

전투기와 민간 항공기의 소음특성과 평가에 관한 연구

A Study on the Noise Characteristics and Assessment of Fighter and Civil Aircraft

주경민* · 이종석** · 김덕한** · 송화영*** · 이동훈****

Kyung-Min Ju, Jong-Seok Lee, Deok-Han Kim, Hwa-Young Song, Dong-Hoon Lee

Key words : Civil Aircraft Noise(민간 항공기 소음), Duration Time(지속시간), Dynamic Characteristics(동특성), Equivalent Noise Level(등가소음레벨), Fighter Noise(전투기 소음), WECPNL(가중등가지속 감각소음레벨)

ABSTRACT

This paper describes the problems in measuring and evaluating the aviation noises and the differences on the noise characteristics between fighter and civil aircraft. From a standpoint of the duration time for aviation noise and the dynamic characteristics related with the sampling time, the measured values for landing and taking-off noises from the fighter are presented and explained in comparison with those from the civil aircraft. And also the aviation noises by the fighter and civil aircraft are evaluated by equivalent sound level and WECPNL, respectively. From the obtained results, it is recommended that the duration time and dynamic characteristics be deeply considered in evaluating and measuring the aviation noises, since they have a great influence on the final assessment results. As the number of flight is not sufficient and the noise source is strong impulse type, moreover, the aviation noise should be assessed by WECPNL.

1. 서 론

최근 환경에 대한 사회적 인식이 높아지면서 민·군 겸용 공항주변의 경우 전투기 소음이 주민생활에 많은 피해를 유발시켜 심각한 사회문제로 대두되고 있다.

일반적으로 전투기 소음은 민간 항공기 소음보다 매우 심각한 피해를 유발시킨다는 사실은 잘 알려져 있지만 현재 국내에서는 이에 대한 명확한 구분없이 측정·평가하고 있어 공항 주변지역 주민들의 피해상황을 명확히 산출하는데 문제가 있다는 것을 선행 연구에서 밝힌바 있다.⁽¹⁾

본 연구에서는 선행연구에서 제시된 문제점에 대해 좀더 명확한 검증을 위해 민간 항공기와 전투기가 모두 운용되고 있는 OO공항의 이륙지점에서 약 3.8 km에 위치한 단층 건물의 옥상에서 100 ms 간격으로 이륙소음을 정밀 측정하고 비교·분석하여 전투기 소음의 측정과 평가방법에 대한 문제점들을 고찰하고, 이에 대한 개선점을 제시하고자 한다.

2. 전투기 소음평가 방법의 문제점

Fig. 1의 (a)는 전투기의 이륙소음 특성을 나타낸 것이다. 소음 레벨이 100 dB(A)이상 급격히 상승하면서 30초 이상 지속되는 것을 알 수 있으며, 그림 (b)의 경우는 동일한 지점에서 전투기가 착륙할 때의 소음특성을 도시한 것이다. 그림 (a)에서와 같이 100 dB(A)이상으로 레벨이 급격히 상승하지만 지속시간은 감소하는 것을 볼 수 있다.

Fig. 2는 동일한 지점에서 측정한 민간 항공기의 이·착륙시의 소음특성을 도시한 것이다. Fig. 1의 전투기 이륙소음 특성과 비교해 볼 때 소음레벨이 좀 더 완만하게 상승하고 지속시간은 더 짧은 것을 볼 수 있으며, 착륙 소음 특성도 이륙 시와 거의 유사한 특징을 보이고 있다.

Fig. 1과 Fig. 2에서의 소음레벨은 소음진동공정시험법상 항공기 소음에 대한 정의인 「대상 항공기 소음은 원칙적으로 암소음보다 10 dB(A)이상 크고 항공기 소음의 지속시간이 10초 이상인 것으로 한다.」에서와 같이 암소음이나 주변 생활소음과 확연히 구분되는 것을 볼 수 있다. 이처럼 항공기 소음이 암소음과 확연히 구분되는 특성으로 볼 때 전투기와 민간 항공기의 소음 측정과 평가에 있어서 지속시간에 대한 보정은 반드시 필요할 것으로 사료된다.

서울산업대학교 소음진동연구센터

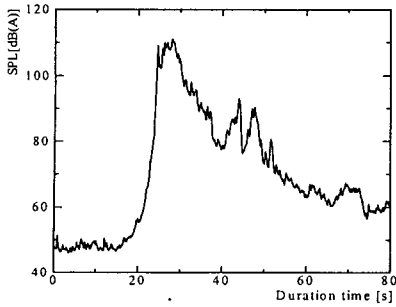
* E-mail : kmju815@snu.ac.kr

Tel : (02)970-6331, Fax : (02)970-7331

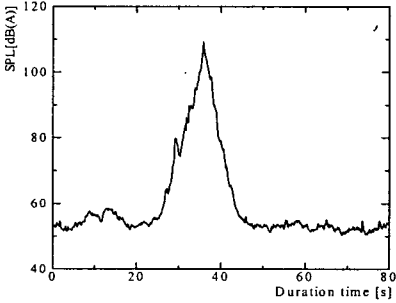
** 서울산업대학교 산업대학원 기계공학과 석사과정

*** 서울산업대학교 에너지환경대학원 에너지시스템공학과 석사과정

**** 서울산업대학교 에너지환경대학원 에너지시스템공학과

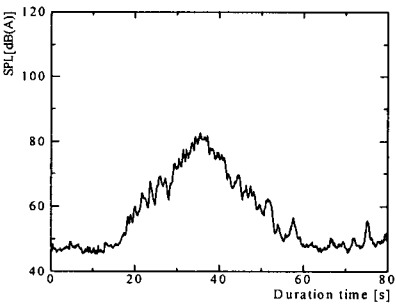


(a) Time history of taking-off noise

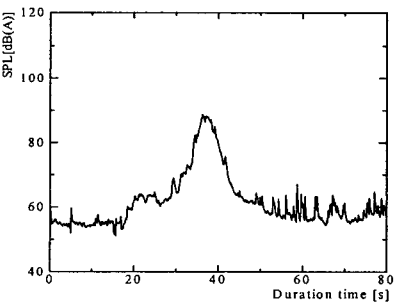


(b) Time history of landing noise

Fig. 1 Time histories for the taking-off and landing noises from a fighter



(a) Time history of taking-off noise



(b) Time history of landing noise

Fig. 2 Time histories for the taking-off and landing noises from a civil aircraft

2.1 지속시간 보정에 대한 문제점

소음진동공정시험법에서는 항공기 소음 평가 시 비행횟수, 비행시간 및 평균 최고 소음도외에도 지속시간에 대한 보정값을 식 (1)과 같이 가산하도록 하고 있다. 「지속시간 평균치 \bar{D} 는 압소음 레벨보다 10 dB(A)이상 높은 항공기 소음이 지속되는 시간을 말하며, 지속시간이 30초 이상인 경우는 다음 식을 이용하여 계산한다.」⁽²⁾

$$\Delta\alpha = 10 \log \frac{\bar{D}}{20} \quad (1)$$

민간 항공기의 경우는 저소음 엔진과 일정한 비행 패턴으로 지속시간이 대부분 30초를 넘지 않지만, 전투기의 경우는 비행시간, 비행패턴 등이 훈련목적에 따라 매우 불규칙적으로 변동하는 특성을 갖기 때문에 지속시간이 대부분 30초를 초과한다. 따라서 전투기의 경우 지속시간에 대한 보정을 적용하지 않을 경우 정확한 소음 피해를 평가하는데 문제가 있을 것으로 사료된다.

2.2 등가 소음도를 이용한 소음평가의 문제점

국내에서 항공기 소음은 ICAO에서 제안한 WECPNL을 사용하여 다음 식으로 평가하고 있다. 여기서, $\bar{L}_{A,max}$ 는 1일 동안의 평균 최고 소음도이며 N은 운항 시간대의 구분이다.

$$WECPNL = \bar{L}_{A,max} + 10 \log N - 27 \quad (2)$$

또한 공항주변에는 항공기 소음뿐만 아니라 도로교통소음과 생활소음 등이 혼재하므로 최근 몇몇 연구문헌에서는 항공기 소음을 다음과 같은 경험식을 이용하여 평가하고 있다.⁽³⁾

$$WECPNL = L_{eq,24h} + 13 \quad (3)$$

식 (3)에서 $L_{eq,24h}$ 는 24시간 등가소음레벨을 뜻한다. 특히 식 (3)은 민간 항공기 소음을 다른 환경소음과 동일 차원에서 비교 평가할 수 있다는 장점이 있으나, 이 경우 항공기 운항이 일정시간 간격으로 매우 빈번한 큰 규모의 공항이어야 한다는 조건과 전투기 소음과 같이 과도소음이 아닌 준정상상태의 소음 조건이 충족될 때만이 식 (3)의 적용이 유효할 것으로 판단된다.

2.3 동특성 설정에 대한 문제점

환경부에서 고시한 소음·진동공정시험방법에 의하면

민간 항공기 소음은 「소음계의 동특성을 느림(Slow)을 사용하여 측정하여야 한다.」라고 명시되어 있다.⁽²⁾ 전투기의 경우는 민간 항공기와는 달리 비행특성과 비행시간, 비행패턴 등 훈련목적에 따라 불규칙하고 변동이 심한 소음을 발생시키며, 특히 이륙 시에는 강한 충격성 소음을 발생시킨다. 그러므로 전투기의 경우는 소음계의 동특성을 느림(Slow)으로 설정하고 측정하면 데이터 손실이 발생하므로 빠름(Fast)으로 설정하고 측정하는 것이 적절하다고 판단된다.

3. 전투기 소음평가 방법에 대한 고찰

3.1 지속시간을 반영한 WECPNL값 비교

Table 1은 OO공항의 이륙지점에서 동일한 대수의 민간 항공기와 전투기의 이륙소음을 측정하여 평가한 WECPNL 값과 이 값에 식 (1)을 이용하여 지속시간을 반영하여 평가한 *WECPNL 값을 비교한 것이다.

Table 1에서 민간 항공기의 경우 평균 지속시간이 25.4 초로 지속시간 반영이 불필요하지만, 전투기의 경우 평균 지속시간이 45.1초로 식 (1)에 대한 보정을 할 경우 WECPNL값과 비교할 때 3.6 dB(A) 정도 높아지는 것을 알 수 있다. 이 결과에서 알 수 있듯이 전투기의 정확한 소음피해 측정을 위해서는 지속시간을 반영하는 것이 바람직하다는 사실을 확인할 수 있다.

Table 1 Effect of the duration time on WECPNL values [dB(A)]

비행기종 구	$L_{A(max)}$	$\overline{L_{A(max)}}$	총 비행 횟수	WECPNL	*WECPNL
민간 항공기	84.4	74.4	14	61.9	-
전투기	108.1	104.7	14	89.1	92.7

3.2 평가방법에 따른 WECPNL값 비교

Table 2는 09:08 ~ 20:30 사이에 측정된 민간 항공기(14대)와 전투기(60대)의 등가소음레벨($L_{eq,24}$)과 평균 최고 소음도($\overline{L_{A,max}}$)를 식 (2)와 식 (3)에 대입하여 1일간의 WECPNL과 *WECPNL을 평가하여 측정 대상 비행기종에 따라 비교한 결과이다.

Table 2에서 먼저, 등가소음레벨의 경우 민간 항공기만을 고려했을 경우 57.2 dB(A)이며 전투기만을 고려했을 경우 79.9 dB(A)이다. 이 결과를 등가소음레벨을 이용한 약식 평가방법인 식 (3)에 대입했을 때의 결과와 WECPNL을 비교해 보면 민간 항공기만을 평가한 경우 WECPNL이 8.3 dB(A)정도 낮게 평가되었으며 전투기의

경우 WECPNL값이 2.4 dB(A) 높게 평가된 것을 알 수 있다.

위 결과에서 민항기의 경우 선행 연구에서와 같이 운항횟수가 매우 많은 대규모 공항에서는 $L_{eq,24}$ 를 이용한 약식을 적용하여도 결과 값의 차이가 0~1 dB(A)인 반면, 본 연구에서와 같은 운항횟수가 매우 적은 공항에서는 8.3 dB(A) 정도 발생하는 것을 볼 수 있으며 전투기의 경우 선행연구와 거의 비슷한 수준인 2.4 dB(A)인 것으로 파악되었다. 이런 이유로는 식 (3)을 이용하여 약식 평가 방법을 사용할 경우 항공기 소음 이외에도 주변 암소음의 영향이나 비행횟수 등의 소음 발생 상황에 대한 영향을 많이 받는 것으로 사료된다.

Table 2 Comparison of WECPNL values assessed by Eq.(2) and Eq.(3) [dB(A)]

비행기종 구	L_{eq}	식(3)	WECPNL	*WECPNL
민간 항공기	57.2	70.2	61.9	-
전투기	79.9	92.9	95.3	98.8

마지막으로 지속시간에 대한 보정을 반영한 *WECPNL 값과 식 (3)을 적용한 값을 비교해 볼 때 민항기는 지속시간이 대부분 30초 미만이므로 보정이 필요하지 않았으며 전투기의 경우 지속시간을 반영한 *WECPNL값에 비해 식 (3)의 결과가 5.9 dB(A) 낮게 평가되는 것을 알 수 있었다. 이러한 결과로 볼 때 지속시간에 대한 보정이 정확한 전투기 소음 평가에 필수적이며 $L_{eq,24}$ 를 이용한 약식 평가방법의 적용에 있어서도 운항조건 등의 소음 발생 상황에 따른 적용이 필수적으로 고려되어야 한다.

3.3 동특성에 따른 WECPNL값 비교

Table 3 과 Table 4는 동특성 조건을 Fast와 Slow로 각각 다르게 설정하여 민간 항공기와 전투기 소음을 측정된 결과이다. 괄호내의 F와 S는 Fast와 Slow를 의미한다. Table 3은 김포공항에서 민간 항공기가 이·착륙할 때 동특성을 달리하며 구한 $\overline{L_{A,max}}$ 와 WECPNL이다. 결과에서 보듯이 이·착륙지점 모두에서 $\overline{L_{A,max}}$ 와 WECPNL 값이 동특성에 따라 약 1~2 dB(A) 차이가 있는 것으로 조사되었다. 또한, Table 4는 OO 공군비행장에서 전투기가 이·착륙할 때 동특성을 달리 하며 구한 $\overline{L_{A,max}}$ 와 WECPNL값으로서 민간 항공기보다도 더 큰 약 2~3 dB(A) 차이가 있는 것으로 조사되었다. 이러한 결과를 종합해 볼 때, 민간 항공기나 전투기의 정확한 소음측정을 위해서는 동특성을 빠름(Fast)으로 설정하는 것이 바람직하다고 할 수 있다.

Table 3 Effect of the dynamic characteristics on *WECPNL* values of civil aircraft

구분	이륙		착륙	
	Fast	Slow	Fast	Slow
$\bar{L}_{A,max}, dB(A)$	87.7	86.2	81.9	80.1
$\bar{L}_{A,max}(F) - \bar{L}_{max}(S)$	1.5		1.8	
<i>WECPNL</i> , dB(A)	83.2	81.7	78.1	76.4
<i>WECPNL</i> (F) - <i>WECPNL</i> (S)	1.5		1.7	

Table 4 Effect of the dynamic characteristics on *WECPNL* values of fighter

구분	이륙		착륙	
	Fast	Slow	Fast	Slow
$\bar{L}_{A,max}, dB(A)$	95.4	92.1	99.7	97.6
$\bar{L}_{A,max}(F) - \bar{L}_{max}(S)$	3.3		2.1	
<i>WECPNL</i> , dB(A)	88.6	85.3	93.0	90.9
<i>WECPNL</i> (F) - <i>WECPNL</i> (S)	3.3		2.1	

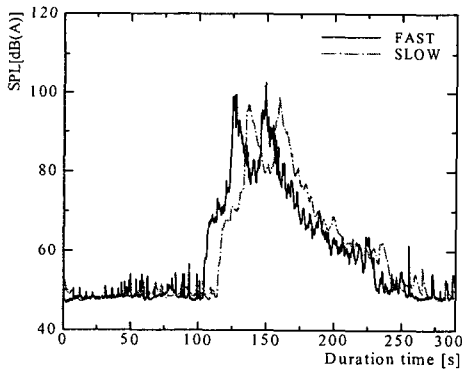


Fig. 3 Variations of the noise levels measured by each different dynamic characteristics

Fig. 3은 전투기가 이륙할 때 측정된 소음파형을 나타낸 것이다. 참고로 두 파형간의 중첩을 피하기 위해 이격시간을 두어 도시하였다. 결과에서 보듯이 소음계의 동특성 설정에 따라 두 파형의 피크음압레벨에 차이가 있음을 확인할 수 있다. 즉 동특성을 빠름(Fast)으로 측정할 경우가 느림(Slow)으로 한 경우보다 2~3 dB(A)정도 더 높게 됨을 알 수 있다.

4. 결론

본 연구에서는 전투기와 민간 항공기의 소음측정과 평가 방법에 대한 문제점을 조사하고, 이를 통하여 도출된 고찰 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 민간 항공기의 비행소음 지속시간은 대부분 30초 이내인 것으로 조사된 반면에, 전투기는 소음지속 시간이 30초 이상인 것으로 조사되었다. 그러므로 전투기 소음을 평가할 때는 지속시간에 대한 보정을 *WECPNL*에 반영하여 평가하는 것이 권장된다.

2) 민간 항공기 소음과 전투기 소음을 약식 방법인 $L_{eq,24}$ 를 이용하여 구한 결과를 소음진동공정시험법에 의거하여 구한 결과와 비교하여 보면, 비행빈도와 기종에 따라 큰 오차가 발생하는 것을 확인하였다. 따라서 비행빈도가 작은 민간 항공기나 충격성 소음특성을 갖는 전투기의 소음을 평가할 때는 등가 소음레벨을 이용하여 항공기 소음을 평가하는 것은 바람직하지 않은 것으로 판단된다.

3) 민간 항공기 소음이나 전투기 소음은 모두 소음계의 동특성 영향을 받는 것으로 확인되었다. 소음계의 동특성을 느림(Slow)으로 하여 측정하게 되면 전투기나 민간 항공기의 *WECPNL*값이 약 2~3 dB(A) 정도 낮게 평가되는 것을 확인하였다. 그러므로 항공기 소음을 정확하게 평가를 위해서는 소음계의 동특성을 빠름(Fast)으로 설정하고 측정하는 것이 권장된다.

참고 문헌

- 송화영 외 5인, "군용 항공기 소음평가 방법에 관한 연구", 2004, 한국소음진동공학회 추계학술대회논문집, pp. 768~771
- 환경부, 소음·진동공정시험방법, 2003
- 환경부, 항공기 및 철도 소음의 환경기준 설정에 관한 연구, 2001
- J.R. Hassall, M. Sc. & K. Zavery, M. Phil. Acoustic Noise Measurements, B&K, 1979
- Smith, Michael J. T, Aircraft noise, Cambridge University Press, Cambridge, 1989
- J.S. Anderson and M. Bratos-Anderson, Noise its Measurement, Analysis, Rating and Control, AVEBURY, 1993