

## 論文

## 국내 P공항의 부지 제한조건을 고려한 로컬라이저의 최적위치 선정에 관한 연구

조환기\*, 김종범\*\*, 송병흠\*\*\*

### A Study on Determination for Location of Localizer Antenna under Area Restrictive Conditions at Domestic P-Airport

Hwan-Kee Cho\*, Jong-Bum Kim\*\* and Byung-Heum Song\*\*\*

#### ABSTRACT

This paper deals with an optimal determination process for the built-in location of localizer under restrictive siting area conditions of a domestic P-airport. Aerodynamic forces and moments acting on the localizer structure can be used a reference to find the safe distance from jet blast and the position at which the reasonable structural loading is applied. Wind tunnel experiment is conducted to measure aerodynamic loadings. The finite element analysis for structural deformation is employed to get the information of structural failure. A new localizer's position is determined by considering aerodynamic loading, structural strength and thermal loading due to jet blast. Deflector effect was also investigated in this study. In conclusion, the location of localizer can be placed at shorter than the current position and greatly decreased if the deflector is applied at the front of localizer.

**Key Words** : Localizer(로컬라이저), Jet blast(제트후류), Drag(항력), Pitching Moment(피칭 모멘트), Wind Tunnel Experiment(풍동실험), Deflector(디플렉터)

#### 1. 서 론

로컬라이저(LLZ, Localizer)는 활주로 시단에 설치되어 있는 계기착륙시설(ILS, Instrument landing system)의 하나이다. 이 시설은 전파를 송신하여 항공기에게 활주로 중심선에 관한 정보를 제공해주는 역할을 한다. 따라서 로컬라이저는 활주로 중심축선의 연장선에 설치되어있다. 하나의 로컬라이저는 여러 개의 독립적인 안테나

들을 그룹화하여 활주로 중심축을 기준으로 양쪽에 개별적으로 고정하여 설치한다.

항공기는 이륙하는 동안 많은 양의 엔진 배기가스를 고속으로 분출하게 된다. 활주로의 축을 기준으로 시단에 설치되는 로컬라이저는 항공기가 이륙 및 착륙하는 동안 엔진의 배기가스로 인하여 구조적인 손상이 발생할 수 있기 때문에 충분한 안전거리를 두어 약 300m 지점에 설치하는 것이 일반적이다. 그러나 국내 P 공항의 로컬라이저는 활주로 시단에서 160여m 떨어진 거리에 설치되어 운용되고 있다. 국제 및 국내 규정은 로컬라이저 설치 지점에 대한 권고 기준치의 준수가 어려울 경우 로컬라이저 성능에 문제가 없는 범위 내에서 각 공항의 사정에 적합하게 설치가 가능하도록 예외적으로 규정하고 있다[1]. 뉴질랜드 웰링턴 공항의 로컬라이저는 이러한 난점을 극복한 아주 좋은 예라 할 수 있다. 이 공항은 바다와 인접한 부지

2015년 02월 11일 접수 ~ 2015년 04월 16일 심사완료  
논문심사일 (2015.03.11. 1차)

\* 청주대학교 항공운항학과

\*\* 공군사관학교 항공우주공학과

\*\*\* 한국항공대학교 항공운항학과

연락처, E-mail : hwancho@cju.ac.kr

충북 청주시 청원구 대성로 298

특성 때문에 로컬라이저를 활주로 끝단에 인접하여 설치한 후에 디플렉터(deflector)를 적용하여 제트후류(jet blast)에 의한 손상을 방지하는 동시에 해수에 의한 침수에도 대비하고 있다[2].

최근에 추진되고 있는 국내 P 공항 활주로의 이전에 따라 로컬라이저의 위치도 현 위치에서 이동하여 설치하는 것이 필요하게 되었다. 이 경우 로컬라이저의 위치 선정이 국제적 기준 및 국내 기준에 적절하게 설치되어야 하지만 P 공항 주변의 상황은 이러한 기준의 충족을 더욱 어렵게 만들고 있는 것이 현실이다. 이 공항의 경우에도 로컬라이저 설치 위치에 대한 문제점을 해결하기 위해서 국제적 기준이나 국내 기준의 예외적 기준을 적용하는 것이 가능할 것이다[1,4].

로컬라이저의 위치 변경으로 인하여 예측되는 문제점은 항공기의 제트후류와 전파의 왜곡이다. 전파의 왜곡은 주변지역이 전파에 방해줄 만한 지형변화가 있거나 안테나 가림막과 같은 구조물이 설치되는 경우에 발생할 수 있지만, 여기서는 이러한 외적 요인을 고려하지 않기 때문에 검토하지 않는 것으로 가정한다. 그러나 로컬라이저의 설치 위치는 항공기 안전운항에 장애를 주지 않는 범위에서 최적 위치를 선정하는 것이 요구되므로 위치 변경에 따른 영향 요소를 과학적으로 평가하고 분석하는 것이 필요하다.

본 연구의 목적은 제한된 부지 여건과 제트후류의 영향만을 고려하여 P 공항의 이전에 따른 로컬라이저의 최적 설치 위치를 선정하는 것이다. P 공항의 입지 조건은 로컬라이저를 이전하여 설치할 수 있는 충분한 크기의 용지 확보가 어려운 것으로 확인된다. 현재 설치되어 있는 로컬라이저의 설치 위치도 규정에 제시된 기준보다는 해당 공항의 사정을 고려하여 설치되어 있는 상태이다. 따라서 본 연구에서는 현 공항에서 운영 중인 로컬라이저의 기능에 이상이 없으면서 항공기의 제트후류에 의한 영향이 문제가 되지 않도록 이전 설치 위치를 선정한다. 이를 위해서 풍동실험 및 전산해석 등을 통하여 로컬라이저의 최적의 위치를 선정할 수 있는 과학적 근거를 제시하고 최적 위치 선정 방안에 대하여 검토하고자 한다.

## 2. 본 론

### 2.1 로컬라이저의 설치 기준

로컬라이저는 활주로 시단(threshold)으로부터 적절한 거리를 이격시켜 설치하도록 규정되어 있

으나 공항에 따라서는 활주로의 부지 여건으로 인하여 규정된 거리를 충분하게 확보하지 못하는 경우 예외 규정을 적용하여 설치하는 것이 가능한 것으로 확인된다.

로컬라이저의 설치 위치를 정하는 기준은 국제 민간항공기구(ICAO) 부칙 10조[1]에서 로컬라이저는 활주로 시단으로부터 약 300m 지점에 설치되어야 하며, 활주로 중심선을 기준으로 120m를 넘는 지점에 장애물이 없도록 규정하고 있다. 또한 LLZ 안테나의 중심에서 반경 75m 주변에 장애물이 없어야 하는 것으로 정하고 있다.

미국 연방항공국(FAA)의 기준[3]에 의하면 공항에 설치되는 로컬라이저는 활주로 시단과 LLZ 안테나까지의 최적 거리가 305m(1000ft)이어야 하며, 최소 거리는 91.4m에서 183m까지를 기준으로 제시하고 있다. 주변 장애물에 대한 기준은 앞서 언급된 ICAO의 기준과 동일하다.

국내 항공법의 관련 기준은 항공법 제75조 제3항 및 항공법시행령 제18조 제2호(바)와 항공법시행규칙 제225조 제2항 별표39 등을 참고할 수 있다. 국토교통부에서 고시한 항행안전무선시설의 설치 및 기술기준[4]에 의하면, 로컬라이저는 활주로 시단으로부터 약 300m 떨어진 지점을 기준으로 설치하고, 전파보호 임계지역(critical area)은 장애물 제거 및 착륙대 경사각이 확보되어야 한다고 제시하고 있다. 다만, 지역적으로 설치 여건이 곤란한 경우에는 시설의 성능에 영향을 주지 않는 범위 내에서 설치위치를 조정할 수 있음을 함께 명시하고 있다.

앞서 살펴본 문서 및 기술기준들에 의하면, 로컬라이저 설치 위치는 공항의 입지 여건에 따라 설치 위치를 변경하는 것이 제한적으로 가능하다는 것을 알 수 있다. 어느 위치가 적절한가에 대해서는 여러 제한 조건을 고려하여 선택하면 될 것이다.

### 2.2 제트후류의 영향에 의한 검토

제트후류(jet blast)는 제트엔진의 배기구에서 분출되는 고속 및 고온의 열풍(thermal wind)이다. 따라서 활주로 시단에 설치되는 로컬라이저에 이륙 및 착륙 시에 영향을 미칠 수 있다. 항공기의 제트후류가 영향을 미치는 범위에 항행안전시설이 놓여 있다면 그 영향을 피할 수 없을 것이다. P공항의 경우처럼 로컬라이저가 가까이 설치되어 있는 경우에는 반드시 제트후류의 영향이 검토되어야 할 것이다. 로컬라이저의 이격 거리가 가까워지면 로컬라이저 구조물에 대한 제트후류의 영향이 증가될 것이다. 제트후류의 세기는 항공기에

장착된 제트엔진의 크기에 따라 달라진다. 강한 풍압과 열을 가진 제트후류가 어느 위치까지 큰 영향을 미치는가를 검증하는 것은 로컬라이저의 설치위치를 결정하는데 중요한 요소가 된다.

로컬라이저에 대한 제트후류의 영향은 전산유체해석방법과 풍동실험방법을 적용하여 측정 또는 계산할 수 있다. 본 연구에서는 풍동실험방법에 의한 공력을 측정하여 제트후류의 영향을 평가하고 그 공력에 구조물에 어떤 영향을 미치는가를 분석한다.

현재 P공항에 취항하고 있는 기종은 A320과 B737이다. 이 중에서 B737 항공기의 비행 특성 매뉴얼에는 제트후류에 의한 위험 영역이 항공기 꼬리날개로부터 후방으로 155m까지라고 기술하고 있다[6]. 이러한 위험 지역의 설정은 항공기 후류의 영향이 강하게 나타나는 영역임을 의미한다. B737 항공기가 이륙활주상태에서 제트후류의 속도 분포는 P공항의 로컬라이저 설치 위치인 164m 지점에서 약 32m/sec이며, 305m지점에서는 22.2m/sec의 유속이 분포되는 것을 매뉴얼의 자료로부터 계산하였다. 따라서 로컬라이저의 설치 위치는 이들 유속상태에서 로컬라이저에 작용하는 공력의 크기를 측정하고 이와 유사한 공력의 크기를 갖는 새로운 위치를 찾는 것이 유용할 것이다.

## 2.2.1 공력 측정 모델

로컬라이저의 공력은 제트후류로부터의 거리가 가까워져서 유속이 증가되면 유속의 제곱에 비례하여 증가된다. 로컬라이저에 영향을 미치는 공력 성분은 흐름방향의 항력 성분과 이 항력에 의한 모멘트가 될 것이다. 실험에 의한 공력의 측정은 풍동(wind tunnel)시설에서 이루어질 수 있는데, 풍동은 공기 흐름을 모사하고 항공기 모델이나 물체에 작용하는 공기력을 측정할 수 있는 장비이다. 풍동에서 실험할 수 있는 모델의 크기는 풍동 시험부의 크기에 따라 좌우된다. 로컬라이저의 실제 크기는 높이가 2m에 이르므로 실험 가능한 풍동 측정부의 높이를 고려하여 풍동 측정부에 적합한 크기인 1/2 스케일로 축소하여 제작하였다. 로컬라이저의 풍동실험 모델은 금속 봉재를 사용하여 제작하였다.

로컬라이저는 각각의 안테나가 독립적으로 지면에 고정되어 있다. 해당 공항에 설치된 로컬라이저는 총 20개이지만, 개별적으로 지면에 고정되어 있으므로 한 개의 안테나에 대한 공력 특성만 측정하면 된다. 그러나 실험모델은 상호간섭 효과를 고려하여 3개의 안테나 모델을 제작하였

다. 이는 인접한 로컬라이저 구조물 주변의 유동이 상호 간섭을 일으키게 되어 발생하는 공력의 영향을 고려하기 위한 것이다.

Fig. 1은 풍동 측정부에 설치된 공력 측정용 로컬라이저 안테나 모델의 모습이다. 공력 측정용 모델은 풍동 측정부의 중앙에 설치되어 있다. 모델 하부는 외장 밸런스의 지지기둥과 연결되어 있다. 공력 측정 모델은 풍동 바닥면과 직접 접촉되지 않도록 설치하여 모델에 작용하는 힘과 모멘트만 밸런스에 전달된다. Fig. 1에서 볼 수 있는 것처럼 공력 측정 모델의 좌측 및 우측에 설치한 더미(dummy)모델은 공력간섭효과를 포함하여 공력 측정하기 위한 것이다.

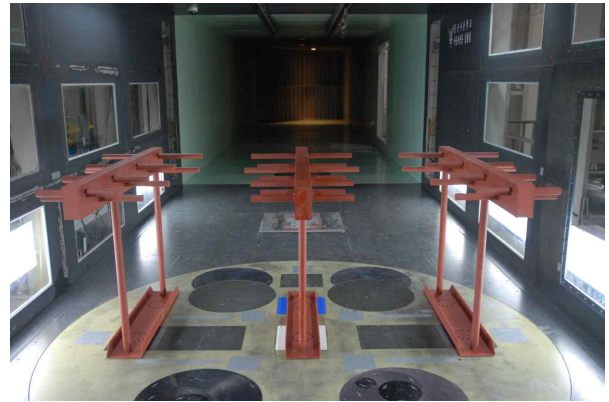


Fig 1. Localizer models installed in the wind tunnel test section

## 2.2.2 공력 측정 방법 및 결과

풍동시험부에 장착된 로컬라이저에 작용하는 공력을 측정하는 방법은 실험 모델을 풍동 측정부에 설치하고 모델의 축을 외장 밸런스의 지지대에 연결한다. 실험 모델이 설치되면 바람이 없는 상태(wind-off)에서 로컬라이저에 작용하는 공력 및 모멘트를 측정하는 것이 필요하다. 이들 측정값은 실제 공력값이 아닌 테어값이므로 바람이 있는 상태(wind-on)에서 측정된 값으로부터 이들 테어값을 제거해 주어야 한다. 유동의 영향에 의한 로컬라이저의 공력 및 모멘트 성분의 추출은 유속이 있는 상태에서 공력 및 모멘트를 측정하여 테어값을 제거해 줌으로써 얻는다.

풍동실험 절차는 로컬라이저 1개의 모델에 대하여 공력 및 공력모멘트를 측정하고 난후 더미(dummy)모델을 이용하여 상호 간섭효과를 측정하는 순서로 진행하였다. 중앙에 있는 로컬라이저의 공력은 2개의 더미 모델을 좌측 및 우측에 설치하고 측정하였다. 이런 방법을 적용하면 좌

측 및 우측에 설치된 로컬라이저에 의한 간섭효과가 포함된 공력을 측정할 수 있다. 공력 측정을 위해 적용한 실험 조건은 현재 설치된 로컬라이저에 작용하는 B737 항공기 제트후류의 유속 범위를 고려하여 22m/sec(305m 지점)에서 55m/sec(40m 지점) 사이에서 수행되었다.

로컬라이저에 작용되는 공기력은 풍동 측정부의 외부에 장착된 외장밸런스에 의해 이루어졌다. 풍동측정부의 유속이 목표치 유속에 도달하여 안정되면 총 100개의 샘플링 데이터를 획득한 후 이들의 평균값을 사용하여 요구되는 측정치를 구하게 된다. 모델에 작용하는 항력 성분 및 피칭모멘트의 계산은 아래의 식에 의해 계산된다.

$$D = C_D \frac{1}{2} \rho V^2 S, \quad M = C_M \frac{1}{2} \rho V^2 S c \quad (1)$$

여기서, D는 로컬라이저 길이 방향인 흐름방향의 힘인 항력을 나타내고, M은 지지점을 기준으로 한 로컬라이저에 작용하는 피칭모멘트를 나타낸다.  $\rho$ 는 공기밀도이며, V는 유속, S는 기준면적, c는 기준 길이를 나타낸다. S는 로컬라이저의 평면투영 면적이 사용되었으며, c는 로컬라이저 안테나의 중앙 지지막대의 흐름방향 길이인 세로 길이로 정의하였다.

Fig. 2는 공기 흐름 방향의 힘성분인 항력의 크기를 간섭효과를 고려하지 않고 단일 모델만을 측정할 경우(C)와 좌우에 모델을 추가로 설치하고 측정할 경우(LCR)를 함께 나타낸 것이다. 이 그림에서 간섭효과에 의한 항력의 증가분이 존재하고 있음을 볼 수 있지만 그리 큰 영향을 미치는 않으며 유속이 증가됨에 따라 간섭항력의 크기도 커지고 있음을 볼 수 있다. 항력의 크기는 공기속도의 제곱에 비례하므로 유속의 증가에 따라 비선형적으로 증가되어야 한다. 이는 로컬라이저에 작용하는 흐름 방향의 힘은 항력식에서 예상할 수 있는 것처럼 이론적으로 유속의 제곱에 비례하여 증가되므로 제트후류의 유속이 증가될수록 비선형적으로 비례하여 더 큰 공력이 작용하게 될 것이라는 것을 의미한다.

Fig. 3은 로컬라이저에 작용하는 피칭모멘트를 지지점을 기준으로 나타낸 것이다. 즉 로컬라이저에 작용하는 피칭모멘트는 구조물이 고정된 바닥을 중심으로 흐름방향으로 작용하는 모멘트를 측정하는 것이다. 식(1)에서 알 수 있는 것처럼 피칭모멘트는 유속의 증가에 따라 비선형적으로 증가된다.

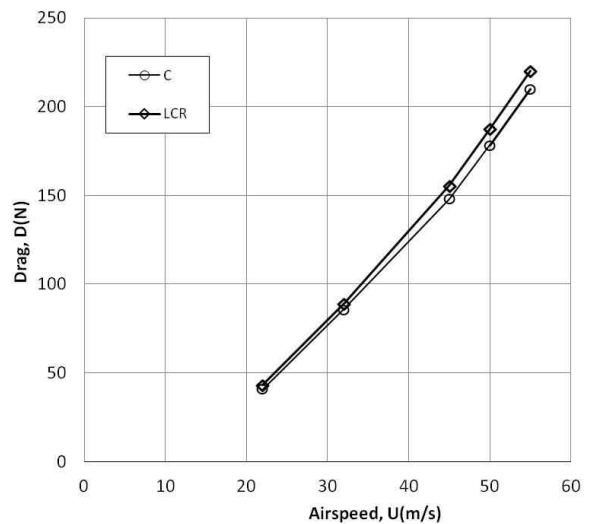


Fig 2. Drag with the variation of airspeed (C:center, LCR:left/center/right)

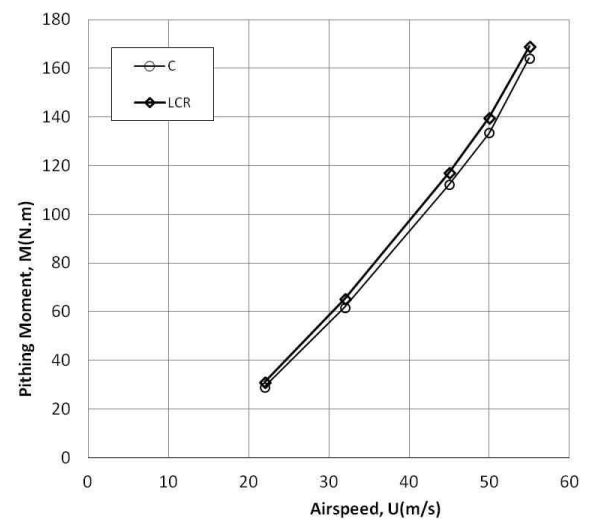


Fig 3. Pitching Moment with the variation of airspeed

### 2.2.3 디플렉터(deflector) 효과

디플렉터란 바람의 흐름 방향을 바꾸어주기 위한 장치로서 바람 가림막과 같은 역할을 한다. 보통 공항에서 제트후류의 방향을 피해가 적은 방향으로 바꾸어주기 위해 사용하는 장치이다. 이러한 디플렉터의 개념은 로컬라이저에 영향을 주는 제트후류의 영향을 최소화하기 위한 방법으로 적용할 수 있다. 디플렉터는 여러 가지 형태가 고려될 수 있으나 본 연구에서는 로컬라이저 설치 환경 및 전파 방해가 적고 디플렉터 자체의 구조적 안

전성을 고려하여 Fig. 4와 같은 형태의 간헐적인 막대 스크린형 디플렉터를 선택하였다. 디플렉터의 높이는 로컬라이저와 같은 높이가 되도록 제작하였다. 디플렉터의 폭은 75mm이며, 길이가 긴 판재형 막대를 사용하였다. 디플렉터는 로컬라이저 앞에서 흐름의 일부를 막아주고 입사방향을 변경시킴으로써 로컬라이저에 작용되는 공기력을 감소시키는데 효과적 수단이 된다. 디플렉터는 풍압의 영향을 고려하려 폐쇄형이 아닌 개방형으로 제작된 것으로 일정 수준의 바람이 통과될 수 있도록 설계하였다. 디플렉터를 바람이 통과할 수 있도록 만들어준 이유는 항공기 후류의 유속 및 유량이 매우 크기 때문에 폐쇄형으로 제작할 경우 디플렉터 구조물에 작용되는 공기력이 너무 커져서 예기치 않은 파괴가 발생할 수 있기 때문이다.



Fig. 4 Deflector at front of localizer in the test section

Fig. 4는 풍동시험부의 내부에 설치된 디플렉터의 모습이다. 디플렉터는 로컬라이저의 전방에 인접하여 1h(h: 로컬라이저의 높이) 및 2h 만큼의 거리를 둔 위치에 고정하였다. 디플렉터가 설치된 로컬라이저의 공력 측정을 위한 실험 유속은 22m/sec에서 45m/sec 사이에서 선정되었다.

Fig. 5는 디플렉터가 설치된 상태에서 로컬라이저에 작용하는 공력(D) 및 피칭모멘트(PM)을 측정된 결과를 보여준다. 이 그림에서 디플렉터의 설치 거리가 가까워지면 디플렉터에 작용하는 공력의 영향은 현저하게 감소되어짐을 볼 수 있다. 특히 1h(디플렉터 높이만큼의 거리)의 거리보다 먼 위치에 설치되는 경우에 그 영향이 감소되고 있음을 알 수 있다. 디플렉터의 위치에 따라 로컬라이저가 영향을 받는 공력 크기가 다소 영향이 있을 지라도 디플렉터의 사용은 로컬라이저에 미치는 공력을 현저하게 감소시키고 있음을

알 수 있다. 여기서 측정된 공력치들은 Fig. 2와 Fig. 3에 제시된 값들과 비교해보면 매우 작은 것을 알 수 있다. 디플렉터의 위치가 로컬라이저에 보다 근접하여 설치되는 경우에 피칭 모멘트(PM) 및 항력(D)이 더 크게 감소하였다. Fig. 2 및 Fig. 3에 제시된 값들과 Fig. 4에 제시된 값들을 비교해보면 항력은 최소 1/12배의 감소되었으며, 피칭모멘트는 최소 1/7배의 감소가 이루어졌음을 알 수 있다. 이는 디플렉터를 지난 공기 흐름 속도가 감소되고 흐름이 분산되기 때문인 것으로 보인다. 디플렉터의 설치 위치에 따른 공력의 변화는 로컬라이저에 인접하여 설치되는 경우에 가장 효과가 크며 1h 이상 떨어져 설치되면 공력의 감소가 작은 것을 알 수 있다.

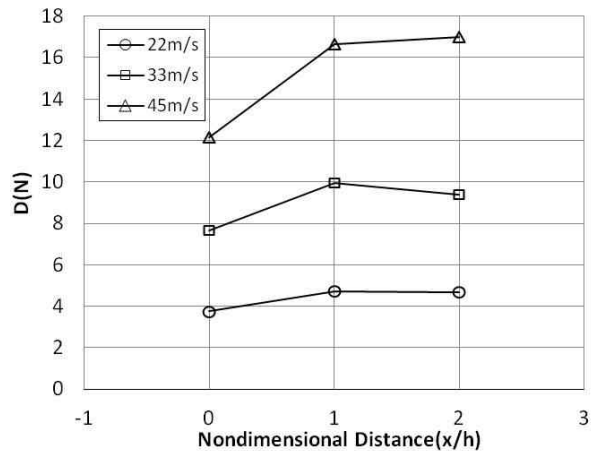


Fig. 5 Deflection effect on Drag with distance

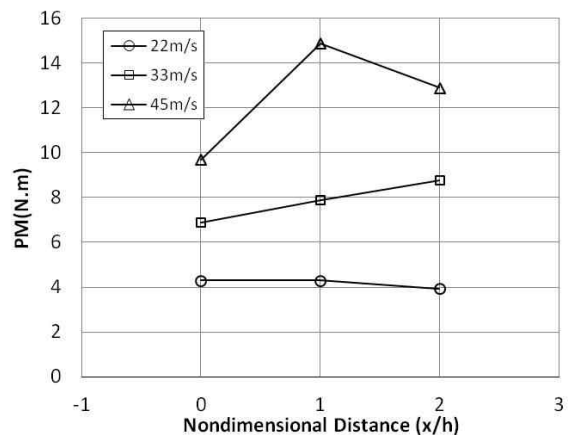


Fig. 6 Deflection effect on pitching moment with distance

### 2.2.4 디플렉터 주변의 유동 가시화

디플렉터가 설치된 경우 로컬라이저 주변 유동을 관찰하는 것은 로컬라이저에 미치는 공력의 영



향을 분석할 수 있는 정성적인 자료를 제공해 줄 수 있다. 디플렉터 주위의 유동은 스모크 발생장치를 이용하여 유속 10m/sec에서 흐름을 가시화하였다. Fig. 7은 디플렉터 주위를 지난 공기 흐름이 로컬라이저에 직접 입사되지 않고 분산되며 난류 흐름으로 변화되고 있는 것을 관찰할 수 있다. 로컬라이저 안테나 주위를 지나가는 공기의 흐름은 전방의 안테나 봉에서 유선이 잘 형성되고 후방의 안테나에서는 난류 형태의 공기 흐름으로 변화됨을 볼 수 있다. 이는 공기 흐름이 뒤쪽으로 가면서 분산되고 난류화되고 있는 것을 의미하는 것이다. 흐름 가시화를 통하여 관찰되는 공기 흐름의 분산은 로컬라이저에 작용하게 될 공기량을 감소시켜 공력 감소의 원인이 됨을 알 수 있다.

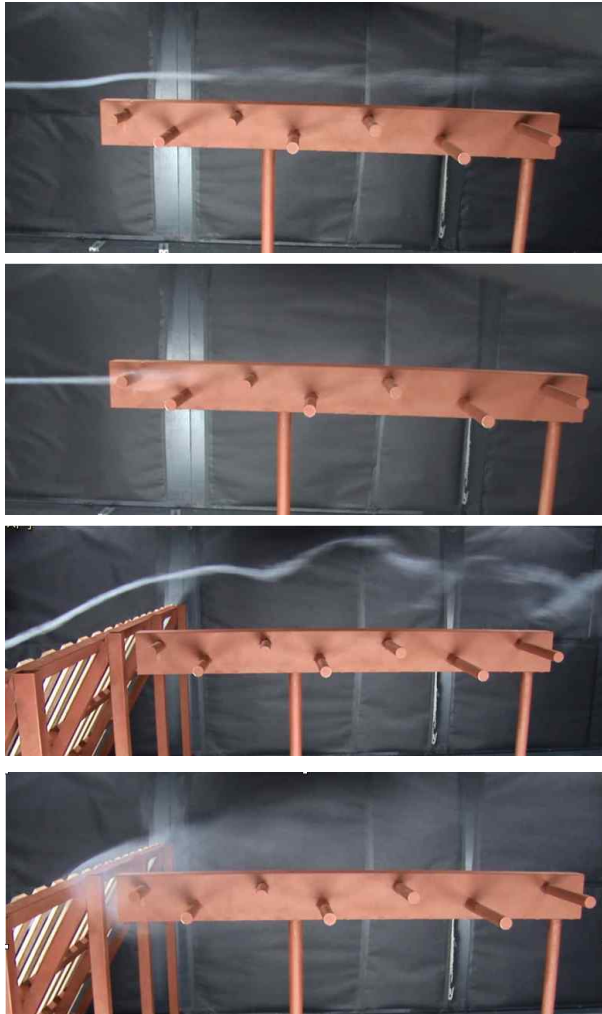


Fig. 7 Flow visualization around a localizer with deflector by smoke wire technique

## 2.3 안테나 구조물의 작용 하중

강한 제트후류의 흐름 속에 놓인 로컬라이저 안테나는 주위를 흐르는 공기 흐름에 의한 공력이 발생한다. 공력의 발생으로 인한 공력 하중은 로컬라이저 구조물의 구조적 안전성에 영향을 미칠 수 있다. 그러나 또 다른 측면에서 로컬라이저 구조물은 항공기 충돌 시에는 쉽게 부서질 수 있도록 설계하도록 규정하고 있기 때문에 무조건 강도를 크게 제작할 수는 없다[5]. 풍동실험을 통하여 측정된 로컬라이저에 작용하는 공력은 구조 하중으로 작용하며, 이러한 구조하중이 안테나 구조물에 회전 모멘트도 발생시킬 수 있다.

Fig. 8은 상용 구조해석 프로그램인 NX Nastran으로 입력된 로컬라이저의 형상이며, 54,556개의 삼각뿔 요소(tetrahedral element)와 90,718개의 노드(node)로 Mesh를 나누어 주었다.

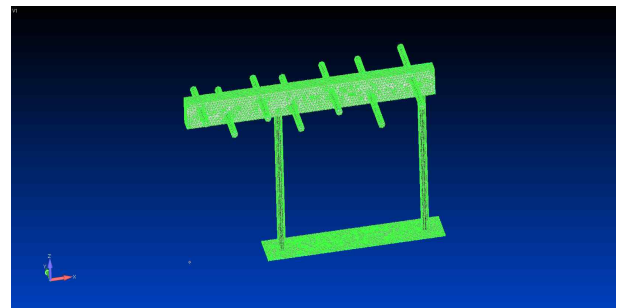


Fig. 8 Finite element mesh on the localizer

위의 해석 모델에 해당 재료의 물성치를 부여하고, 경계조건(boundary condition)으로 지면과 닿는 플레이트에 연결되는 지지대 아랫부분을 지면에 고정하였다. 하중(load)은 Fig. 9와 같이 원점 기준으로 (0.7475, 0, 1)에 힘(209.8788, 0, 0)과 모멘트(0, -45.7132, 0)를 부여하였다.



Fig. 9 Load applied on the finite element model

로컬라이저에 대한 유한요소 해석을 해 본 결과, Von-Mises Stress는 지지대와 위/아래에 위치한 플레이트 연결 부분에서 최대 약 6.45MPa의 응력이 발생하였다. 전단응력( $\tau_{zx}$ )은 Von-Mises 응력이 최대로 발생했던 지지대 연결 부분에서 최대 약 1.66MPa의 전단응력이 발생하였다. 저탄소강의 인장 및 압축 파괴응력은 약 333MPa이고, 전단 파괴응력은 약 284MPa로 구조 해석 결과에서도 출한 최대 응력과 전단응력은 파괴응력에 비해 굉장히 작은 값이기 때문에 구조물의 안전성에 영향을 미치지 않는 것으로 확인되었다.

Fig. 10은 구조물의 변위를 과장해서 표현한 결과를 보여준다. y축과 z축 방향으로 공력에 의한 최대 변위(displacement)는  $1.21826 \times 10^{-7}m$ ,  $6.6778 \times 10^{-6}m$ 로 굉장히 작은 값으로 나타났으나, x축 방향으로의 변위는 하중이 작용한 주방향이기 때문에 그 영향이 가장 큰 것으로 확인되었다. 최대 변위의 크기는 0.182mm로 나타났다.

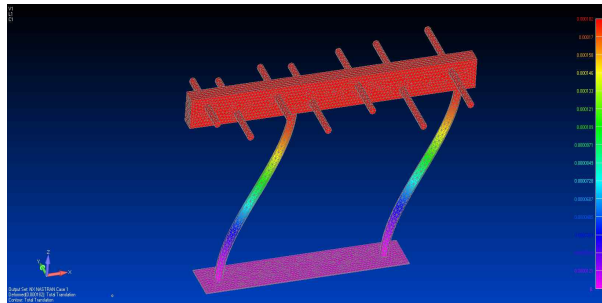


Fig. 10 Total translation of the localizer model

Fig. 11은 로컬라이저에 작용하는 항력과 피칭 모멘트의 영향으로 발생한 로컬라이저 구조물의 실제 변위를 나타내었는데, 변위의 크기가 작기 때문에 원래 모델의 형상에서 거의 변화가 없음을 알 수 있다.

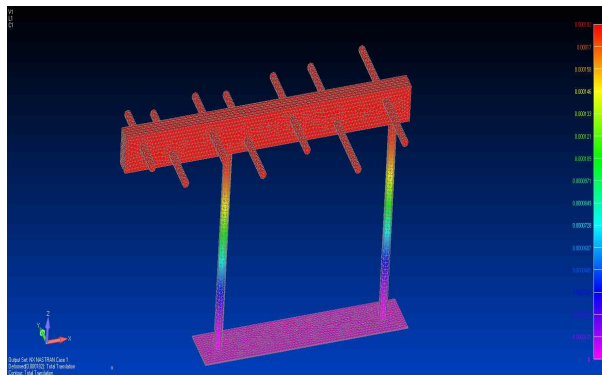


Fig.11 Actual deformation of localizer

로컬라이저의 위치 결정을 위해서 추가적으로 검토해야 할 사항은 제트후류의 열원이다. 제트 후류는 항공기 엔진의 배기가스이므로 열을 포함하고 있다. 따라서 로컬라이저가 너무 가까이 설치된다면 열에 의해 손상을 받을 수 있을 것이다. 로컬라이저에 유속 43m/sec인 제트후류가 불어 올 경우 로컬라이저의 온도분포는 지지대의 뒷쪽 부분에서 최대온도는 313K(39.85℃)였으며, 최저 온도는 309°K(35.85℃)로 온도 차이는 4℃로 작게 나타났다.

일반적으로 구조물의 열 변형률(thermal strain)은  $\epsilon_T = \alpha(\Delta T)$ 로 나타내므로 열팽창계수(coefficient of thermal expansion)와 온도변화에 비례한다. 저탄소강의 경우 열팽창계수  $\alpha$ 는  $1.12 \times 10^{-5}/\text{℃}$ 의 값을 가진다. 열에 의한 변형량(strain)은  $\delta_T = L \epsilon_T = L \alpha(\Delta T)$ 의해 구해질 수 있다. 지지대 단면의 지름이 42.7mm이므로, 열팽창계수와 온도변화 값을 이용하여 로컬라이저의 열에 의한 변형량을 쉽게 계산할 수 있다. 로컬라이저는 열에 의해  $1.913 \times 10^{-3}mm(1.913\mu m)$ 의 아주 작은 변형이 발생하므로 열이 구조물에 미치는 영향은 매우 적은 것으로 판단된다.

### 3. 결 론

본 연구는 국내 P-공항 활주로의 시단에 설치된 항행안전시설의 하나인 로컬라이저에 제트 후류의 영향과 공항의 입지적 여건에 대한 제한조건을 고려하여 최적의 설치 위치에 대하여 연구하였다. 연구 결과 얻어진 결론은 다음과 같다.

첫째, 로컬라이저에 작용하는 공력의 효과를 측정하고 이격거리에 따른 속도변화 및 공력을 측정해 본 결과 현재의 위치를 유지하는 것이 적절하다고 판단되나, 공기력의 효과는 비교적 영향이 적은 편으로 항공기 정비 매뉴얼 상의 위험지역인 155m까지 감소시키는 것이 가능한 것으로 판단된다.

둘째로, 로컬라이저에 미치는 공력이 구조물의 하중으로 작용할 경우 일정한 거리에 위치한 로컬라이저의 구조물에 큰 변형을 발생시키지 않으므로 구조상의 문제는 중요한 요소는 아니다.

셋째로, 디플렉터를 설치한다면 로컬라이저에 영향을 미치는 제트후류의 항력효과가 1/12만큼, 피칭모멘트가 1/7만큼 감소하므로 로컬라이저의 설치를 위한 이격거리를 100m 이내까지도 감소시킬 수 있을 것으로 판단된다.

마지막으로, 제트후류의 열에 의한 손상은 거

리가 37m 이상만 된다면 큰 문제는 없는 것으로 판단된다. 다만, 바람의 영향이나 열에 대한 지속적인 노출의 경우를 고려할 때 안전도의 향상시키는 방향으로 좀더 이격시켜 설치하는 것이 바람직한 것으로 보인다.

본 연구결과는 국내 P-공항의 로컬라이저 설치 환경을 고려하여 연구된 것이다. 디플렉터가 전파의 전달 경로를 크게 방해하지 않는 것으로 가정하여 로컬라이저의 설치 위치에서 전파의 영향성에 대한 것은 연구 범위로 하지 않았으나, 향후 디플렉터를 설치하는 경우 로컬라이저에 대한 전파의 간섭이나 로컬라이저에서 전달하는 전파의 수신 감도에 대한 검증이 필요할 것으로 판단된다.

Blast, Deflector Fences, Lynnco Technical Data, Blast Deflectors, Inc., 2015.

### 참고문헌

- 1) ICAO Annex 10, Aeronautical Telecommunications, Attachment C, 1996.
- 2) King, M. , ILS Innovations at Wellington International ICAO Journal, Vol. 64, No. 3, pp. 28-30, 2009.
- 3) Siting Criteria for ILS, FAA Order 6750.16D, 2005. 2.
- 4) 국토교통부, 항행안전무선시설의 설치 및 기준, 항공안전본부 고시 제2012-287호, 2012. 5.
- 5) Aerodome Design Manual, Part 6, Frangibility, ICAO DOC 9157, 2006.
- 6) B 737 Airplane Characteristic Manual for Airport Planning, DS58325-6, 2005. 10.
- 7) FAA, Advisory Circular, Frangible connections, AC No. 150/5520, 2009. 4.
- 8) P-3 Flight Instructor's Guide, US Navy, 2008.
- 9) Chen, H. C. and Patel, V. C., "Near-Wall Turbulence Models for Complex Flows Including Separation", AIAA Journal, Vol.26, No. 6, pp.641-648, 1988.
- 10) Wang, Y. Q., Jackson, P. L. and Ackerman, J. D., "Numerical Investigation of Flow over a Sphere using LES and the Spalart-Allmaras Turbulence Model", Computational Fluid Dynamics Journal, Vol. 15, No. 1, pp. 198-205, 2006.
- 11) Lien, Fue-Sang, "A pressure-based unstructured grid method for all-speed flows", International Journal of Numerical Methods in Fluids, Vol. 33, No. 3, pp. 355-374, 2000.
- 12) <http://www.bdi.aero/jet-blast-deflectors/>