

민간항공기 소음평가 단위에 관한 연구

A Study on the Evaluation Metric of a Civil Aircraft Noise

이 준 호*

Jun-Ho Lee

(2006년 1월 17일 접수 ; 2006년 4월 25일 심사완료)

Key Words : Duration Time(지속시간), L_{MAX} : Maximum Sound Level(최고소음레벨), SEL : Sound Exposure Level(단발소음노출레벨), WECPNL(가중등가지속감각소음레벨), LA : 당일평균최고소음도

ABSTRACT

The duration time of aircraft noise event is also an important factor for the evaluation of civil aircraft noise, which is considered as a notable characteristic of military aircraft noise. SEL is proved as a suitable noise metric for the measuring military aircraft noise of various flight pattern considering the duration time of noise event. This study reviews whether SEL is a suitable for measuring civil aircraft noise and study shows SEL is fairly compensating the duration time of civil aircraft noise event for the evaluation of aircraft noise. Noise metric for the evaluation aircraft noise based on SEL is more appropriate than based on L_{MAX} for compensating duration time of noise event either military aircraft or civil aircraft. In this reason, current formula of WECPNL based on energy average of measured L_{MAX} for the evaluation of aircraft noise impact in "Test Method of Noise and Vibration of Korea" is recommended to be amended to formula of WECPNL based on energy average of measured SEL considering compensation of noise event duration time, if WECPNL is not based on measured EPNL, a metric compensating duration time.

1. 서 론

1.1 연구의 배경

항공기 소음측정은 관측자가 측정지점에 상주하면서 측정하는 경우를 제외하고는 생활소음과 풍속에 의한 소음이 L_{MAX} 에 합산되거나 항공기 소음보다 높은 배경소음이 대상소음으로 측정되었는지 구별하기가 어렵다. 항공기 통과 대수보다 많은 수의 event가 측정되는 항공기 소음측정 지점의 LA값은 대상소음인 항공기 소음 이외에 배경소음이 측정되었으므로 WECPNL값이 정확하다고 볼 수 없다. 또한 항공기 통과 대수보다 적은 수의 event가

측정되는 경우는 배경소음이 측정되는 것을 방지하고자 threshold를 높게 설정하여 측정된 것이기 때문에 LA값이 비슷하더라도 운항대수 N값을 제대로 반영하지 못하게 되므로 WECPNL값이 정확하다고 볼 수 없다. 공항에서의 항공기 소음 측정은 기본적으로 항공기 통과에 따른 항적좌표의 시각과 측정된 소음의 시각을 일치시키며 항공기 소음 측정기가 설치된 좌표의 일정범위를 항공기 항적좌표가 통과할 때 발생한 소음을 항공기 소음으로 자동 분류하고 있어 항공기 소음에 의한 LA값을 정확하게 측정할 수 있다. 그러나 LA를 정확하게 측정하여도 지속시간 보정작업을 위해서 항공기 소음의 오디오를 들으면서 분석하여도 배경소음의 진폭으로 인하여 지속시간의 시작과 끝 시각 결정이 쉽지 않다. 현재 한국의 소음진동공정시험방법에서 사용하고 있는 WECPNL은 ICAO에서 제시

* 책임저자; 정회원, 한국공항공사 제주지사
E-mail : 00ping@airport.co.kr
Tel : (064) 797-2350, FAX : (064) 797-2320

한 WECPNL과는 전혀 다른 평가식⁽⁵⁾으로 L_{MAX} 를 측정하고 지속시간을 보정하도록 되어 있지만 지속시간의 절대기준을 객관적으로 설정할 수 없으므로 지속시간이 30초 이내인 지점에서 항공기 소음을 측정하는 것이다.

최근에 군용항공기에 의한 항공기 소음피해 분쟁이 전국적으로 발생하고 있다. 군용항공기 소음의 특징으로 거론되는 지속시간과 동특성에 대한 연구가 발표되고 있어 군용항공기의 소음 특징이 민간항공기 소음에서는 나타나지 않는 것으로 이해할 수 있으나, 민간항공기 소음평가에서도 군용항공기 소음의 지속시간 보정 문제는 동일하게 나타나고 있다. 따라서 국내에서 항공기 소음을 측정하고 평가하기 위하여 WECPNL을 사용하면서도 지속시간을 보정한 측정단위인 EPNL(effective perceived noise level)을 사용하지 않는다면 군용항공기의 다양한 운항패턴의 지속시간 보정에 적합한 측정단위로 조사된⁽³⁾ SEL(sound exposure level)이 민간

항공기 소음평가에서도 항공기 소음의 지속시간을 적합하게 반영하는 측정단위 인지를 검토하고자 한다.

1.2 연구방법

제주공항은 3,000 m의 주 활주로를 사용하며 일일 약 200회의 항공기 이·착륙이 이루어지고 있어 연구에 필요한 항공기 소음 측정 data를 확보할 수 있다. 또한, 제주공항의 항공기 소음감시센터 모니터링장비는 기상자료와 항공기가 통과하면서 측정된 소음도 및 항공기 레이더 항적자료를 실시간으로 확인하고 data를 저장하고 있으며, 항공기 레이더 항적자료 좌표를 오라클 data base로 관리하여 항공기 소음 분석에 필요한 항공기 통과 고도 및 좌우편차 속도, 상승각 등 항공기 항적을 분석하고 있어 이 연구의 대상 공항으로 선정하였다.

이 연구는 항공기 지속시간에 대한 측정단위를 조사하는 것이므로 평균적으로 높은 L_{MAX} 소음도가 측정되는 기종의 지속시간을 조사하여 L_{MAX} 소음도가 낮은 기종의 지속시간을 추론하는 것보다는 평균적으로 낮은 L_{MAX} 소음도가 측정되는 기종의 항공기 소음 지속시간을 분석하는 것이 적합할 것으로 판단하여 Table 1과 같이 평균 소음도가 낮고 운항빈도가 높은 아시아나항공의 A321-100기종과 대한항공의 B737-800, B737-900기종의 소음측정 자료를 사용하였다. 물론 선택한 기종보다 낮은 소음이 측정되는 항공기도 있지만 제주공항에 운항하는 빈도수가 높아 측정값의 오차를 줄이기 위하여 선택하였다. 소음측정 조건은 소음진동공정시험방법에 적합하고 KS A ISO 3891에 의한 조건에서 ± 0.5 dB(A) 정밀도의 Type 1 측정기를 사용하였으며, 대기 조건에 의한 영향을 고려하여 항공기와의 거리가 가장 짧은 항로방향 직하 지점의 소음측정 자료를 사용하였다.

Table 1 Analysis for noise data of departure and arrival by type of aircraft

Classification	Data	Model						
		A306	A333	B734	B739	B738	A321	
A r r i v a l	Count	14,220	2,059	2,193	4,056	1,424	1,971	1,669
	Variance	4.4	2.5	2.0	1.4	1.7	1.6	1.5
	Standard deviation	2.1	1.6	1.4	1.2	1.3	1.3	1.2
	L_{MIN}	67.2	67.2	70.2	68.2	70.1	70.9	70.6
	L_{MAX}	92.9	87.1	92.9	88.1	85.8	85.8	85.3
	LA	80.0	81.7	79.7	80.8	79.8	78.6	76.6
D e p a r t u r e	Count	6592	966	1089	1746	689	1023	722
	Variance	6.7	4.5	4.5	3.7	3.0	2.6	5.5
	Standard deviation	2.6	2.1	2.1	1.9	1.7	1.6	2.3
	L_{MIN}	67.2	69.2	68.7	68.9	69.7	67.5	67.2
	L_{MAX}	89.4	89.4	89.1	85.7	86.1	80.5	83.7
	LA	77.5	78.2	77.6	79.1	76.1	74.6	75.5

Measuring point : horizontal distance 150m, rute distance about 4 km

Measuring period : 03.11.1~04.10.30

Wind condition : 3m/s below

2. 항공기 소음의 특성

2.1 이륙소음

민간항공기의 소음곡선은 군용항공기 운항패턴 보다 단순하므로 이륙과 착륙 2가지 패턴으로 분류된다. 국내 민간항공기의 이륙은 국내 전투기와는 다르게 break release point 지점에서 throttle test는 하지 않고 이륙을 시작하며 이 연구 대상인 A321

-100기종과 B737-800 및 B737-900기종은 제주 공항에서 ICAO-B보다는 ICAO-A의 방식으로 이륙하고 있다. ICAO-A 이륙방식 중에서도 각 기종별 세부단계에 의하여 각 등급에 맞는 운항패턴을 사용하고 있어⁽⁴⁾ 항공기 소음을 예측하기 위해서는 해당 항공기의 이륙중량 및 엔진출력을 파악하는 것이 중요하다. Fig. 1은 2004년 3월3일 오전 8시 20분 44초부터 2004년 3월 30일 오후 9시 36분 35초 사이에 break release point에서 6 km 지점을 통과하는 항공기의 고도와 분산을 나타낸 것이다. 항로중심(0 feet)에 소음측정기가 설치되어 있고, 동일한 엔진출력 등 외부조건이 같은 상태로 운항한다고 가정하면, 가장 먼 곳을 통과한 항공기는 측정기와의 거리(SD: slant distance)가 가장 멀기 때문에 가장 작

은 소리로 측정될 것이며 두개의 화살표로 표기된 동일한 거리의 선을 통과하는 항공기의 소음은 측정 지점에서 거의 유사해야 한다. 그러나 동일한 기종이라도 이륙중량, 엔진추력, 통과속도, 플랩각도 등 FMS(flight management system)에 의한 설정값이 다르고 측풍 등 기상에 의한 조건이 다양하므로 단순하게 항공기와의 거리와 측정소음이 비례하지는 않고 Table 1과 같은 소음의 편차가 발생하게 된다. 따라서 항공기 소음을 측정하여 항공기 소음을 예측하는 경우, 측정기간 동안 통과하는 기종별 항공기 소음을 몇 대만 측정한 후 계산된 LA를 해당 기종의 평균소음으로 인지하여 INM과 같은 항공기 소음 예측 프로그램의 예측한 값과 비교하려면 최소한 각 기종의 항공기 통과 고도를 분석하여 항공기가 ICAO-A의 어느 세부단계로 이륙하였는지 확인하여 항공기 소음 평가에 반영하여야 한다.

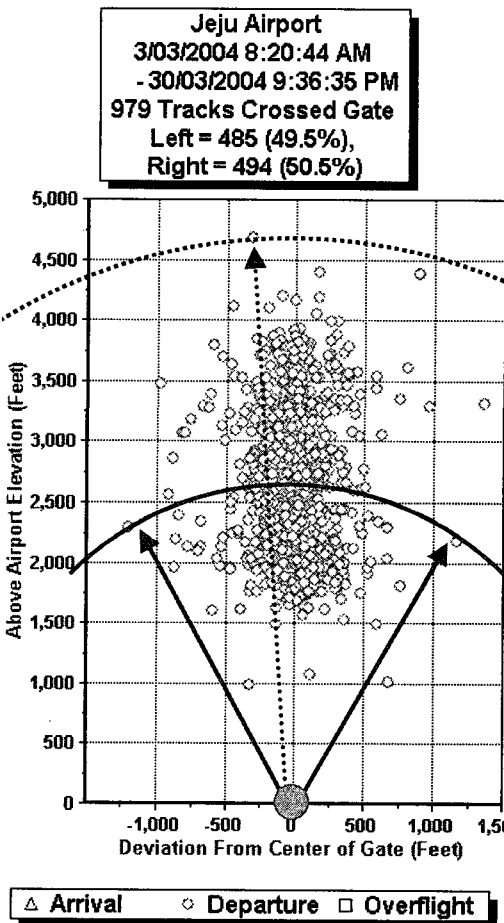


Fig. 1 Altitude and center deviation plots of departures track in Jeju Airport at gate of 6 km from brake release

2.2 착륙소음

착륙과정은 CDI(course deviation indicator)에 기수를 일치시키며 보통 $3^\circ \pm 0.5$ 의 계기착륙(ILS)을 이용하여 진입하기 때문에 고도는 물론 좌우 폭에 의한 소음도 차이는 이륙보다 작게 발생되어야 하지만 Table 1의 자료를 보면 최저(L_{MIN}) 및 최고(L_{MAX}) 소음도와 LA의 측정값 간격 범위가 이륙소음의 폭과 유사하다. 항공기는 착륙과정에서 측풍의 영향이나 양력손실로 이동된 고도와 좌우 폭을 수정하기 위하여 엔진출력을 사용하여야 하므로, 착륙은 상대적으로 항공기와의 거리(SD)가 가깝기 때문에 약간의 엔진출력 상승으로도 소음도 변화는 크게 나타난다.⁽⁴⁾ 또한, 대부분 터보fan의 엔진을 장착한 민항기는 착륙 시 fan air reverse thrust를 최대출력의 60%⁽⁷⁾까지 사용하기 때문에 착륙소음은 착륙 항공기 통과 시 발생되고 배경 소음도 까지 낮아졌다가 약 20여초 후의 reverse thrust 소음까지 총 30여초 이상 발생하며, reverse thrust 소음은 아침과 저녁시간대에 활주로 방향 앞 뒤 방향 3~4 km까지 전달되기도 한다. Fig. 2는 착륙 시 reverse thrust 소음을 나타낸 그래프로 INM의 procedural profiles에서도 확인⁽⁷⁾ 할 수 있다. 군용항공기 throttle test 소음과 그래프 형태가 유사한 reverse thrust 소음은 이미 군용항공기 throttle test 소음에 대하여 SEL분석 결과⁽³⁾가 있으므로 이번 연구에서는 제외하였다.

3. 민간항공기 지속시간 변수

3.1 이륙 및 착륙

동일한 크기의 소음(L_{MAX})이 측정되는 항공기라도 지속시간은 일정하지 않다. 항공기 소음의 지속시간은 기본적으로 항공기 통과고도, 속도와 최고소음도(L_{MAX})에 따라 결정된다. 이륙의 경우, 동일기종이라도 이륙 후 7 km지점(활주로 말단 4 km)에서는 450~600 m의 통과고도 차이가 발생하게 되며, 이에 따라 6~8 dB(A) 정도의 L_{MAX} 소음도 차이⁽⁴⁾가 발생하게 되므로 지속시간도 달라진다. 그러나 착륙과정인 경우 항공기와의 통과고도와 속도가 거의 일정범위에 있기 때문에 지속시간은 항공기 최고소음도(L_{MAX})의 높고 낮은 정도에 따라 결정되지만 진입항공기의 양력손실 보전을 위한 엔진출력 증가시점에 따라 지속시간이 추가적으로 변하게 된다.

3.2 측정지점

일반적으로 항공기는 활주로에서 거리가 멀어질수록 통과고도는 높아지게 되고 통과고도가 높아지면 항공기 소음의 지속시간은 증가하게 된다. Table 2의 측정지점 No. 4를 제외하고는 차량의 통행도 거의 들리지 않는 농촌 지역으로 1초 data를 살펴보면 실제 배경소음은 40~45+5 dB(A)정도 유지되고 있다. Table 2의 항공기소음 측정 지점별 지속시간은 변동되는 배경소음보다 약 5 dB(A)정도 높게 배경소음이 지속한다고 가정하고 Table 2의 지정된 배경소음보다 10 dB(A)이상 높은 대상소음도의 지속시간을 나타낸 것이다. 따라서 실제 항공기 운항으로 인하여 발생하는 지속시간은 Table 2의 지속시간보다는 길기 때문에 활주로 끝 지점에서 약 2 km 정도만 떨어져 있어도 착륙소음의 지속시간이 30초 정도 지속되므로 Table 2의 No. 3, No. 2, No. 1과 같이 이격된 지점에서의 LA값은 지속시간 보정

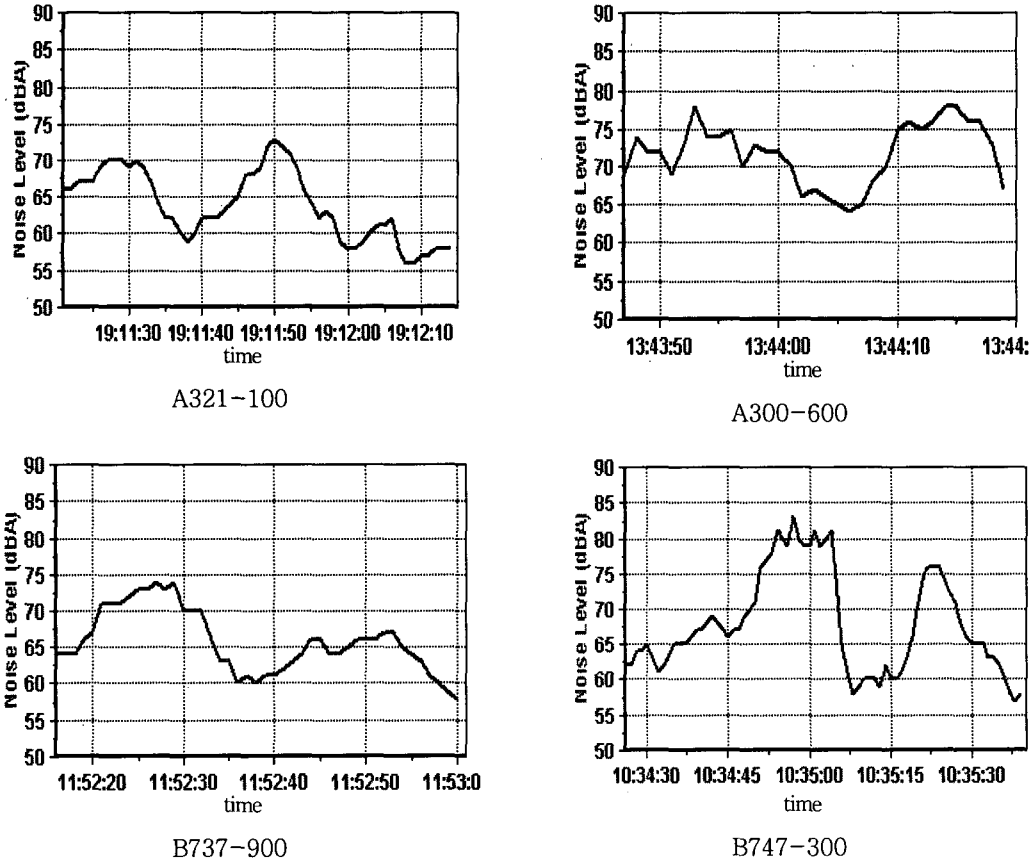


Fig. 2 1 Second sample history of reverse trust by type of aircraft⁽⁶⁾

이 필요하다. 따라서 민간 항공기중에서 소음도가 낮은 기종(A321-100, B737-800, B737-900)의 항공기 소음도 지속시간 보정이 필요하게 되므로 이보다 평균 소음도가 높은 기종의 지속시간이 필요하다는 것을 알 수 있다.

3.3 풍속을 포함한 배경소음

배경소음에 의한 지속시간을 비교하기 위하여 2004년 11월 18일 break release point에서 5,670m 이격된 지점(Table 2, No 2)에서 L_{MAX} 를 측정한 결과, B737-800 및 B737-900기종 63대의 LA는 84.3 dB(A)이었다. No 2지점에서 배경소음이 40~45 dB(A)인 상태에서 측정된 결과는 Table 3에 정리하였고 Table 2 배경소음 확인 시 배경소음이 62~65 dB(A) 측정되어 제외한 data는 Table 4에 정리하였다. 배경소음에 따라 L_{MAX} 을 구분하여 계산하여도 Table 3의 L_{MAX} 값은 84.3 dB(A)이었고 Table 4의 L_{MAX} 는 84.5 dB(A)으로 배경소음이 상승하더라도 L_{MAX} 값이 0.2 dB(A) 차이만 발생하므로 배경소음 변동에 의한 지속시간을 비교하는 data로 사용하였다. Fig. 3은 Table 3 및 Table 4 data의 항공기 통과고도를 확인하기 위하여 나타낸 것으로 Table 3 및 Table 4에서 나타난 항공기 통과 고도는 거의 일정하다는 것을 알 수 있다. Fig. 4는 배경소음이 낮은 상태(Table 3)에서 측정된 KE(KAL) 1903의 1초 event이고 Fig. 5는 Table 3보다 배경소음이 15 dB(A) 정도 높은 상태(Table 4)에서 측정된 KE(KAL) 1019의 1초

event이다. L_{MAX} 는 동일하게 95.1 dB(A)로 측정되었지만 Table 3 및 Table 4를 비교해보면 지속시간 차이가 30초 발생하여 Table 3 및 Table 4 지점에서 정리된 항공기 소음을 소음진동공정시험방법에 의하여 지속시간을 보정(+10 Log($Lt/20$)) 하게 되면 5 dB(A) 정도 소음도 차이가 발생하게 된다.

따라서, 동일한 장소에서 동일한 측정시간대에 동

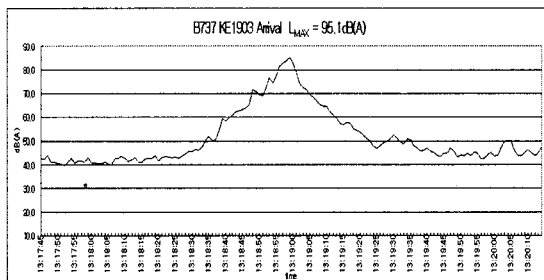


Fig. 4 1 second sample history of B737 arrival noise at background noise 50 dB(A)

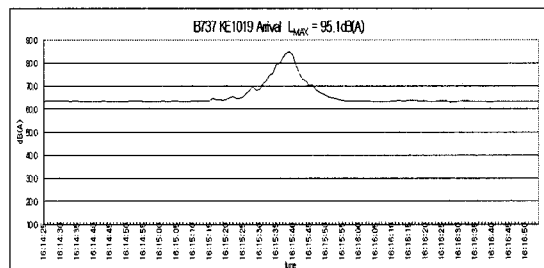


Fig. 5 1 second sample history of B737 arrival noise at background noise 65 dB(A)

Table 2 Background noise and duration time of aircraft noise at 4 measuring locations under flight path

Measurement point	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4
Address	Jeju 00dong 1196-1	Jeju 00dong 183-1	Jeju 00dong 00gil 153	Jeju 00dong 00ro 77
Horizontal distance(m)	0	0	0	0
Rute distance(m)	8,250	5,670	5,080	-530
Back ground noise dB(A)	50	55	50	60
Average duration time (sec)	B737 Arrival	27.3	21.0	25.0
	B737 Departure	37.5	24.8	32.4
	A321 Arrival	26.4	19.5	24.0
	A321 Departure	38.7	28.5	36.9

Measuring period : 2004. 11.18~12. 3

Rute distance : distance from Break release point(-: the opposite direction of runway)

일한 측정값이 측정되더라도 배경소음이 증가되면 대상소음의 지속시간이 줄어들어 보정값이 감소된다. 항공기 소음 측정 장소에서 몇 대의 통과 항공기 소음을 측정하여 측정된 항공기 소음의 지속시간을 보정하는 경우를 제외하고는 도심화가 이루어지고 생활소음이 발생하는 상황에서 많은 수의 대상소음을 확인하면서 지속시간을 보정하는 것은 거의 불가능하다고 볼 수 있다. 그러나 SEL단위를 사용하면 배경소음이 변화되더라도 측정값의 차이는 거의 없다(Table 3의 SEL 91.1 dB(A), Table 4의 SEL 91.3 dB(A)). 참고로 배경소음의 증가는 생활소음 뿐만 아니라 풍속에 의한 경우도 발생되므로 항공기 소음을 자동측정을 하기 위해서는 풍속에 대한 data를 함께 관리하여야 한다.

4. SEL(Sound Exposure Level) 분석

4.1 측정지점별 비교

지속시간의 영향에 대한 SEL과 L_{MAX} 값을 검토한 결과 Table 3 및 Table 4에서와 같이 지속시간이 변동되더라도 Fig. 4 및 Fig. 5와 같이 정상적인 항공기 소음 event 그래프 형태인 경우, 배경소음보다 높은 시각부터 측정된 SEL값은 소수점 정도 차이만 발생하였다. 다만 SEL을 사용해서 측정하더라도 항공기 소음을 측정하는 공항주변에는 생활소음으로 인한 측정지점별 배경소음도의 차이가 발생하고 있어 배경소음이 다르게 발생되고 있는 각 측정지점별 배경소음에 따른 SEL 측정값과 해당지점에서 측정

Table 3 L_{MAX} and SEL of B737 arrival at threshold of 50 dB(A) and compensation of duration time for WECPNL based on L_{MAX} at measuring location No. 2 in Table 2

Flight plan	Measuring time	L_{MAX}				SEL	
		L_{MAX}	50 dB(A) over duration time(T)	10 Log (T/20)	Corrected L_{MAX}	Total duration time	50 dB (A) over
KE1953 (KAL1953)	11.18.12:41	85.2	70 sec	5.4	90.6	92.1	92.1
KE1011 (KAL1011)	11.18.13:25	84.2	71 sec	5.5	89.7	90.9	90.9
KE1903 (KAL1903)	11.18.13:18	85.1	58 sec	4.6	89.7	91.8	91.8
KE1831 (KAL1931)	11.18.12:48	84.1	66 sec	5.2	89.3	90.9	90.9
KE1851 (KAL1851)	11.18.14:57	82.1	56 sec	4.5	86.6	89.2	89.2
Power average		84.3			89.7	91.1	91.1

Table 4 L_{MAX} and SEL of B737 arrival at threshold of 65 dB(A) and compensation of duration time for WECPNL based on L_{MAX} at measuring location No. 2 in Table 2

Flight plan	Measuring time	L_{MAX}				SEL
		L_{MAX}	65 dB(A) over duration time(T)	10 Log (T/20)	Corrected L_{MAX}	Total duration time
KE1905 (KAL1905)	11.18.15:35	84.0	26 sec	-	84.0	90.5
KE1955 (KAL1955)	11.18.16:11	84.5	29 sec	-	84.5	91.4
KE1019 (KAL1019)	11.18.16:15	85.1	28 sec	-	85.1	91.7
KE1021 (KAL1021)	11.18.16:49	83.5	31 sec	1.9	85.4	91.0
KE1907 (KAL1907)	11.18.18:07	85.0	25 sec	-	85.0	91.7
Power average		84.5			85.9	91.3

된 L_{MAX} 값을 기준으로 $L_{MAX} - 10$ dB(A)의 지속시간으로 측정된 SEL를 비교 하였다. 두 SEL값을 비교한 결과 측정지점별 항공기 통과고도와 지속시간은 다르지만 Table 5~8의 data와 같이 $L_{MAX} - 10$ dB(A) 이상의 지속시간을 포함하는 SEL값이 배경소음 이상의 지속시간을 포함하는 SEL 값보다 보통 0.5 dB(A)정도 작게 측정되는 것으로 조사되었다.

4.2 배경소음의 영향

Fig. 4와 Fig. 5는 동일한 장소에서 측정한 항공기의 소음 event 그래프로 Fig. 4는 Table 3의 13시 18분에 85.1 dB(A), Fig. 5는 Table 4의 16시 15분에 85.1 dB(A)로 측정된 그래프이다. 두 그래프

는 육안으로 식별이 가능할 정도로 배경소음이 15 dB(A)정도 다르다. 이와 같이 항공기 소음을 측정하고 있는 장소에서 배경소음이 높아지는 경우가 발생할 수 있는데 이미 설정한 threshold를 상황에 따라 신속적으로 변경하여야 하고, 배경소음의 진폭이 발생하는 도심화된 항공기 측정 장소에서는 트리거 레벨을 사용하는 것이 적합하다고 보기가 어렵다. 그러나, Table 3, 4와 같이 동일한 장소에서 배경소음이 15 dB(A)가 증가하는 상황에서도 배경소음 이상의 지속시간으로 발생하는 항공기 소음을 SEL로 측정하면 Table 3의 SEL 평균 91.1 dB(A), Table 4의 SEL 평균 91.3 dB(A)로 측정값의 차이는 거의 없음을 알 수 있다. 하지만 배경소음을 Table 3과 같이 50 dB(A)로 설정하게 되면 Table 9와 같이 배

Table 5 Comparison of SEL from background noise 50 dB(A) and SEL of $L_{MAX}-10$ dB(A) at measuring point of No. 1 in Table 2

Classification	LA	SEL		A-B
		Back ground noise 50 dB(A) over	$L_{MAX}-10$ dB(A) over	
		A	B	
A321 Departure	73.9	84.7	84.2	0.5
A321 Arrival	77.7	86.2	85.7	0.5
B737 Departure	74.4	84.8	84.3	0.5
B737 Arrival	79.7	87.8	87.3	0.5

Measuring period : 2004. 11.25~11.27

Table 7 Comparison of SEL from background noise 50 dB(A) and SEL of $L_{MAX}-10$ dB(A) at measuring point of No. 3 in Table 2

Classification	LA	SEL		A-B
		Back ground noise 50 dB(A) over	$L_{MAX}-10$ dB(A) over	
		A	B	
A321 Departure	79.3	89.4	89.1	0.3
A321 Arrival	82.6	88.9	88.3	0.6
B737 Departure	80.4	89.3	88.9	0.4
B737 Arrival	84.7	90.6	90.2	0.4

Measuring period : 2004. 11.28~11.29

Table 6 Comparison of SEL from background noise 55 dB(A) and SEL of $L_{MAX}-10$ dB(A) at measuring point of No. 2 in Table 2

Classification	LA	SEL		A-B
		Back ground noise 55 dB(A) over	$L_{MAX}-10$ dB(A) over	
		A	B	
A321 Departure	78.3	88.5	88.0	0.5
A321 Arrival	82.3	89.2	88.5	0.7
B737 Departure	79.7	88.7	88.2	0.5
B737 Arrival	84.3	91.0	90.4	0.6

Measuring period : 2004. 11.18~11.22

Table 8 Comparison of SEL from background noise 60 dB(A) and SEL of $L_{MAX}-10$ dB(A) at measuring point of No. 4 in Table 2

Classification	LA	SEL		A-B
		Back ground noise 60 dB(A) over	$L_{MAX}-10$ dB(A) over	
		A	B	
A321 Departure	88.6	96.4	95.9	0.5
A321 Arrival	92.1	96.4	96.0	0.4
B737 Departure	88.9	95.2	94.7	0.5
B737 Arrival	94.1	97.9	97.4	0.5

Measuring period : 2004. 12. 3

경소음의 지속시간까지 SEL 값에 포함되어 측정값이 높아지게 된다. 따라서 SEL 값을 사용하려면 일정소음도 이상을 배경소음으로 정하여 지속시간을 포함하는 SEL 측정방법 보다는 $L_{MAX} - 10$ dB(A) 이상의 지속시간으로 측정된 SEL값을 사용하는 것이 바람직하다.

4.3 이상소음의 영향

항공기 소음을 측정하려면 항공기 소음보다 높은 소음이 발생하는 장소에서는 측정하지 않겠지만 지점에 따라 항공기 소음보다는 작지만 일상생활 소음과 풍속에 의한 배경소음이 항공기 소음 event 그래프에 포함되는 경우는 자주 발생된다. Fig. 6 및 Fig. 8은 배경소음이 포함된 측정결과이며 Fig. 7 및 Fig. 9는 배경소음을 제거한 것으로 지속시간은 상대적으로 줄어든다. 배경소음이 40 dB(A) 정도인 장소에서 10 dB(A) 이상 높은 이상소음이 발생한 Fig. 6 및 Fig. 8에서도 객관적인 지속시간을 설정하는 어렵다. 그러나 이상소음이 포함되어 배경소음이 변동되었다 하더라도 Table 10과 Table 11 및 Table 12, 14와 같이 SEL 측정값은 거의 변화가 없다는 것을 알 수 있다.

4.4 통과소음의 감소

국내의 공항(인천국제공항은 제외)은 대부분이 국내선만을 운항하는 공항이므로 운항거리를 고려하면 이륙하는 항공기의 이륙패턴은 INM에서 사용하는 ICAO-A1로 이륙하여야 하지만 지정된 세부 이륙패턴이 없기 때문에 INM에서 예측되어야 하는

Table 9 SEL comparison by duration time

Flight plan	Measuring time	L_{MAX} dB(A)	SEL		A-B
			Back ground Noise 50dB(A) over	Back ground Noise 65dB(A) over	
			A	B	
KE1905	11.18.15:35	84.0	91.4	90.5	0.9
KE1955	11.18.16:11	84.5	92.2	91.4	0.8
KE1019	11.18.16:15	85.1	92.2	91.7	0.5
KE1021	11.18.16:49	83.5	91.8	91.0	0.8
KE1907	11.18.18:07	85.0	92.2	91.7	0.5
Power average		84.5	92.0	91.3	0.7

ICAO-A1보다 낮은 고도로 통과하여 항공기 통과

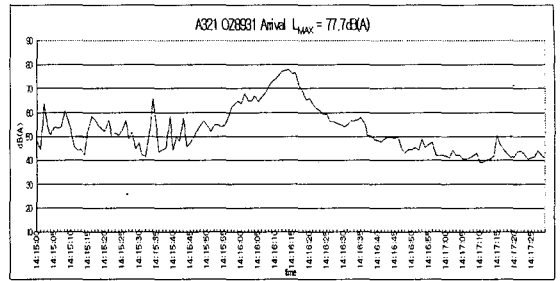


Fig. 6 1 second sample history of OZ8931 arrival including non ordinary background noise

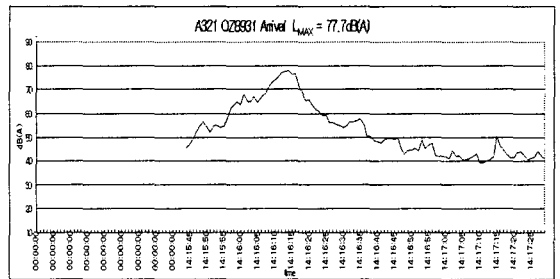


Fig. 7 1 second sample history of OZ8931 arrival excluding non ordinary background noise

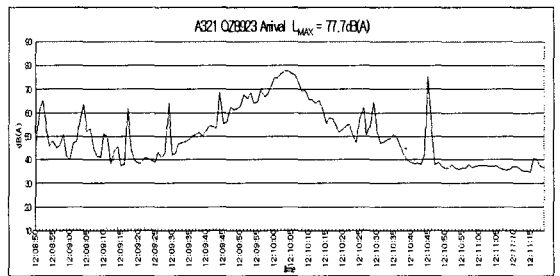


Fig. 8 1 second sample history of OZ8923 arrival including non ordinary background noise

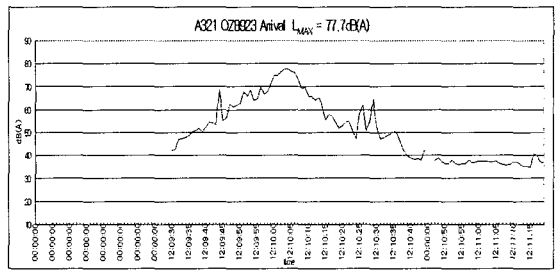


Fig. 9 1 second sample history of OZ8923 arrival excluding non ordinary background noise

고도의 과도한 수직 분산이 발생하게 된다. 소음측정 지점에서의 평균적인 통과고도보다 상당히 높은 고도를 통과하는 항공기 통과소음의 경우 항공기와 측정지점과의 거리감쇠로 인하여 Fig. 11 및 Fig. 12

Table 10 SEL of 1 second sample history in Fig. 6 from various background noise threshold and SEL of $L_{MAX}-10$ dB(A)

Classification	Total	50 dB(A) over	55 dB(A) over	60 dB(A) over	65 dB(A) over	70 dB(A) over	$L_{MAX}-10$ dB(A)
Duration time (sec)	150	79	51	30	21	10	13
SEL	86.4	86.4	86.4	86.2	86.1	85.5	85.7

Table 11 SEL of 1 second sample history in Fig. 7 from various background noise threshold and SEL of $L_{MAX}-10$ dB(A)

Classification	Total	50 dB(A) over	55 dB(A) over	60 dB(A) over	65 dB(A) over	70 dB(A) over	$L_{MAX}-10$ dB(A)
Duration time (sec)	106	53	41	27	20	10	13
SEL	86.3	86.3	86.2	86.2	86.0	85.5	85.7

Table 12 SEL of 1 second sample history in Fig. 8 from various background noise threshold and SEL of $L_{MAX}-10$ dB(A)

Classification	Total	50 dB(A) over	55 dB(A) over	60 dB(A) over	65 dB(A) over	70 dB(A) over	$L_{MAX}-10$ dB(A)
Duration time (sec)	150	69	45	37	23	10	16
SEL	86.8	86.8	86.8	86.8	86.5	86.7	86.2

Table 13 SEL of 1 second sample history in Fig. 9 from various background noise threshold and SEL of $L_{MAX}-10$ dB(A)

Classification	Total	50 dB(A) over	55 dB(A) over	60 dB(A) over	65 dB(A) over	70 dB(A) over	$L_{MAX}-10$ dB(A)
Duration time (sec)	108	55	38	31	21	9	15
SEL	86.4	86.4	86.4	86.4	86.1	85.3	85.9

와 같이 배경소음에서 상당히 완만한 형태의 event 그래프 형태로 항공기 소음이 들리게 된다.

Fig. 10은 활주로 말단부터 3 km 지점을 통과하는 A321기종의 통과고도를 나타낸 것이다. AAR OZ8900편의 소음도는 61.7 dB(A) (Fig. 11)이었지만 이보다 높은 고도를 통과한 AAR OZ8920편의 소음도는 70.4 dB(A) (Fig. 12)로 통과고도에 의한 SD거리와 소음도가 비례하지 않는 것도 알 수 있다. 이와 같이 항공기의 통과고도와 소음이 배경소음과의 차이가 작은 지점은 항공기 소음측정 장소로 바람직하지 않지만 경우에 따라 이러한 장소에서도 항공기 소음을 측정하여야 하는 경우도 발생한다. 그러나 이러한 장소에서 SEL을 사용하여 측정한다면 측정값 변화가 거의 없음을 알 수 있다. 다만 이러한 완만하고 배경소음과 차이가 적은 항공기 소음이 발생하게 되면 배경소음의 지속시간이 포함될 수 있는 일정소음도(threshold) 이상을 지속시간으로 설정하기 보다는 배경소음의 지속시간을 배제시킬 수 있는 $L_{MAX}-10$ dB(A)의 지속시간 SEL로 측정하는 것이 적합한 것으로 판단된다. (Table 14, 15)

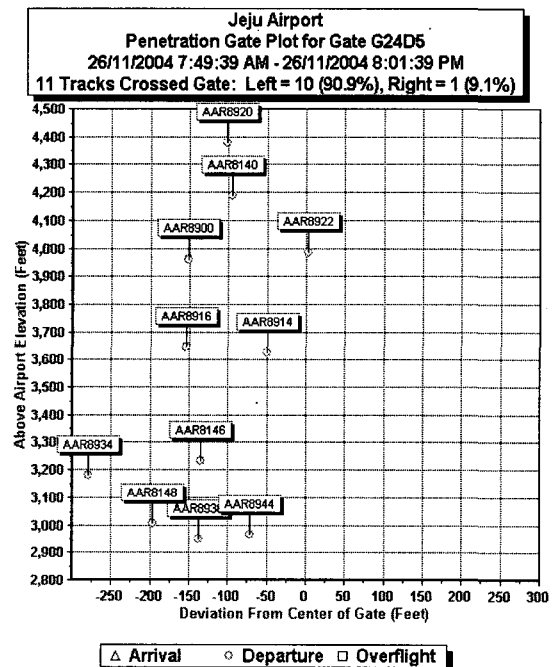


Fig. 10 Altitude and center deviation plots of A321 departure track of Asiana Airlines in Jeju Airport at gate of 8 km from brake release

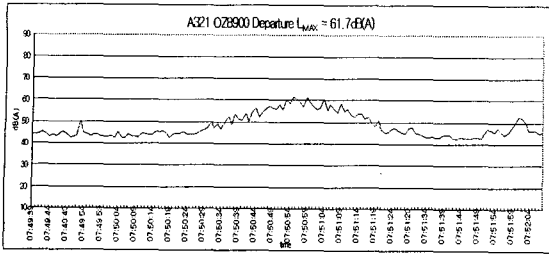


Fig. 11 1 second sample history of OZ8900 departure at ordinary background noise

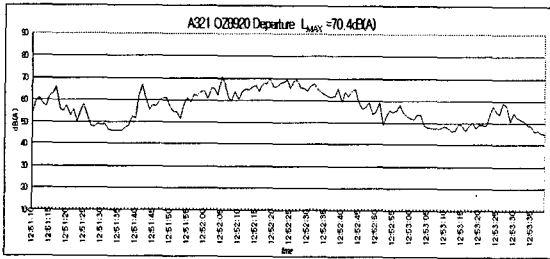


Fig. 12 1 second sample history of OZ8920 departure at non ordinary background noise

Table 14 SEL of 1 second sample history in Fig. 11 from various background noise threshold and SEL of $L_{MAX} - 10$ dB(A)

Classification	Total	50 dB(A) over	55 dB(A) over	60 dB(A) over	65 dB(A) over	70 dB(A) over	$L_{MAX} - 10$ dB(A)
Duration time (sec)	150	48	25	5	0	0	39
SEL	73.8	73.1	72.2	67.9	0	0	72.9

Table 15 SEL of 1 second sample history in Fig. 12 from various background noise threshold and SEL of $L_{MAX} - 10$ dB(A)

Classification	Total	50 dB(A) over	55 dB(A) over	60 dB(A) over	65 dB(A) over	70 dB(A) over	$L_{MAX} - 10$ dB(A)
Duration time (sec)	150	113	85	56	27	1	56
SEL	83.4	83.4	83.3	82.9	81.5	70.4	83.4

4. 결 론

민간항공기에서 발생할 수 있는 이륙과 착륙 소음의 지속시간을 감안한 항공기소음 측정단위로 SEL

이 적합한지 살펴보았다. 민간항공기의 소음에서도 지속시간이 30초 이상 발생되어 지속시간에 대한 보정이 필요하다는 것을 알 수 있으며, 배경소음이 증가되면 항공기 소음의 지속시간이 감소되는 변동 사항이 발생하는 것을 살펴보았다. 이와 같이 측정값 보정조건이 일정하지 않은 L_{MAX} 측정방식으로는 항공기 소음의 지속시간 보정방법을 해결하는데 부적합하다는 것을 알 수 있었다. 그러나 SEL를 사용하면 항공기 소음측정 장소의 여러 조건이 다양하다 하더라도 측정값(SEL)은 거의 일정하였다. 다만, 항공기 소음을 SEL로 측정할 경우, 전체 항공기 지속시간을 전부 반영하는 일정소음도 이상의 배경소음을 Threshold로 설정하여 지속시간을 포함하는 SEL과 $L_{MAX} - 10$ dB(A) 이상의 지속시간의 SEL의 측정값을 비교해보면 두 SEL의 측정값 차이는 -0.5 dB(A) 정도 발생되므로 항공기 소음을 측정하는 Type 1 소음측정기의 측정오차(± 0.5 dB(A)) 범위 정도라는 것을 고려하면 어느 방법을 사용하더라도 큰 의미는 없지만 항공기 운항조건 및 배경소음의 변동 등에 따라 배경소음 및 이상소음이 포함될 가능성이 적은 $L_{MAX} - 10$ dB(A) 이상의 지속시간의 SEL의 측정하는 방식이 적합한 것으로 판단된다. 따라서 SEL 측정단위가 민간항공기 뿐 아니라 군용항공기에서의 지속시간 보정에 적합하다고 판단되므로 항공기 소음측정단위는 EPNL을 사용하는 WECPNL을 사용하지 않고 A-weighting 소음측정단위를 사용하는 경우에는 SEL을 사용하는 것이 바람직하다고 사료된다. 또한 항공기소음 평가방법도 기존의 L_{MAX} 를 사용하는 평가식 보다는 SEL을 사용하는 평가식으로 변경하는 것이 지속시간에 대한 문제점을 해결 할 수 있다고 사료된다.

참 고 문 헌

- (1) KS A ISO 1996-1 : 2004, Acoustics-description, Measurement and Assessment of Environmental Noise.
- (2) KS A ISO 3891 : 2003, Acoustic-procedures for Describing Aircraft Noise Heard on the Ground.
- (3) Lee, J.-H., 2005, "A Study on the Evaluation Unit of a Military Aircraft Noise,"

Journal of Sound and Vibration , Vol. 15, No. 5, pp. 550~557.

(4) Lee, J,-H., 2005, "The Aircraft Sound Management Plan uses Track Data," Korea Civil Aviation Development Association, Aviation Safety Seminar pp. 151~172.

(5) Lee, J,-H., 2005, "A Comparative Research between WECPNL of ICAO and WECPNL of

dB(A)," Journal of Aviation Development, Vol. 2, pp. 119~136.

(6) Lee, J,-H., 2005, "A Comparative Research between WECPNL of ICAO and WECPNL of dB(A)," Journal of Aviation Development, Vol. 3, pp. 99~120.

(7) FAA(Federal Aviation Administration), INM (Intergrated Noise Model) 6.1.