편이나, 그루빙을 설치하지 않은 활주로와 설치한 활주로를 비교하면 착륙접지 지역과 제동지역의 마찰저항계수가 그루빙을 시행한 경우에 약 0.1~0.2 정도 향상된 것으로 분석되었다. 따라서 그루빙에 의한 강우시의 활주로 미끄럼저항 향상효과는 매우 큰 것으로 조사되었으며 항공기 착륙시 제동거리의 단축효과가 있다.

우수에 의해 활주로가 젖은 상태에서 항공기가 착륙하게 되면 수막현상과 미끄럼현상이 증가되어 조종사에게는 착륙시 큰 심리적 부담이 되며 항공기의 착륙시 활주로를 이탈할 수 있는 위험요인이 증가된다. 활주로 표면 그루빙의 주요 목적중의 하나는 표면 배수를 개선하는 것이다.

그루빙 설치로 인해 활주로 표면배수의 처리능력이 크게 증가되어 배수효과가 매우 큰 것으로 조사되었다. 미국 콘크리트 협회의 조사에 의하면 콘크리트 포장에서 표면배수 효과는 그루빙을 설치한 활주로가 설치하지 않은 활주로보다 표면배수 속도가 10~12배 빠른 것으로 조사되었으며 강우시 착륙하는 항공기에 대해 수막현상 방지에 매우 효과적이고 조향성이 우수하다.

그루빙을 설치한 공항의 포장과 그렇지 않은 포장의 표면 온도는 그루빙을 설치한 포장이 더 높기 때문에 강설시나 활주로 표면이 결빙되었을 때 흙 부분부터 먼저 녹는다. 이와 같은 현상은 포장이 태양열을 받는 경우 그루빙 된 흙의 비표면적이 상대적으로 크기 때문이다. 포장표면과 그루빙 홈 내부의 온도차이가 약 0.5~1℃로 흙의 온도가 더 높기 때문에 동결기 강설이나 포장표면 결빙시 해빙에 유리한 것으로 판단된다.

#### 다. 그루빙 설치후의 포장결함 여부

그루빙이 설치된 해외공항의 활주로를 조사 분석한 결과 활주로에 설치된 그루빙은 일반적으로 만족

할 만한 상태와 효과가 있는 것으로 분석되었다.

그루빙이 설치된 활주로의 포장결함은 골재탈락, 소성변형, 모서리 마모, 부식, 스폴링, 홈 막힘, 균열, 고무자국 등의 문제점이 발견되었으나 그 중에서 고무자국 및 홈의 막힘 현상이 가장 큰 문제점으로 나타나고 그 외의 현상은 크게 문제되지 않는 것으로 분석되었다. 연구결과 아스팔트 포장 활주로의 그루빙으로 인해 포장에 악영향을 주거나 유지보수 노력이 증가하지는 않는다는 것을 보여주었다. 제빙이나 제설 때도 전혀 문제가 발생하지 않았다. 그루빙 홈의 미세한 일그러짐이나 변형이 관측되었으나 유지보수를 필요로 할 정도는 아니며 그루빙의 성능에 악영향을 주지도 않았다. 역시 콘크리트 포장의 표면에서도 그루빙이 악영향을 주지는 않는다. 비록 약간의 고무찌꺼기가 관측되기는 하지만 그루빙이 먼지나 산업폐기물 또는 기타 오염을 일으키지는 않는다.

대부분의 활주로에서 패칭 보수된 지역에 대하여 재 그루빙을 설치하지 않고 방치함으로써 표면배수가 저해되는 등 효과적인 그루빙의 유지관리가 잘 이루어지지 않는 것으로 보고되었다. 따라서 우리나라에서는 그루빙이 설치된 활주로에 대해 부분적이거나 전체적인 포장보수를 하거나 덧씌우기 공사를 할 경우에는 보수지역에 대한 그루빙도 동시에 이루어지도록 하여야 한다.

## 2.4 그루빙 설치 현황

### 가. 국내공항

국내공항의 그루빙 시공실적을 보면 활주로가 콘크리트 포장으로 시공된 공군관리 공항에는 그루빙이 모두 설치되어 있는 실정이며 활주로가 아스팔트 포장인 민간전용공항은 최근에 그루빙을 설치하고 있는 추세이다. 이는 그동안 아스팔트 포장의 그루빙 설치에 대한 국내여건이 성숙되지 못하였고 공항당국에서 그루빙에 대한 필요성의 인식이 미흡하여 그루빙 설치에 대한 실험과 검증을 포함한 타당성 검토가 시행되지 못하였기 때문이다. 그러나 한국공항공

표 1. 국내공항의 그루빙 설치현황

구 분	공 항 명	그루빙 설치위치	포장공법	그루빙 규격
공군비행장	광주, 대구, 청주, 강릉, 사천, 예천, 원주	활주로	콘크리트 포장	6mm×6mm@38mm
미군비행장	군산	활주로	콘크리트 포장	6mm×6mm@38mm
민 간 공 항	인천국제공항, 김포	활주로, 인천은 고속탈출유도로포함	콘크리트 포장 아스팔트 포장	6mm×6mm@37mm

사에서 2000년에 아스팔트 포장에 대한 타당성검토를 시행하고 현재 자체 사업계획에 따라 공항별로 그루빙 설치를 추진하고 있다. 이와는 별도로 인천공항 건설시 2000년도에 아스팔트 포장으로 된 활주로나 고속탈출유도로에 그루빙을 설치한 바가 있다.

우리나라 공항에서 민간항공기가 취항하는 공항은 총 16개 공항으로 그 중에서 그루빙이 설치된 공항은, 활주로나 콘크리트 포장으로 되어 있는 광주, 대구, 청주, 강릉, 사천, 예천, 군산, 원주공항은 군에서 관리하고 있는 공항에 민간항공기가 취항하는 경우이며 미공군교범 기준에 따라 그루빙이 설치되었다. 활주로나 아스팔트 포장으로 된 인천, 김포공항은 그루빙이 설치되었고, 역시 아스팔트 포장으로 된 속초, 목포, 여수, 제주, 김해공항과 콘크리트 포장인 포항공항은 그루빙이 설치되어 있지 않다. 그루빙이 설치된 공항은 표 1과 같다.

나. 해외공항

해외공항은 ICAO나 미국연방항공청(FAA) 또는 자국의 기준에 의하여 활주로나 고속탈출유도로에 대하여 그루빙을 설치하고 있다.

미국은 그루빙 공법을 가장 먼저 연구하여 거의 모든 공항에서 콘크리트나 아스팔트의 포장공법에 관계없이 그루빙을 설치하고 있으며, 일본은 운수성의 공항설계기준에 그루빙 설치기준을 마련하여 대부분의 지방공항까지 그루빙이 설치되어 있는 실정이다. 그 밖에 국외공항에서도 다수 그루빙을 설치하고 있다.

3. 그루빙 적용 기준

3.1 설계기준

그루빙 홈의 규격과 배치에 대한 기준은 ICAO와 FAA에서 다소 다른 값을 제시하고 있다. 우리나라에서는 원칙적으로 ICAO의 기준을 우선으로 하고 있으나 여건에 따라 기술자의 판단이 중요하다고 하겠다.

가. 그루빙의 규격

그루빙은 포장표면에 활주로를 횡단하여 활주로 측단까지 직각으로 중단되지 않도록 연속해서 설치하며 때로는 직각이 아닌 횡단줄눈에 평행하게 설치한다. 통상적으로 사용되는 그루빙 배치는 6mm폭×6mm깊이의 규격에 대략 38mm의 중심간격으로 설치한다. 그루빙의 간격이 작을수록 배수능력이 더 커지고 활주로 포장을 빠르게 건조시킬 수 있으나 경제성을 고려할때 38mm의 홈 간격이 거의 모든 경우조건에서 우수한 제거에 적합하고 경제적 이익이 가장 큰 것으로 FAA의 보고서에서 분석되었다.(그림 1 참조)

그루빙의 정렬, 폭, 깊이, 간격을 규정하기 위한 오차가 별도로 제시되고 있다. 제안된 오차는 정렬에 대해 23m당 ±38mm이고 평균 폭과 깊이에 대해 ±1.6mm이다.

홈의 규격은 전체 그루빙의 60% 이상이 6mm 깊이 이상이 되도록 설치하여야 하며 활주로 길이 방향으

로 매 500피트(150m)마다 그루빙을 재정렬 할 수 있도록 하고 있다.

나. 그루빙 설치 범위

미국의 경우에는 활주로의 전체길이에 대해서 그루빙을 시행하며 과주로 부분은 시행하지 않고 있으나 고속탈출유도로의 경우에는 대부분의 공항에서 활주로에서 76m만큼 그루빙을 설치하고 있다. 미육군 활주로 포장에서는 활주로 단부의 처음 450m 구간은 그루빙을 설치하지 않는다.

다음 부분들에는 흠을 만들지 말아야 한다.

그루빙은 횡단 포장줄눈에 76mm보다 가깝거나 229mm보다 멀어서는 안된다. 종단 시공 줄눈에서는 그루빙을 통과시켜도 좋다. 네오프렌 실런트가 설치된 종단 줄눈에서는 76mm보다 가깝거나 127mm보다 멀어서는 안된다. 진행중인 균열로부터도 15cm이상 떨어져야 한다.

항공등화 케이블이 설치된 곳은 대각선이나 종방향 흠은 피하여야 한다. 항공등화 시설이나 지표하 배수관로가 있는 곳에서는 극도로 주의하여 그루빙을 설치하여야 한다. 그루빙 장비와 접촉되는 것을 피하기 위해 포장내 항공등화 기구로부터 152mm 이상 안전거리를 두어야하며 457mm보다 멀어서는 안된다.(그림 1 참조)

공군활주로의 항공기 배리어 케이블 양쪽으로 각 90m에도 설치하지 않는다.

다. 활주로 및 유도로의 폭과 노건의 그루빙 설치

활주로 및 고속탈출유도로의 노건은 그루빙을 설치하지 않는다.

노건이 설치된 활주로와 고속탈출유도로에 대해서는 항공기의 착륙위치, 횡풍 등을 고려하여 전체폭에 대해 그루빙을 설치할 것을 권고하고 있다. 노건이 설치되어 있지 않은 활주로 및 고속탈출유도로는 그루빙 장비의 회전과 작업성을 고려하여 포장 측단에서 3m 이격하여 설치한다. 일본에서는 한냉지에 있어서는 활주로 전폭, 기타 지역에서는 활주로 전폭의 2/3

에 전체 길이에 걸쳐서 설치하도록 요구하고 있다.

라. 그루빙 설치시의 청소

그루빙 시공시 청소는 매우 중요하며 장비 운영중에는 지속적으로 시행되어야 한다. 그루빙 장비 운영중에 발생하는 폐기물은 물분사, 닦기, 진공흡입 등으로 수집하여야 하며 별도로 승인된 환경 폐기물 처리 절차에 따라 처리되어야 한다. 폐기물을 공항내 배수로나 오폐수 처리시설에 투입하여서는 안된다.

여러 기관의 그루빙 설치에 대한 기준을 표 3-1에 비교하였다.

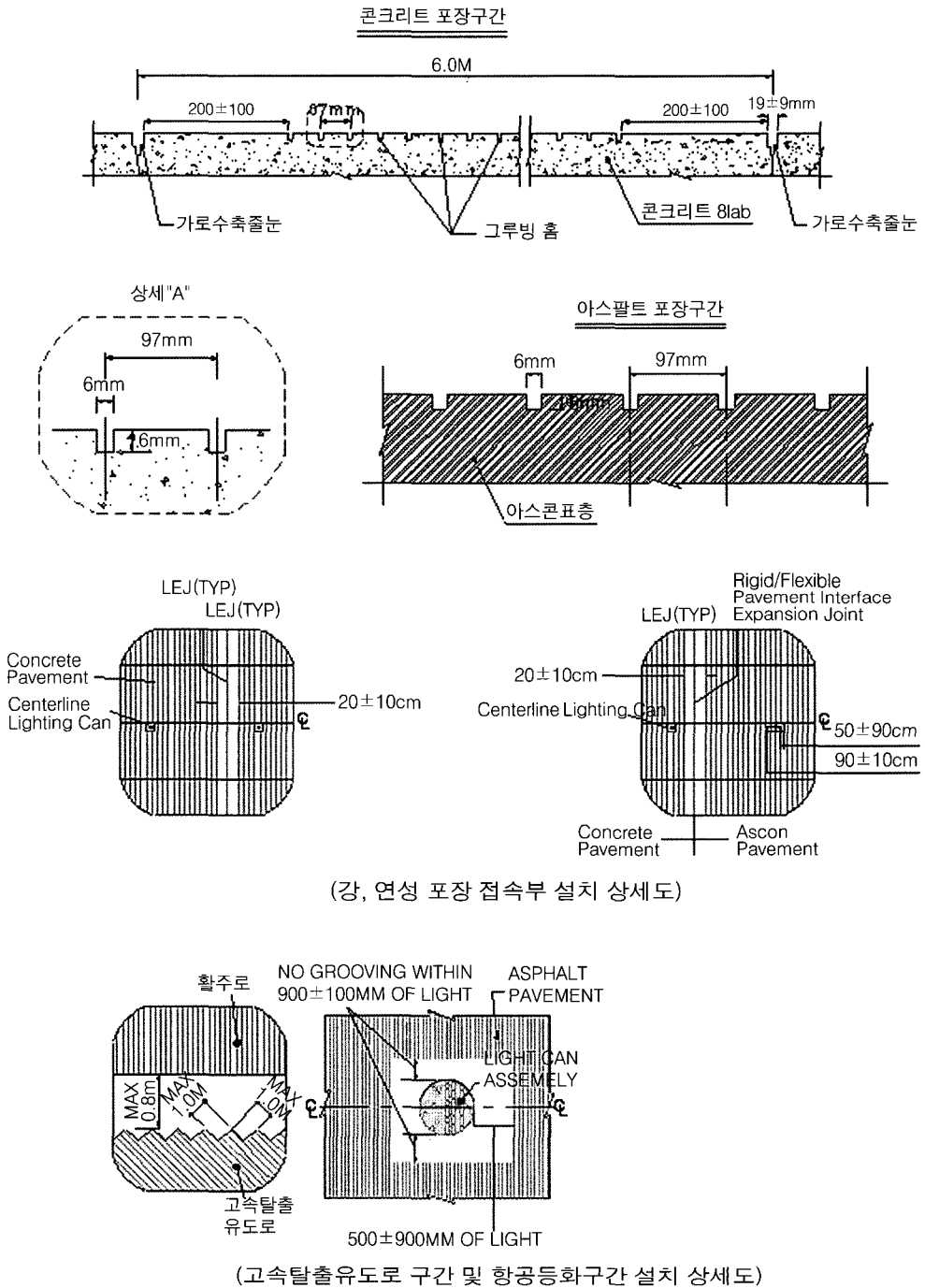
3.2 시공시 고려사항

그루빙을 시공하는 범위는 활주로 전폭에 대해서 흠의 형상을 다이아몬드 커터를 사용하여 횡단방향으로 절삭하는 것을 표준으로 한다.

그루빙의 시공은 흠의 수가 많기 때문에 다이아몬드 커터브레이드로 20cm~50cm의 절삭능력을 가진 장비가 사용된다. 시공상 유의해야 할 사항은 절삭에 쓰이는 장비는 주로 수냉방식이 쓰이기 때문에 다량의 물이 필요하며, 급수 및 오수처리의 충분한 검토가 필요하다. 또 작업시에는 절삭음에 의한 소음이 발생하기 때문에 특히 야간작업의 경우에 장비의 기중선정에도 배려가 필요하다. 그루빙의 흠 간격의 오차발생원인은 장비의 이설시에 발생하는 것으로 이것을 막기 위해서는 적어도 10m마다 확인을 위한 기준을 마련해두면 좋다.

그루빙에 의한 다이아몬드 커터브레이드의 소모는 노면이 아스팔트포장인가 시멘트콘크리트 포장인가에 따라서 크게 다르므로 이점을 고려하는 것도 중요하다.

국내에서는 대개 습식 그루빙 장비를 이용하여 그루빙 공사를 시행하고 있으며 이때 폐수와 슬러지 등의 폐기물이 발생하게 된다. 우리나라의 경우에는 국내 환경법에 따라 발생 폐기물을 위탁 처리업자에게 위탁하여야 한다.



(강, 연성 포장 접속부 설치 상세도)

(고속탈출유도로 구간 및 항공등화구간 설치 상세도)

그림 1. 그루빙 설치 규격 및 범위기준 예시

표 2. 그루빙 설치 기준

구 분		ICAO	FAA	AFM	일본 운수성
포장후 그루빙 시행기(양생기간)		30일	30일	-	3개월
그루빙 규격 (mm)	폭(오차)	6(±15mm)	6(+1.6mm, -0mm)	6.3(±1.6mm)	6
	깊이(오차)	6(±15mm)	6(±1.6mm)	6.3(±1.6mm)	6
	간격	31	38(-3mm, +0mm)	38(±3.2mm)	32
그루빙의 설치		-	그루빙의 깊이는 전체의 60% 이상이 6mm 이상이어야 함	-	-
설치방법		활주로 중심선 방향에 직각으로 설치			
포장 측단으로부터의 거리		3m(노건 설치구간은 전폭시행)	3m(노건 설치구간은 전폭시행)	1.5~3m	전폭의 2/3
횡단줄눈 및 포장 말단에서 이격거리		7.5cm 이상 이격	최소8cm 최대23cm	최소 15.2cm	-
항공등화와의 이격거리		60cm	최소 15cm 최대 46cm	최소 15.2cm	-
직선상 오차(활주로 길이방향으로)		22m 직선에서 ±40mm	23m 직선에서 ±38mm	-	-

주) ICAO, Aerodrome Design Manual DOC9157-AN/901  
 FAA, AC 150/5320-12C  
 일본 토목학회, 신세계토목공학/69.공항

미국에서는 라인마킹을 실시한 후 그루빙을 설치 하였으나 일본의 간사이 공항은 그루빙을 시공한 후 라인마킹을 실시한 결과 홈의 깊이가 얕아지는 결과를 초래하였기 때문에 라인 마킹을 실시한 후 그루빙을 시공할 것을 권고하고 있다. 이는 그루빙을 실시한 후 라인마킹을 하게 되면 도로의 두께만큼 홈의 하단을 메우기 때문에 홈의 깊이가 얕아져서 배수능력을 저하시키기 때문이다. 그루빙의 최초 시공은 라인마킹을 완료하고 그루빙을 실시하는 것이 일반적이다.

만족스러운 표면 마무리는 초기의 표면 마찰계수

를 높은 값으로 증가시키지만 점차 교통의 강도에 따라 천천히 감소한다. 정상적으로 유효수명은 5년 이상이 기대된다. 미국의 경우에 항공기의 착륙회수가 많아 그루빙의 파손이 심한 공항에서는 대개 4~5년 만에 한번씩 재 그루빙을 시행하며, 그루빙의 재시공은 공항당국에서 홈의 파손과 마모를 측정하여 노화 정도를 평가하고 마찰저항계수를 측정하여 판단하여야 한다.

일반적으로 그루빙이 설치된 활주로에서는 덧포장시에 재그루빙을 실시하는 것이 타당하다.



### 3.3 그루빙 후 유지관리

그루빙이 설치된 활주로로 가장 큰 문제점은 착륙하는 항공기의 바퀴와 포장면과의 마찰열로 인하여 고무자국이 포장 표면에 부착되거나 그루빙 홈의 내부에 달라붙어 누적됨으로써 마찰저항을 감소시키고 홈을 통한 표면배수를 저해하여 수막현상을 발생시키는 것이다. 그루빙 포장의 유지관리는 포장표면에 달라붙은 고무자국과 홈의 내부에 누적된 고무찌꺼기를 적절한 시기에 제거하는 것이 중요하다.

따라서 그루빙 포장의 유지관리는 마찰저항의 특성을 주기적으로 측정하고 홈에 누적된 고무찌꺼기량을 측정하여 고무자국 제거시기를 판단하고 적절한 장비를 투입하여 고무자국 제거를 효과적으로 시행하는 것이 유지관리에서 가장 중요한 사항이다.

활주로에서 그루빙 홈에 쌓인 고무자국을 제거하는 것은 콘크리트포장의 경우보다 아스팔트 포장의 경우가 더 어렵다. 바퀴의 고무자국, 기름자국, 먼지 등의 불순물은 포장표면의 미끄럼 저항을 감소시킨다. 마찰저항 조사에서 이러한 불순물 제거의 필요성이 지적되었다면, 다양한 방법으로 이들을 제거하여야 한다. 이러한 방법에는 고압수분사, 화학약품 사용 및 물리적인 갈아내기 등의 방법이 있다.

고무자국을 제거하는 빈도는 FAA에 규정되어 있으며 광동체 항공기의 착륙 비율이 전체의 20%를 초과할 때 표 3과 같이 제거 빈도를 제시하고 있다.

활주로 포장에 그루빙을 설치한 후 항공기의 착륙이 계속적으로 이루어지면 그루빙된 포장은 기온이나 강우특성, 아스팔트 혼합물의 특성, 항공기 하중의 반복 작용 등의 여러 요인에 의해 그루빙된 홈의 형상이나 포장에 문제점이 발생될 수 있다. 일반적으로 그루빙이 설치된 활주로 포장에 나타나는 문제점은 크게 시공중의 현상과 시공 후 운영중의 현상으로 구분된다.

시공중에 나타나는 현상은 홈 깊이의 불균일 현상, 골재탈락, 스폴링 등이 있으며 활주로 운영중에 발생하는 현상은 홈이 매워지는 현상, 모서리의 곡선화, 균열발생, 고온이나 하중에 의한 표면변형, 포장면의 마모와 부식현상을 들 수 있으며 이 중에서 스폴링과 골재탈락은 활주로 운영중에도 나타난다.

### 3.4 그루빙 설치후 마찰저항계수 관리

항공기 바퀴와 포장표면간의 마찰저항은 포장종류, 포장표면의 처리방법, 지역적인 기상조건에 의한 강우와 결빙상태, 고무자국 상태에 따라 큰 차이가 발생한다. 마찰저항을 높이기 위한 포장표면의 처리 방법 중에서 가장 효과적인 것 중의 하나가 그루빙이며 마찰저항의 수준을 파악하기 위해 마찰저항계수를 측정한다.

마찰저항계수를 측정하는 장비는 여러 종류가 있으며 장비의 종류에 따라 관리기준도 각각 달리 적용하고 있는데 Mu-Meter 와 SFT 장비가 활주로의

표 3. 고무자국 제거 빈도

활주로 단부의 터보제트 항공기 착륙회수(회/일)	권고된 고무자국 제거 빈도
15 이하	2년
16~30	1년
31~90	6개월
91~150	4개월
151~210	3개월
210 이상	2개월

주) 각 활주로 단부를 별도 평가한다. 즉, 활주로 18 및 활주로 36.

표 4. 활주로 포장의 마찰저항 조사 빈도

활주로 단부의 터보제트 항공기 착륙회수(회/일)	최소 마찰저항 조사 빈도
15 이하	1년
16~30	6개월
31~90	3개월
91~150	1개월
151~210	2주
210 이상	1주

주) 각 활주로 단부를 별도 평가한다. 즉, 활주로 18 및 활주로 36.

표 5. 활주로 포장 표면의 마찰저항 등급기준

구 분	40mph			60mph		
	최소	유지관리	신설	최소	유지관리	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. Griptestter Friction Meter	0.43	0.53	0.74	0.24	0.36	0.64
Tatra Friction Tester	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
마찰력 조사 속도 선택 기준	포장면의 거칠기, 오염물질, 배수현황 관찰시			포장면의 미세거칠기 상태 관찰시		

주) FAA, AC 150/5320-12C

마찰저항계수를 측정하기 위하여 가장 많이 사용되고 있다.

FAA에서는 마찰저항계수 측정장비의 종류에 따라 활주로 포장 유지관리시의 적용기준, 신설 활주로의 적용기준, 최소치의 적용기준에 대한 마찰저항계수의 값을 규정해 놓고 기준값 이하일 때는 고무자국을 제거하도록 규정하고 있다.

마찰저항계수를 측정하기 위한 속도선정기준은 포장면의 표면거칠기, 오염물질의 부착, 표면배수 특성을 조사할때는 40mph(64km/h)의 속도를 선택하고, 포장면의 미세한 거칠기를 조사할 때는 60mph(96km/h)의 속도를 선택하여 사용하고 있으며 FAA에서 장비의 종류별로 마찰저항계수의 관리기준과 조사 주기를 규정하여 관리하고 있다.

항공기 바퀴 고무자국의 누적은 활주로의 접지지역(Touch down Point)에서 가장 많이 발생하며 운영중인 활주로의 유지관리 빈도는 착륙 항공기의 종류, 착륙회수, 활주로의 위치, 기후조건, 아스팔트의 품질에 따라 다르게 관리한다. 고무자국이 포장면에 부착되어 마찰저항이 감소될 때는 Mu-Meter로 측정한 마찰저항계수가 0.52 이상이 되도록 하며 계수가 0.52 이하일 때는 고무제거 작업을 하여야 한다.

#### 4. 결론

이제 활주로 포장에서 그루빙의 설치는 콘크리트 포장이든 아스팔트 포장이든 관계없이 보편화되었으며 활주로 건설시 기본적으로 적용하고 있다. 그루빙은 포장표면의 마찰저항을 높이고 배수를 촉진하여 항공기의 미끄러움을 방지함으로써 항공여객과 화물의 안전운항에 큰 역할을 하고 있는 셈이다.

그루빙 계획시 기존의 기준을 그대로 적용하는 것도 무리가 없겠으나, 기존에 설치된 그루빙의 공용성을 관측 평가하고 현장여건을 감안하여 국내 실정에 맞는 그루빙 홈의 규격과 간격을 개선하거나 보수 또는 재시공의 기준을 정립하는 것이 필요하리라고 판단된다.

#### 5. 참고문헌

1. 신공항건설공단, 1998.3., 인천국제공항 Airside 토목시설 실시설계 포장설계보고서
2. 한국공항공단, 2000.12., 활주로 그루빙 설치 타당성 종합보고서
3. M.Y. Shahin, 1994, *Pavement Management for Airports, Roads and Parking Lots*, Chapman & Hall,
4. International Civil Aviation Organization, August 1989, *Aerodrome Design Manual Part 3 Pavement 2nd Ed.*, Doc 9157-AN/901,
5. International Civil Aviation Organization, July 1999. 192p, *Aerodrome Annex 14 Vol.1 Aerodrome Design and Operation*, 3rd Ed
6. Federal Aviation Administration, March 1997, *Measurement, Construction, and Maintenance of Skid Resistant Airport Pavement Surfaces*, AC 150/5320-12C,
7. Federal Aviation Administration, January 2001, *Standards for Specifying Construction of Airports*, AC 150/5370-10,
8. Federal Aviation Administration, FAA-RD-79-28, NAEC-TD-MISC-R8,
9. U.S. Army Corps of Engineers, July 1997, *Pavement Design for Airfield*, AFJMAN 32-1014,
10. U.S. Headquarters Departments of the Air Force, June 1987, *General Provisions for Airfield Pavement Design*, AFM 88-6 Chap.1,
11. U.S. Departments of the Air Force, August 1978, *Flexible Pavement Design for Airfields*, AFM 88-6 Chap.2,
12. U.S. Departments of the Air Force, August 1988, *Rigid Pavements for Airfields*, AFM 88-6 Chap.3,
13. 日本 運輸省 航空局, 1989.6., 空港土木施設設計基準
14. 日本 土木學會編, 1979.9, 新體系 土木工學 69. 空港