

■ 論 文 ■

# 차폐이론의 적용에 관한 연구

A Study on the Applications of Shielding Theory

## 양한모

(한국항공대학교 항공교통물류학부 부교수)

### 목 차

- I. 서론
- II. 장애물제한표면의 종류
  - 1. 한국의 장애물 제한기준
  - 2. 국제적인 장애물 제한기준
- III. 차폐판정기준
  - 1. 한국의 차폐기준
  - 2. 국제적 차폐기준
- 3. 차폐이론 적용상의 문제점
- IV. 차폐이론의 적용이 비행장의 공역 사용에 미치는 영향 분석
  - 1. 영향 가능 공역
  - 2. 서울공항의 사례 분석
- V. 결론
- 참고문헌

Key Words : 차폐이론, 장애물제한표면, 최저강하고도, 계기이착륙절차, 통제장애물

### 요 약

비행장 주위 상공에는 저고도로 이착륙하는 항공기의 안전운항을 위하여 장애물제한표면을 설정하여 이 표면 위로 건축물이 돌출하는 것을 제한하고 있으며, 장애물 표시를 의무화하고 있다. 그러나 이 구역 내에 제거가 불가능한 영구적 장애물이 있을 때는 그 장애물의 존재를 인정하고, 그 장애물 정상으로부터 일정한 간격의 안전고도를 유지하여 비행안전을 도모하면서도 장애물제한표면은 동시에 적용한다는 문제점이 있다. 따라서 영구적장애물이 있는 경우에는 영구적 장애물보다 낮은 장애물은 장애물제한표면을 돌출했음지라도 비행안전에는 영향이 적다 라는 근거아래 차폐이론을 국제민간항공기구에서 권고 사항으로 채택하였으며, 미국을 비롯한 5개 국가에서 기존 장애물의 영향이 미치는 음영면 이하의 장애물에 대해서는 차폐이론을 적용하여 건축규제를 완화하거나 장애물표시등의 의무를 면제할 수 있도록 하고 있다. 본 연구에서는 차폐이론의 적용이 항공기의 운항 안전에 영향을 줄 수 있다는 가정 아래 문헌과 사례 연구를 통하여 그 영향을 검토하였다.

그 결과 장애물제한구역과 계기접근구역이 중복되는 구역에서는 신규 장애물의 설치가 비행안전과 운항에 영향을 줄 수도 있었다. 이런 영향을 제거하기 위해서는 각각의 비행장의 장애물제한표면 내에 해당 비행장에서 이용하고 있는 계기접근절차의 최종접근구역과 실패접근구역의 경계선을 도시하여 이 구역 내에서는 차폐기준을 적용을 제한하는 것이 바람직하다.

## I. 서론

비행장 주위에는 이착륙하는 항공기의 안전운항을 보장하기 위하여 장애물제한표면을 설정하여 자연 또는 인공 장애물이 표면위로 돌출하는 것을 제한하고 있다. 장애물제한표면 위로는 어떤 장애물도 돌출하는 것은 바람직하지 않으나, 만일 이 구역 내에서 제거가 불가능한 영구적 장애물이 있는 경우에는 그 장애물의 존재를 인정하고 그 장애물 정상으로부터 일정한 간격의 안전고도를 유지하도록 하여 비행안전에 도모하고 있다.

비행장 주변에는 건축물에 대한 고도제한이 법으로 규정되어 장애물제한표면이 현재는 물론 미래에도 유지되도록 법적으로 보장한다. 문제는 제거 불가능한 영구장애물이 존재하는 경우에도 그렇지 않은 경우와 똑같이 고도제한을 유지해야 하는가 이다. 예를 들어, 활주로방향과 직각방향으로 3km 떨어진 지점은 활주로보다 45m 이상 높이의 건축을 금지한다. 만일 이 지점 주위에 150m 높이의 언덕이 존재하여 이 지점 부근을 비행하는 항공기는 200m 이하로 내려오는 것이 금지되어 있다면, 이 지점의 고도를 여전히 45m로 제한해야 하는 것이 문제이다.

장애물제한표면을 초과하지만 기존의 영구장애물보다 낮은 장애물은 제한적으로는 비행안전에 실제적으로 작용하지 않는다는 사실에 근거하여 국제민간항공기구나 많은 국가들이 기존장애물의 영향이 미치는 음영면 이하의 장애물은 장애물로 간주하지 않는다는 것이 차폐이론(Shielding Theory)이다. 차폐이론을 적용하면 건축규제를 완화하여 시민의 재산권 제약을 완화할 수 있으며, 장애물표시등의 의무를 면제할 수 있다. 그러나 차폐이론은 무조건적으로 광범위하게 적용하는 것은 아니고 비행장별로 신규 장애물(예, 신규 건축물)별로 차폐여부를 확인하고 항공학적인 연구를 통하여 비행안전에 영향이 없다는 판단 하에 적용하도록 주의하고 있다.

본 연구에서는 비행장 장애물제한표면 구역 내에 있는 기존의 장애물들에 의해 차폐되는 장애물이 비행장 공역 사용에 어떤 영향을 미치는 가를 문헌 연구와 서울공항의 사례 분석을 통하여 검토하였다. 또한 비행장 장애물제한표면에 대한 검토와 아울러 이착륙절차 수립 시 고려하는 계기출발구역, 계기접근구역과 선회접근구역의 공역 설계 측면에서 차폐 장애물의 영향을 분석하였다.

## II. 장애물제한 표면의 종류

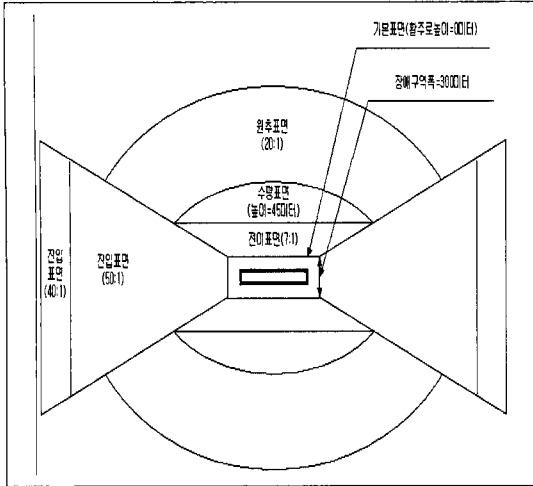
### 1. 한국의 장애물 제한기준

비행장 주위의 장애물은 항공기의 운항안전에 중요할 뿐만 아니라 항공기의 효율적인 운항에도 많은 영향을 미친다. 따라서 국제민간항공기구(ICAO)뿐만 아니라 대부분의 국가에서는 비행장 주위의 장애물을 제한하거나 관리하는데 관련되는 여러 가지 법령과 규정을 마련하여 시행하고 있다.

우리나라에서는 공항주변의 장애물 판단기준에 관련된 법규로서 민간공항은 항공법규 그리고 군민공용공항이나 군용비행장은 군용항공기지법에서 규정하고 있어 이원화된 체제를 가지고 있으며 두 법령 사이에 약간의 개념과 기준치의 차이를 가지고 있다. 특히 항공법은 ICAO의 기준을, 군용 항공기지법은 미국 연방항공청(FAA)의 기준을 적용하고 있다.

#### 1) 항공법상의 제한

비행장 주위의 장애물에 대한 항공법에서의 규제는 동법 제2조(정의)에서 장애물 제한구역으로서 기본 표면, 전이 표면, 진입 표면, 수평표면과 원추표면을 정하고 있으며 이 표면 보다 높은 장애물을 제한하여 공항에 이착륙하는 항공기가 지상 장애물과 충돌하는 것을 예방하고자 설정된 고도 제한선 이다. 이는 약간의 차이가 있지만 ICAO가 착륙대(Strip), 전이표면, 내부진입표면, 진입표면, 이륙·상승표면, 내부수평표면 및 원추 표면으로 규정하고 있는 것과 내용과 기준은 비슷하다. <그림 1>에서 도시한 것처럼, 기본 표면(또는 Strip)은 활주로 주위에 설정된 직사각형의 표면으로 이착륙하는 항공기가 비행장에서 저고도로 비행하거나 활주로를 이탈시 장애물과의 충돌을 방지하기 위하여 설정된 활주로 표고와 같은 높이의 표면으로서 활주로 주위에는 어떤 종류의 장애물도 인정하지 않는다는 의도이며, 전이표면을 기본표면 양측으로 7분의 1의 경사도로 외측 상방으로 45m 높이까지 확장된 경사 표면으로서 이착륙하는 항공기가 공항 내에서 진로 이탈 시 장애물과의 충돌을 방지하기 위한 표면이다. 진입표면(또는 내부진입표면, 이륙·상승표면)은 활주로 중심의 연장선상에 위치한 마름모꼴의 표면으로 공항에 착륙하기 위하여 저고도



〈그림 1〉 공항의 장애물 제한표면

로 접근하거나 출발 후에 상승하는 구간에 설정된 경사도 40분의 1 또는 50분의 1의 경사면으로 비행안전에 가장 취약한 저고도, 저속, 저기동성의 항공기가 지상 장애물과의 충돌을 방지하기 위하여 설정된 표면이며, 수평표면(또는 내부 수평표면)은 전이표면의 밖으로 반경 4Km 이하의 타원형으로 설정된 표면으로 공항표고로부터 45m까지의 높이를 제한하는 표면이다. 원추표면은 수평표면의 외측경계선으로부터 외측 상방 20분의 1의 경사도로 1,100m의 범위안에 설정되는 장애물 제한 표면이다. 각각의 제한 표면의 상세한 제한은 항공법 상에 비행장의 종류, 착륙대의 등급, 접근의 종류에 따라 다르게 적용되며, 이에 대한 구체적인 내용은 항공법 시행규칙 제4조(기본표면의 폭), 제5조(전이표면의 경사도), 제6조(진입구역의 길이), 제7조(수평표면의 반지름), 제8조(원추표면의 수평거리)와 제9조(헬기장의 전이표면의 경사도)와 해당 규칙의 (별표)에서 규제하고 있다.

또한 이착륙하는 경우를 제외한 비행고도 제한으로서 항공법 55조(최저안전고도)와 항공법 시행규칙 제171조(최저안전고도)와 제172조(최저안전고도 아래에서의 비행허가)를 통하여 비행의 종류별로 최저안전고도를 설정하여 지상 장애물로부터 항공기를 보호하고 있다.

2) 군용항공기지법상의 제한

군용항공기지법은 군용비행장 및 군이 관할하는 군

민공용공항에 적용되는 법률로서, 동법에서도 군용항공기와 민간항공기를 보호하기 위하여 장애물을 제한하고 있다. 동법 제2조(정의)에서는 비행장 주위의 장애물을 제한하는 구역을 비행안전구역으로 하고 있으며 이 구역의 기초가 되는 활주로 주위의 표면을 장애제거구역으로 정의하고 있다. 비행안전구역은 제1구역(장애제거구역), 제2구역(접근경사표면), 제3구역(접근수평표면), 제4구역(전이표면), 제5구역(내부수평표면)과 제6구역(원추표면)으로 세분화되어 있다. 각각의 표면의 적용과 제한은 기지의 종류에 따라 전술항공작전기지와 지원항공작전기지와 헬기전용작전기지로 나누어 정하고 있다.

2. 국제적인 장애물 설정기준

1) 국제민간항공기구(ICAO)의 기준

ICAO Annex 14(Aerodrome)에서는 “국제적인 공항 주위의 장애물 제한에 관한 기준으로서 표준과 권고 사항”을 제시하고 있다. 이 규정은 공항주위에서의 항공기 안전운항의 확보와 공항이 사용불능 상태가 되는 것을 방지하기 위하여 공항구역에서 물체가 초과할 수 없는 구역별 제한 장애물 높이의 한계를 규정하는 일련의 공항 장애물 제한표면의 기준을 설정하고 있다. Airport Services Manual에서는 그 적용기준을 정하고 있는 “세부지침”을 명확하게 기술하고 있다. ICAO Annex14에서는 “공항장애물 제한표면의 기준을 활주로 등급별로 제한표면들의 제한과 구배(경사도)를 세분”하여 나타내고 있다.

장애물제한표면의 조건은 이착륙 및 진입형태에 따른 활주로 사용 목적에 따라 “비계기 활주로, 비정밀 진입활주로, 정밀진입활주로 및 이륙활주로로 구분”하고 해당 활주수에 적용되는 장애표면과 차폐의 원리가 어떻게 적용되는가를 명시하고 있다. 또한 “장애물 제한표면구역의 외측에 있는 물체도 최소한 지상에서 150m높이 이상이 되는 물체는 항공학적인 연구로 항공기에 장애를 미치지 않는다는 것이 판명되지 않는 한 장애물로 보아야한다”고 명시하고 있다.

2) FAA(미국)의 기준

미국은 항공기 안전운항을 확보하기 위하여 일반적

인 비행규칙인 14 CFR Part 91이외에 별도로 공항 주변의 건축물이나 기타 물체의 설치 보고나 규제에 대한 기준을 정하고 있다. 14 CFR Part 77.13에서는 "보고해야 하는 건축물이나 개조물"을 정하고 있으며, Part 77.15에서는 "보고가 필요 없는 건축물이나 개조물의 범위"를 정하고 있다.

그리고 공항제한표면에 대하여는 14 CFR Part 77.27 에서는 "민간공항 제한표면"을, 14 CFR Part 77.28에서는 "군공항 제한표면"을 구분하여 적용하고 있다. 민간공항 제한표면의 적용은 ICAO와 같이 "시계비행활주로, 계기비행(비정밀접근이나 정밀접근)활주로" 등으로 상세하게 구분하여 기술하였고, 제한표면의 적용기준은 운용되는 항공기를 고려하여 군공항이 더 엄격하게 적용되어 있다.

### III. 차폐판정기준

차폐이론은 비행안전이 보장되는 범위 내에서 비행장 주위의 장애물에 대한 제한을 완화함으로써 비행장 주위의 규제에 따르는 사유재산권의 제한을 해소하고, 장애물을 관리하는데 소요되는 노력을 경감하기 위하여 개발된 이론이다. 따라서 차폐이론은 비행장 주위의 장애물의 법률적 정의에 따라 그 영향이 달라질 수 있다.

#### 1. 한국의 차폐기준

우리나라 비행장 주위의 장애물 제한에 관하여는 항공법과 군용항공기지법이 각각 적용되고 있으나 각각의 법령에는 차폐기준의 적용에 관한 사항이 없다. 단지, 민간공항을 관장하는 건교부에서는 내부 지침 문서를 통하여 민간공항에는 <그림 2>와 같이 국제민간항공기구의 차폐기준을 적용토록 하고 있다. 이는 항공법상의 제한 조항에 대한 위입이 없는 상황에서 하위 지침 문서로 상위법의 제한을 완화하는 것은 법리 상 맞지 않으므로 본 법상에 차폐이론을 적용하는 조항을 신설하거나 위입 조항을 신설하는 것이 바람직한 실정이다.

군용비행장에 적용되는 군용항공기지법에는 차폐에 관련한 조항이 없으나 2002년4월 입법예고된 개정안에는 '구역별 최고장애물 높이를 제한하지 않는 범위 내에서 지표면으로부터 45m 이내까지의 제한고도 이

상의 건축물 또는 구조물을 설치할 수 있도록 고도제한을 완화함.' 그리고 '이착륙 경로상의 경계부분은 경사도 50:1 이내로, 기타구역의 경계부분은 7:1의 경사도를 넘지 않는 범위내에서 고도제한을 하도록 함.' 이라는 조문을 포함하고 있어 앞으로는 차폐이론을 적용할 것이라는 것을 알 수 있다.

### 2. 국제적 차폐기준

#### 1) ICAO 차폐기준

ICAO의 장애물의 차폐원리에 관한 설명은 Airport Service Manual Part 6의 Chapter 2에 간략히 기술되어 있는 권고 사항으로서 차폐원리 적용의 일반 원칙과 여러 국가들의 적용 사례를 소개하고 있을 뿐, 세부적인 지침을 제공하고 있지 않다. 이는 신축건물의 제한과 장애물 표지와 등화(Obstacle Marking and Lighting) 설치규정에 대해 더욱 논리적인 접근을 할 수 있도록 하고, 신축구조물에 대한 관할기관의 불필요한 재 허가를 방지하기 위해서 이다.

차폐기준이 적용되는 대상은 <그림 2>에서와 같이 비행장 구역의 장애물 제한표면을 이미 침투하고 있는 제거가 불가능한 영구적 장애물에 의하여 차폐되어지는 음영면 이하의 장애물을 대상으로 한다. 적용되는 차폐공식은 장애물의 상단으로부터 활주로 바깥 쪽으로는 투영되는 수평면과 활주로 쪽으로는 10%의 강하면을 가지는 표면에 기초한다. 어떤 장애물이라도 이 두 표면 아래에 있는 경우 차폐된 것으로 간주한다. 이는 영구적 장애물에 의하여 차폐되는 음영면 내에서는 장애물 제한표면보다 높은 장애물일지라도 장애물로 간주되지 않으므로 건물이나 구조물의 설치가 가능하다는 것이다.

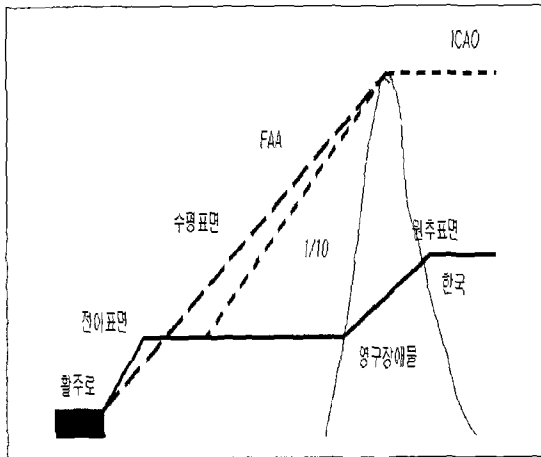
또한 ICAO ANNEX 14(Aerodrome)의 장애물 제한 조건에서는 각각의 활주로 조건 "비 계기진입, 비 정밀진입, 정밀진입, 이륙활주로"하에서 각각의 "지정된 장애물 제한표면을 침투하는 신규장애물의 신설을 금지하나 주무당국의 판단에 의해 기존의 고정된 물체에 의해 차폐되어 있는 경우 혹은 항공 기술적인 검토결과 해당 물체가 운항안전에 악영향을 주지 않고 또한 그 규칙성에도 영향을 미치지 않는다는 것이 확정된 경우에는 예외"로 하고 있다. 이와 같은 차폐 기준은 비행안전이 보장되는 한도 내에서 공항주변의

건축물의 신축을 허용하는 합리적인 규제완화 방안이라고 할 수 있으나, 이착륙경로의 측면 같은 경계가 되는 지역에서 차폐기준의 적용이 애매한 경우는 미리 대상지역을 확보하여 사전에 장애물의 발생을 방지하도록 권고하고 있다.

### 2) 미국의 차폐기준

미국에서는 차폐의 원칙이 차폐된 장애물 표지 및 장애등(Markng and Lighting)의 설치요구 조건을 최소화하고 장애물의 제거나 건축 제한 등의 요구를 최소화하기 위하여 적용되고 있다.

제거가 불가능한 영구적인 장애물은 이미 항행 안전에 고려되었으므로 이에 의하여 차폐되는 물체는 장애물로 고려하지 않는다는 입장이다. <그림 2>에서와 같이 미국의 차폐기준은 활주로로 착륙접근 및 출항지역 내의 영구적 장애물의 정상과 활주로 끝을 외측 방향으로 연결하여 이 선이 투사한 음영면(Shadow Plane)에 의해 결정되며, 어떤 장애물이 이 음영면 내에 위치할 때에 장애물로 간주되지 않으므로 장애 표면보다 높은 건축물이나 구조물의 설치가 가능하다.



<그림 2> 한국과 ICAO 및 FAA의 차폐판정기준 기준면 (횡단면)

### 3) 각 국의 차폐(Shielding) 설정기준 검토

세계 각 국에서 적용하고 있는 차폐기준을 설명하면 대부분의 국가에서는 ICAO의 권고를 수용하고 있으며 몇몇 국가에서는 그 나라의 특성을 가미한 약간

변형된 차폐기준을 적용하고 있다. 그러나 ICAO 기준의 범위를 크게 벗어난 경우는 없으며 국내법에 규정되어 있지 않은 많은 나라도 ICAO의 기준을 준용하고 있는 실정이다.

각 나라별로 설정한 차폐기준과 특징을 비교하면 인디아, 스페인 같은 경우는 ICAO와 같은 활주로 쪽으로는 10% 강하면, 반대쪽으로는 수평면을 기준으로 채택하고 있고, 오스트리아는 장애물상단의 수평면으로 차폐면을 설정하여 고도제한을 완화하고 있으며, 반면에 프랑스는 15% 강하면을 적용하여 강화하고 있다. 그리고 특수한 경우를 채택한 나라로는 인디아는 비행장의 기준점으로 부터, 스페인은 장애물로부터 수평거리로 차폐범위를 제한하여 차폐원칙의 적용지역을 명시하고 있다.

### 3. 차폐이론 적용상의 문제점

ICAO 및 각 국가의 장애물 설정기준과 차폐기준을 살펴 본 것과 같이 차폐이론은 모든 비행장에 일괄적으로 적용할 수 있는 일반적 규정은 아니며, 각각의 비행장별로 장애물제한표면을 침투하는 신설 장애물이 기존 영구적 장애물에 의해 차폐되었을 지라도 항공학적 연구를 통하여 운항안전에 악영향이 없다는 전제하에 적용되어야 한다.

ICAO에서도 권고하듯이 이착륙경로 부근에서는 차폐된 장애물일지라도 항공기의 안전 및 효율적인 운항에 영향을 줄 수 있으므로 일정한 구역을 설정하여 차폐기준의 적용을 제한할 필요가 있다. FAA 차폐기준 적용시 비행장 장애표면을 침투하는 현저히 높은 영구적 장애물이 존재할 경우에는 차폐된 신설 장애물일지라도 그 영향이 심각할 것이다. 또한 CFR Part 77.23의 "장애물 설정기준에서와 같이 초기접근구역, 출항구역 및 선회접근구역을 포함하는 계기이·착륙구역이나 항공로 상에서 이미 차폐된 장애물일지라도 최저강하고도(MDA/DH)나 최저비행고도(MNA)의 변화를 초래할 수 있는 장애물은 장애물로 간주"되도록 명시하고 있다.

여기에서 최저강하고도나 최저비행고도는 악기상으로 조종사가 장애물을 시각으로 확인할 수 없는 상황에서 항공기내의 계기만을 이용하여 강하하거나 비행할 수 있는 최저고도로서 지상장애물과의 충돌을 방지하여 비행안전을 보장하기 위한 비행고도이나 착륙

의 효율과 공역의 수용력 결정에 영향을 미치는 요소이다.

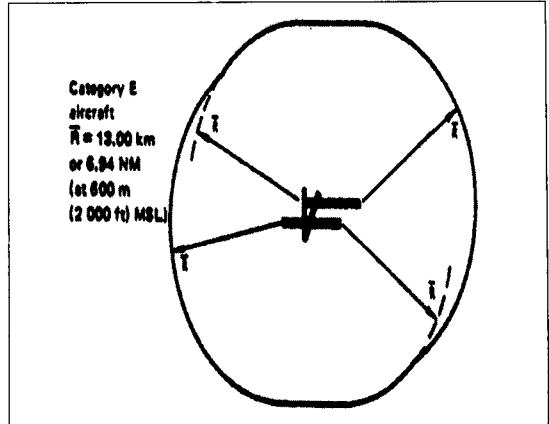
#### IV. 차폐이론의 적용이 공항의 공역 사용에 미치는 영향 분석

차폐기준을 적용 시 비행장 장애물 제한 공역 내에서 차폐된 신설장애물의 영향을 받을 수 있는 구역에는 계기비행 기상상태에서 항공기의 이륙과 착륙을 위하여 사용되는 비행절차가 있으며 이중에서도 저고도에서 장애물의 영향을 많이 받는 계기출발구역 및 계기접근 절차의 최종접근구역(Final Approach Segment), 실패접근구역(Missed Approach Segment), 선회 접근구역(Circling Approach Area)이 있다. 이 구역 내에서는 기존 장애물의 후면으로 차폐된 신설 장애물은 대부분 영향을 주지 않으나 활주로 쪽으로 차폐된 신설장애물은 장애물의 높이, 위치에 따라서 영향을 줄 수 있다. 계기접근절차의 나머지를 구성하는 착륙구역(Arrival Segment), 초기접근구역(Initial Approach Segment)과 중간접근구역(Intermediated Approach)이 있으나 이 구역들은 비행장으로부터 원거리에 위치하며 위에 언급한 공역에 비하여 고도의 민감도가 낮으므로 영향을 적게 받는다.

### 1. 영향 가능 공역

#### 1) 선회접근구역(Circling Approach Area)

ICAO에서는 "선회접근구역은 착륙을 위하여 계기 접근을 하는 항공기가 최종적으로 직진접근(Straight-in)을 하여 착륙을 할 수 없는 조건하에서 최종착륙을 위하여 비행장 상공을 선회한 후에 착륙하도록 설정된 구역"으로 정의하고 있다. 그 크기는 <그림 3>과 <표 1>에서와 같이 착륙항공기의 범주(Categories) 별로 해당비행장의 모든 활주로 말단 중심선에서 지정된 반경과 접선으로 이루어지는 구역이다. 이 구역 내에서는 해당 구역내에 있는 가장 높은 장애물의 높이에 해당구역 최저장애물회피고도(ICAO: 90-150m, FAA, 300피트)를 가산하여 최저강하고도를 결정하여 해당고도 이상에서 조종사가 육안으로 비행장이나 목표물을 확인하지 못하면 착륙을 할 수 없도록 하고 있다.



<그림 3> 선회접근구역

<표 1> 선회접근구역 반경

접근범주	구역반경	
	ICAO(km/NM)	FAA(NM)
A	3.12/1.68	1.3
B	4.90/2.66	1.5
C	7.85/4.20	1.7
D	9.79/5.28	2.3
E	12.82/6.94	4.5

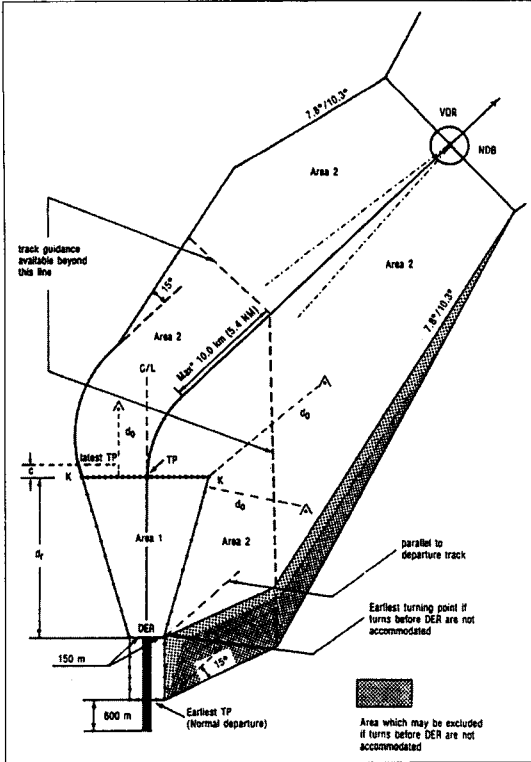
출처 : ICAO(1993), DOC 8168-OPS/611 Volume II "Aircraft Operations", pp.3~71.

이 구역 내에서는 신설장애물이 기존장애물에 의해 차폐되더라도 신설 장애물이 동일 범주 구역 내에 있는 기존의 장애물보다 높을 경우에 최저강하고도를 높일 수 있어 동일한 기상 상황에서도 착륙 확률을 낮출 수 있다는 것을 의미한다.

#### 2) 계기출발구역(Instrument Departure Area)

ICAO에서는 "계기출발구역은 계기기상상태(IFR) 하에서 출발하는 항공기를 위한 표준계기출발절차(SID)가 이루어지는 구역"으로 설정하고 있다. 이 구역 내에서는 "통제장애물의 결정을 위한 장애물의 거리 측정 기준이 선회시작구역(Turn initiation area)과 제1 구역(Area 1)의 경계선으로부터 장애물까지의 최단 거리"이므로 활주로 쪽으로 가까운 장애물의 영향을 더 많이 받는다.

계기출발절차 중에 직진출발절차와 전방향 출발절차에 있어서는 기존장애물에 의해 신설장애물이 차폐될 때에는 영향이 적으나, 선회출발절차에 있어서는



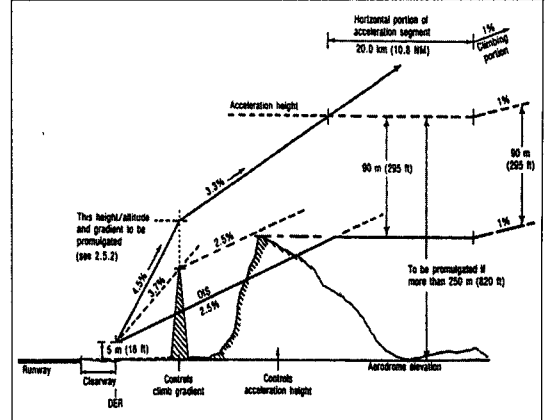
출처 : ICAO(1993), DOC 8168-OPS/611 Volume II "Aircraft Operations", pp.2~14.  
 DER : Departure End of Runway(출발활주로의 끝)  
 TP : Turning Point(선회 시작점)  
 C/L : Center Line(중심선)  
 VOR : Very High Frequency Omnidirectional Radio Range (항행안전시설의 일종인 전방향표지 시설)  
 NDB : Non-Directional Beacon(무지향표지시설)  
 ^ : Obstacle

〈그림 4〉 선회출발구역도

이미 차폐된 장애물이 〈그림 4〉와 같이 선회출발구역 내에 위치할 경우에는 새로운 장애물이 될 수 있다. 이 경우에 차폐된 장애물은 선회 출발절차의 선회 시작점(Turning point)결정에 영향을 주며, 〈그림 5〉와 같이 항공기최저순상승률(Aircraft minimum net climb gradient)을 결정하는데 영향을 주어 상승률을 증가시키고 과도한 상승율이 항공기 안전운항에 영향을 줄 수도 있다.

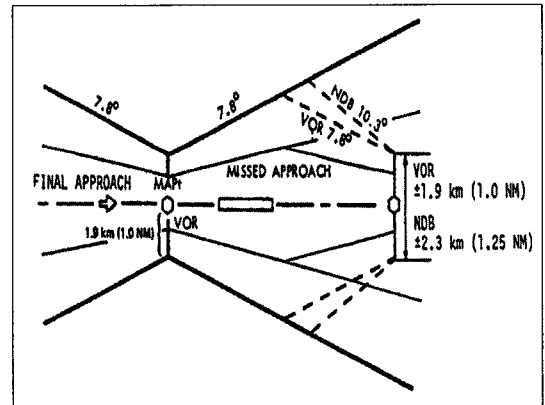
3) 계기접근절차의 최종접근구역 및 실패접근구역

ICAO에서는 〈그림 6〉에서와 같이 "계기출발절차의 최종접근구역(Final Approach Segment)의 대부분과 실패접근구역(Missed Approach Segment)의 1/3



출처 : ICAO(1993), DOC 8168-OPS/611 Volume "Aircraft Operations", pp.2~21.  
 DER : Departure End of Runway(출발활주로의 끝)  
 OIS : Obstacle Identification Surface(장애물 식별표 면)

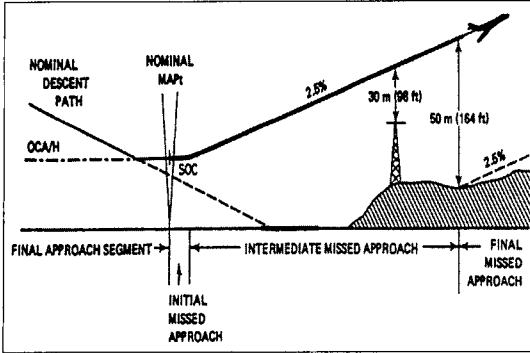
〈그림 5〉 계기출발 상승률 결정도



출처 : ICAO(1993), DOC 8168-OPS/611 Volume II "Aircraft Operations", pp.3~53.  
 MAPt : Missed Approach Point(실패접근시작점)

〈그림 6〉 최종접근 구역도

정도는 비행장 장애물 제한구역 내에 위치"하게 된다. 이 구역들은 "항공기가 착륙을 위한 항공기 자세 및 진로 유지와 최종 고도강하, 출력의 감소와 증가가 이루어지는 단계로서 항공기가 지상에 근접하고 조종 안정성의 유치가 어려우므로 지상장애물에 민감하고 비행안전에 가장 중요한 구역"이다. 이 두 구역의 크기는 계기접근절차에 이용되는 항행안전시설의 종류에 따라 다르나 실패접근지점(Missed Approach Point)에서 서로 연결되는 구역으로서 각각의 구역에 있는 장애물의 영향을 상호간에 미치며, 〈그림 7〉과 같이 최종접근구역의 최저강하고도(MDA/DH)와 실패접



출처 : ICAO(1993), DOC 8168-OPS/611 Volume II "Aircraft Operations", pp.3~42.  
 SOC : Start of Climb(상승 시작점)

〈그림 7〉 실패접근 고도

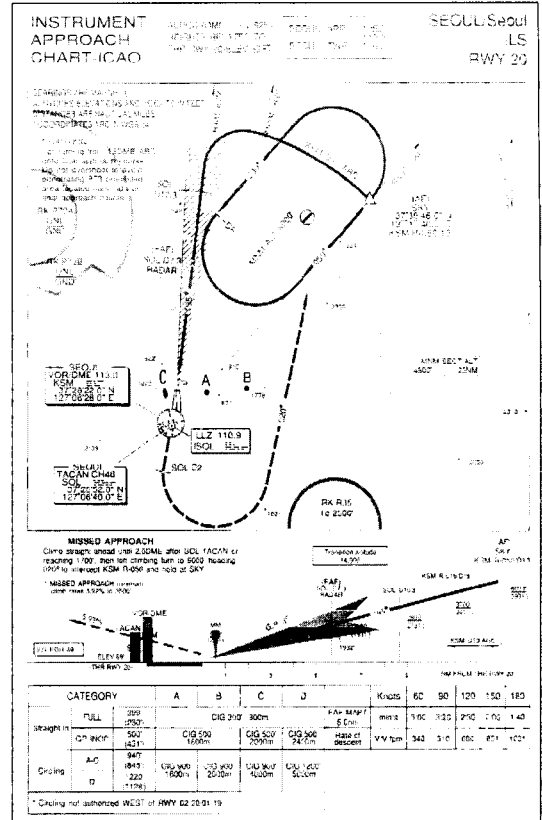
근고도를 결정하게 된다. 최저강하고도는 해당절차를 이용하는 항공기의 계기비행 강하 한계고도로서 이 고도 이상에서 조종사가 육안으로 비행장이나 기타 목표물을 식별하지 못하면 착륙에 실패한 것으로 간주하여 실패접근절차에 따라 다시 상승하여 복행하게 되는 것이다. 실패접근지점에서의 높이는 절차에 이용되는 항행안전시설의 종류, 실패접근지점의 위치에 따라 다르나 장애물에 대한 제한이 가장 높은 전이표면이나 진입표면을 포함하여 더 넓은 구역이므로 장애물의 영향을 더 많이 받게 된다.

이 구역 내에서는 원추표면이나 수평표면의 기존장애물에 의해 차폐된 신설장애물 일지라도 통제장애물(Controlling Obstacle)이 될 가능성이 높고 이로 인하여 비정밀절차의 최저강하고도나 정밀접근절차의 결심고도를 높여 비행안전과 효율적 운항에 영향을 미칠 수 있으므로 신설장애물의 설치에 심층적인 연구를 통하여 비행안전이나 효율적인 운항이 보장되어야 한다.

## 2. 서울공항의 사례 분석

### 1) 공항 현황

서울공항은 경기도 성남시에 위치하는 민·군 공용 공항으로서 성남 시청으로부터 서쪽으로 3km 떨어진 곳에 위치하며, 북·서쪽으로는 서울 송파, 강남, 서초구, 동·남쪽으로는 하남시 및 성남시, 분당신도시 및 판교 등 인구 밀집 고층 건물지역으로 둘러 싸여 있으나 공항 주위는 군용항공기지법에 의거 고도제한 구역으로 설정되어 건축제한을 받고 있는 지역이다.



〈그림 8〉 서울공항 계기접근도

항공정보간행물에 의하면 공항시설로는 2,950×45m와 2,743×45m의 2개 활주로가 있으나 주로 2,950m 활주로가 사용되고 있다. 무선항행안전시설로는 ILS/LLZ, ILS/GP, VOR/ DME가 설치되어 있고, 활주로등 등 9가지의 비행장 등화가 설치되어 있다. 이 시설을 이용하여 SEOUL RWY 19/20 SEOUL 5 등 계기출발절차 3개와 SEOUL VOR/DME RWY 20 등 계기접근절차 2개가 설정되어 항공기의 이착륙에 이용되고 있다. 동 공항에는 장애물제한표면이 설정되어 있으며 〈그림 8〉의 도면에서와 같이 이 표면보다 높은 영구적 장애물로서 대표적인 것은 전이표면 내에 있는 복우물산(84m), 수평표면내의 영장산(193m), 인릉산(327m), 원추표면 내의 검단산(534m) 및 청계산(480m)이 있다.

### 2) 차폐이론 적용 영향 분석

#### (1) 분석 대상 및 범위

차폐이론은 활주로를 중심으로 공항의 전 방향에



적용되므로 차폐이론 적용에 따라 공항장애물 제한표면보다 높은 신설 장애물이 무수히 생길 수 있다. 이런 장애물은 해당 공항의 각각의 이착륙절차에 각기 다른 영향을 미치므로 모든 이착륙절차에 대하여 모든 장애물을 고려하여 영향을 평가하기에는 많은 시간과 노력이 필요하다. 따라서 본 연구에서는 ICAO의 차폐이론을 적용하여 <그림 8>에서와 같이 핵심적인 영구장애물인 영장산과 검단산, 인릉산에 의하여 차폐되는 A(153m)와 B(406m), C(227m)의 장애물(건축물 또는 구조물)이 신설될 경우에 서울 공항의 계기접근절차인 SEOUL ILS RWY 19/20과 SEOUL VOR/DME RWY 19/20, 01/02활주로에서 출발하는 계기출발절차인 SEOUL 5의 절차로 한정하여 이들이 어떤 영향을 받는가를 분석한다.

**(2) 분석방법**

분석방법은 ICAO의 공역설계 규정인 ICAO DOC 8168-OPS/611 Volume II, AIRCRAFT OPERATIONS를 적용하여 A와 B, C의 장애물이 반영된 해당 계기접근절차와 계기출발절차를 재 설계하여 기존의 절차와 비교한다. 비교 내용은 항공기의 이착륙에 가장 영향을 많이 주는 최저강하 허용고도와 최저 상승률을 대상으로 한다.

**(3) 분석 결과**

**① 정밀계기접근절차**

정밀계기접근절차인 SEOUL ILS RWY 19/20은 <그림 8>과 같이 북쪽 방향에서 ILS(계기착륙장치)라는 항행안전시설을 이용하여 착륙을 위하여 접근하는 정밀계기접근절차로서 3도의 강하각도로 300피트까지 항공기내의 계기를 참조하여 강하하고, 300피트 이상에서 조종사가 활주로나 비행장 등화를 육안으로 확인 시에는 착륙을 하고 확인이 안될 때에는 착륙에 실패한 것으로 간주하여 복행을 하는 절차이다. 차폐이론에 따른 신설 장애물 A, B, C의 영향을 분석한 결과 이러한 장애물들이 절차의 결심고도(또는 최저강하고도)에 영향을 미치지 않은 것으로 판단되었다. 이는 정밀접근구역의 최종접근구역과 실패접근구역이 항공법상의 진입표면상에 위치하여 장애물 제한이 이루어지고 있고 제거가 불가능한 영구적 장애물이 있어 경사각이 3도 이상이 될 때에는 ILS 설치 및 정밀계기접근절차 수립이 허가되지 않기 때문이다.

**② 비정밀계기접근절차**

비정밀계기접근절차인 SEOUL VOR/DME RWY 19/20은 <그림 8>과 같이 북쪽 방향에서 VOR과 DME라는 항행안전시설을 이용하여 착륙을 위하여 접근하는 비정밀계기접근절차로서 VOR의 방향지시와 DME의 거리정보를 이용하여 900피트까지 강하 할 수 있는 절차이며 이 고도에서 육안으로의 확인 여부에 따라 착륙이 이루어지거나 복행하는 절차이다. 장애가 가능한 신설장애물 A, C를 검토한 결과 이 장애물들이 절차의 최저강하고도에 영향을 주지 않았다. 영향력이 큰 인릉산(327m)이 절차의 실패접근구역 경계선에 위치함으로써 최저강하고도 결정에 영향을 주어 차폐이론에 따른 C 장애물의 영향력이 자연이 소멸되었기 때문이다. 이 절차에 있어서 활주로의 위치에 따라 인릉산과 활주로의 거리가 300m 정도만 더 떨어져 있었으면 C 장애물이 최저강하고도의 결정에 영향을 미쳤을 것이다. 이는 서울 공항에서는 영향을 미치지 않았지만 다양한 공항 주위의 지형조건에 따라 다른 공항에서는 비정밀접근절차는 차폐이론의 적용에 따른 신설장애물의 영향을 받을 수 있다는 것을 의미한다.

**③ 선회접근절차**

선회접근절차에 있어서 영장산과 인릉산이 이미 영향을 주었으므로 이 산들의 차폐효과 아래에 있는 A와 C 장애물은 최저강하고도에 영향을 미치지 않았으나 B 장애물은 선회접근절차의 D 카테고리인 최저강하고도를 100피트 증가시키는 영향을 주었다.

**④ 계기출발절차**

SEOUL 5의 01/02 계기출발절차는 활주로부터 출발하여 기수방향 015도로 7마일까지 상승한 후에 090도로 선회하여 KSM 지점에 4,000피트로 도달하고, 다시 040도로 선회하여 18마일에 6,500 피트로 도달한 후에 다시 230도로 선회하여 배정된 항공로 고도로 진입하는 절차로서 최저 상승률은 5.43%이다. 재 설계하여 분석한 결과 A와 B, C 장애물로 인하여 최저 상승률이 증가하지 않았다. 이는 최저 상승률이 계기출발구역 내에 있는 다른 장애물의 영향에 의하여 결정되었다는 것을 의미한다. 또한 계기출발절차의 제1, 제2구역(Area 1, 2)이 항공법상의 장애물 제한이 가장 엄격한 진입표면 상에 위치하여

진입표면에서의 장애물의 제한이 계기출발절차의 상승률에 영향을 주는 장애물의 설치를 억제하고 있다는 것을 의미한다.

### 3) 분석 결과 시사점

이상에서와 같이 차폐된 장애물이 공항의 각종 비행절차에 미치는 영향을 검토한 결과 각각의 절차에 따라 그 영향이 다르나 공항 장애물 제한표면 중에서 수평표면이나 원추표면의 기존 장애물에 의해 활주로 쪽으로 차폐된 장애물의 설치는 계기비행 시의 비행 안전이나 공항의 공역 사용에 제한이 될 수 있다. 특히 공항 장애물 제한 표면의 범위 내에 속하는 비정밀계기접근절차의 최종접근구역이나 실패접근 구역 또는 선회접근구역은 차폐된 장애물이 최저강고도를 증가시킬 수 있으므로 이 구역 내에서는 차폐기준이 해당 공항의 각각의 절차에 대한 영향 평가를 거쳐 적용되는 것이 바람직하다.

이 절차의 적용을 간소화하게 하기 위하여 비행장의 장애물 제한 표면 중에 해당 비행장의 비정밀접근절차의 최종접근구역과 실패접근구역의 경계선을 도시하여 차폐기준의 적용 경계선으로 삼으면 비정밀접근절차의 최종접근구역과 실패접근구역이 대부분 이 경계선 안에 포함되므로 간편하게 차폐기준의 영향을 감소시킬 수 있다.

## V. 결론

국제적 기준이나 대부분 국가의 규정에서는 비행장 장애물 제한 표면을 침투하는 장애물은 제거되어야 하고 신설하지 못하는 것이 원칙이나 ICAO를 비롯한 5개 국가에서는 비행장 장애물 제한표면 내에서 기존의 제거 불가능한 영구적 장애물에 의하여 이미 차폐된 음영면에서는 신규장애물의 설치를 허용하는 차폐기준을 채택하고 있다. 이는 과도한 고도제한 규제에 따르는 사유재산권의 침해를 최소화하고, 의무적인 장애물 설치와 장애물 표시의 부담을 경감시키기 위해서이다. 그러나 ICAO나 FAA에서는 차폐기준을 채택하더라도 안전운항을 보장하기 위하여 차폐여부를 관련 당국이 판단하거나 항공학적 연구를 통하여 장애가 없음을 확인하여야 한다는 제한을 가하고 있다.

공항 장애물 제한 표면 내에서는 장애물 후면으로 차폐된 장애물은 공항의 공역사용에 영향을 주지 않으나 활주로 쪽으로 차폐될 수 있는 장애물의 신설은 공역사용이나 항공기 안전운항에 영향을 줄 수 있다. 특히 장애물 제한 표면 내에 포함되는 비정밀계기접근절차의 최종접근구역과 실패접근구역 그리고 선회접근구역에서는 이런 차폐될 수 있는 장애물일지라도 영향을 미치는 통제장애물이 될 수 있다. 이런 영향을 배제하기 위해서는 차폐이론에 따른 고도제한 완화를 포괄적으로 적용하기보다는 각각의 공항별로 차폐이론에 따른 장애물의 영향을 평가하여 적용하는 것이 바람직하다. 특히 장애물의 영향을 받을 때에는 제한표면 내에 해당 공항에서 이용되는 비정밀계기접근절차의 최종접근구역과 실패접근구역의 경계선을 도시하여 이 구역 내에서는 차폐기준의 적용을 제한하는 것이 바람직하고 효율적이다.

## 참고문헌

1. 건교부(2002), "항공법령".
2. 건교부(2002), "항공정보간행물".
3. 국방부(1997), "군용항공기지법".
4. 국방부(2002), "군용항공기지법 중 개정법률(안) 입법예고".
5. FAA(2001), "14 CFR Part 77.13, 15, 23, 27, 28".
6. FAA(1976), "Terminal Instrument Procedures" (FAA Order 8260.3B).
7. ICAO(1999), "Aircraft Operations"(Doc 8168-OPS/611 Volume II).
8. ICAO(1997), "Airport Service Manual Part 6" (Doc 9137-AN/898).
9. ICAO(1984), "Air Traffic Services Planning Manual"(Doc 9426-AN/924).
10. ICAO(1999), "ANNEX 14"(Aerodrome).

✉ 주 작 성 자 : 양한모

✉ 논문투고일 : 2002. 7. 4

논문심사일 : 2002. 10. 2 (1차)

2002. 10. 8 (2차)

심사판정일 : 2002. 10. 8

✉ 반론접수기간 : 2003. 2. 28