

셸터시스템 내부 장비의 복합 소음 분석

Multiple Noise Analysis of the Inside Equipments in Shelter System

김 상 현* · 이 병 호* · 이 석 규* · 이 증* · 강 동 석*

Sang-Hyun Kim, Byung-Ho Lee, Sock-Kyu Lee, Jeung Lee and Dong-Seok Kang

(Received December 12, 2014 ; Revised March 26, 2015 ; Accepted March 30, 2015)

Key Words : Multiple Noise(복합 소음), Shelter(셸터), Equipment Noise(장비 소음)

ABSTRACT

Shelter system is applying to weapon systems as usage of performing specific mission with arranging several electronic equipments and operators. Recently the electronic equipments is changing from development products to COTS(commercial off-the-shelf) for demonstrating high performance at low cost. As internal operators of shelter system conduct several missions for specific or long time in this present situation, one of the most important element considering the best combat power is internal noise level. Therefore, I desire to analyze the features and foresee multiple noise level with test for conforming whether requirements of design is met or not in this research paper.

기 호 설 명

- P : 실효음압[Pa]
- P_0 : 기준음압[Pa] (20 μ Pa)
- L_P : 음압레벨[dB]
- L_{eq} : 등가소음레벨[dB(A)]
- L_1 : 기준거리 음압레벨[dB]
- L_2 : 소음 산출거리 음압레벨[dB]
- r_1 : 기준거리[m]
- r_2 : 소음 산출거리[m]
- f_i : 일정 소음레벨의 지속시간을
- L_i : 일정 소음레벨[dB(A)]

1. 서 론

셸터시스템은 적용되는 시스템의 요구조건 특성

에 따라 각기 다르게 구현되나 일반적으로 특정 임무를 수행할 수 있도록 워크스테이션, 전원공급장치, 통신장치 등이 탑재되며, 사람이 장시간 운영하는 환경을 위해 냉난방장치, 환풍기 등이 배치된다. 과거 전자장비는 구성품의 역할별 일정한 성능과 기능만 수행하는 개발품 형태로 제작되어 왔으나 최근에는 비용절감/고성능/다목적화로 변화되어가면서 방열 성능을 개선하기 위한 convection cooling 장치류가 증가하여 소음문제가 대두되고 있다.

소음은 사람에게 스트레스를 미치고 심할 경우 청각 장애를 발생 시킬 수 있기 때문에 적절한 수준을 넘지 않도록 설계가 필요하다. 이 셸터시스템은 무기체계 개발 요구사항서에 소음 관련사항을 MIL-STD-1472 규격(연계규격 MIL-STD-1474)에 만족하도록 요구되어 있으며, 해당내용은 Table 1과 Fig. 1과 같이 규정하고 있다.

소음 적용기준은 시스템 운용자의 운용시간, 대화

* Corresponding Author ; Member, LIG Nex1
E-mail : kimsh1207@lignex1.com
Tel : +82-10-4198-7081, Fax : +82-31-8026-7084
* LIG Nex1

A part of this paper was presented and selected as one of best papers at the KSNVE 2014 Annual Autumn Conference

‡ Recommended by Editor Don Chool Lee

© The Korean Society for Noise and Vibration Engineering

거리, 대화 빈도 등 요구되는 운용개념에 따라 적절한 기준으로 선정하도록 되어있다. 이 쉘터시스템은 청력보호장치 없이 통신수단(헤드셋 포함)을 사용하여 내부 운용자 간 대화를 통해 8시간 이하의 임무

Table 1 Permissible noise exposure limits⁽¹⁾

Zone	Criterion	Exposure level
Zone A	Maximum exposure with protection	Exceeding 105 dBA(24hr), exceeding 120 dBA(under 1hr)
Zone B	Occasional exposure	Exceeding 110 dBA(under 8hr), Max 120 dBA
Zone C	Occasional exposure	85~110 dBA(exceeding 8hr), 75~85 dBA(exceeding 16hr)
Zone D	Daily exposure	85~110 dBA(under 8hr)
Zone E	Maximum exposure without protection	Under 85 dBA(under 8hr), under 75 dBA(exceeding 16hr)

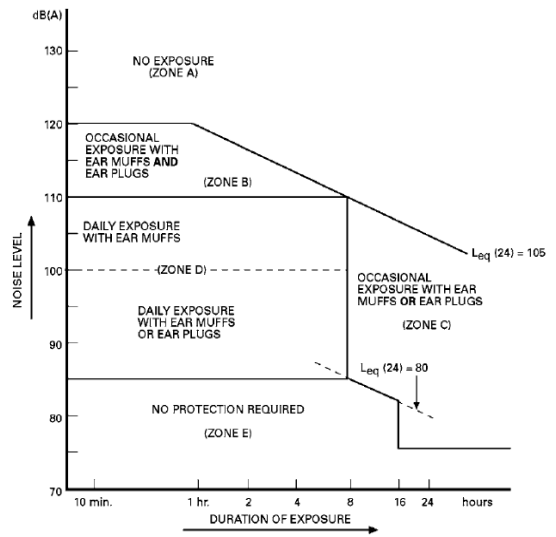


Fig. 1 Permissible noise exposure limits⁽¹⁾

Category ¹	System Requirements
A	No direct person-to-person voice communication required. Maximum design limit. Hearing protection required.
B	Electrically-aided communication via attenuating helmet or headset required. Noise levels are hazardous to unprotected ears.
C	No frequent direct person-to-person voice communication required. Occasional shouted communication may be possible at a distance of 30 cm. Hearing protection required.
D	No frequent person-to-person voice communication required. Occasional shouted communication may be possible at a distance of 60 cm. Levels in excess of Category D require hearing protection.
E	Occasional telephone or radio use or occasional communication at distances up to 1.50 m required. (Equivalent to NC-70)
F	Frequent telephone or radio use or frequent communication at distances up to 1.50 m required. (Equivalent to NC-60).

¹ Categories A, B, C, and D are based primarily on hearing conservation priorities; the remaining categories are based primarily on communication requirements. For fixed-plant facilities, see MIL-STD-1472

Fig. 2 Steady-state noise categories⁽²⁾

Limit Category:	A ¹	B ¹	C ¹	D ¹	E ²	F ²
A-Weighted Limit (dBA):	108	100	90	<85	75	65
SIL-4 Limit:					67	57

Fig. 3 Steady-state noise limits(dBA) for personnel-occupied areas⁽²⁾

강도로 수행하는 체계로 가정한다. 따라서, 운용자간 통신이 필요한 시스템으로 구분될 수 있으며, Category E 또는 F(Fig. 1의 Zone E / 85 dBA 이하와 Figs. 2, 3의 Category E~F / 65 dBA~75 dBA 수준)를 만족해야 한다⁽²⁾.

또한, 측정방법은 대화 목적(연속 소음) 시 A-weighted sound level(dBA)로 측정하게 되어있으며⁽¹⁾, 교정된 소음측정장비류를 활용하여 세부사양을 기록하고 운용조건에 맞는 환경에서 측정하도록 되어있다⁽²⁾.

이 논문에서는 셸터조립체 주요 구성 실제 장비가 제작되지 못하는 초기 설계 시 내부 소음 수준을 분석하고 추후 시험평가 시 기준(dBA)이 되는 운용자의 위치별 소음 수준에 대해 고찰하고자 한다.

2. 본 론

2.1 분석 대상 및 소음원

(1) 분석 대상

셸터시스템은 적용 체계마다 다양하나 이 논문은 장시간 임무를 수행하는 셸터시스템(이하 ‘셸터시스템’)의 한 예를 기준으로 분석하고자 한다.

(2) 소음원

셸터시스템은 Fig. 4와 같이 4명의 운용자가 탑승하는 체계로 외부에 18000 BTU/h 냉난방장치 2조를 탑재하며, 내부로 에어덕트를 통해 공기조화를 시키고, 컴퓨터 및 통신장치들을 장착한 캐비닛조립체 3조, 콘솔 3조, 테이블 1조를 상호 연결하여 임무를 수행하는 시스템이다.

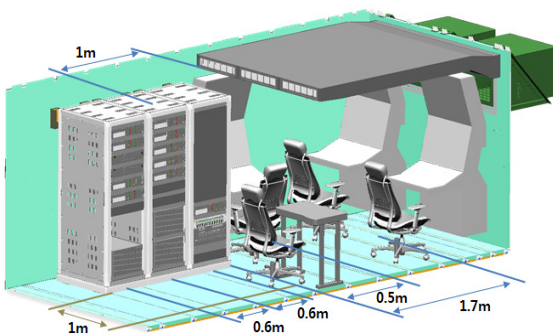


Fig. 4 Internal shape of shelter system

(3) 소음 차폐 적용방안

소음을 최소화할 위해 랙조립체 전면도어에 일반적으로 Fig. 5와 같은 특성의 다공질 흡음재(폴리우레탄 재질)를 적용하며, 동일 흡음재가 적용된 천공이 없는 전면도어 적용 유무에 대한 그 효과를 확인한다⁽⁶⁾.

셸터시스템 구성품 중 구성품 내부에 웬 또는 소음발생원을 내장하여 내부 소음에 영향을 미치는 인자는 Table 2와 같다.

2.2 소음 수준 분석절차

셸터시스템은 다수의 내부 소음원이 동시에 소음을 발생시키기 때문에 복합소음 형태로 운용자에게

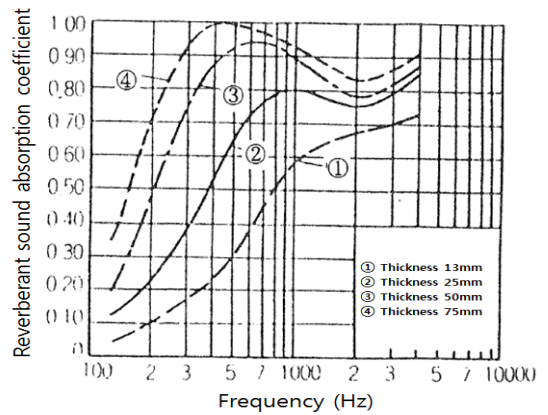


Fig. 5 Absorption characteristic of cellular material⁽³⁾

Table 2 Internal main noise sources of shelter system

Units	Cabinets			Ventilator	Airduct
	#1	#2	#3		
Workstation	5 ea	2 ea	-	-	-
VME rack	2 ea	-	-	-	-
UPS	1 ea	-	-	-	-
Data recorder	-	1 ea	-	-	-
Backbone S/W	-	1 ea	-	-	-
Server unit	-	-	3 ea	-	-
Data processor	-	-	4 ea	-	-
Fan	-	-	-	3 ea	-
Aircon	-	-	-	-	2 ea

들리게 된다. 따라서, 각 소음원의 소음을 측정/확인 하고 이 값과 수량을 고려하여 등가소음레벨을 산출 하고 알고 싶은 지점까지 이격된 거리의 영향을 반영하여 최종 복합소음을 산출한다. 소음원에 대한 측정이 필요한 이유는 COTS 또는 기 개발장비 특성상 소음규격을 제시하는 경우가 드물며 제시되더라도 개발하고자하는 시스템이 요구하는 전기적/운 용적 요구성능에 따라 팬의 RPM이 다르기 때문에 반드시 측정값을 확인하여 반영해야 한다.

2.3 복합소음 레벨 산출식

(1) 음압레벨 산출식

음압레벨은 음압을 데시벨 척도로 표시한 것이다. 레벨(level)이란 어떤 물리량의 기준량과의 비에 상용대수(log)를 취한 값이며 데시벨(decibel)은 레벨을 10배한 값을 뜻하며 dB로 나타낸다⁽³⁾. 음압레벨은 L_p 또는 SPL로 나타내고 실효음압 $P(Pa)$ 와 음압레벨 $L_p(dB)$ 사이의 관계는 다음 식과 같다⁽³⁾.

$$L_p = 10 \text{Log}_{10} \left(\frac{P}{P_0} \right)^2 \tag{1}$$

음압이 2배로 되면 음압레벨은 6 dB 증가하며 10 배로 되면 20 dB 증가한다.

(2) 다수 소음원의 복합소음 산출식

L_{eq} 는 변동하는 소음 레벨의 에너지 평균치로 2 개의 소음에너지가 같을 때, 두 소음의 심리적, 생 리적 영향도 같다는 등에너지 가설에 입각하고 있 다. 일반적으로 큰 쪽으로 변동하는 소음을 평가하 는 평가량중의 하나로 변동하는 소음을 주어진 시간 동안 변동하지 않는 평균레벨의 크기로 환산하는 방 법으로 기본식은 다음과 같다⁽³⁾.

$$L_{eq} = 10 \text{Log}_{10} \left(\sum_{i=1}^n f_i \times 10^{L_i/10} \right) \tag{2}$$

하지만 일반적인 무기체계의 소음시험 평가는 요구값에 대해 소음측정 최대값으로 평가한다. 즉, 전 체 복합소음 측정을 통해 시간변화에 관계없이 일정 하게 발생하는 최대 소음의 양을 적용하여 검토하기 때문에 지속시간율을 1로 설정하여 판단한다.

(3) 이격거리에 대한 소음 산출식

공기 중을 통해 전달되는 소음은 소음원으로부터 이격됨에 따라 자연적으로 약해진다. 이유는 음에너 지가 구면파 형태로 확산되고 공기 등과 같은 저항 성 매질로 인해 감쇠가 발생하기 때문이다.

음원이 구면파로 형성/전달되므로, 음향강도와 출 력 사이의 관계식을 아래와 같이 나타낼 수 있다^(5,9).

$$I = \frac{P}{4\pi r_i^2} \tag{3}$$

따라서, 음압레벨 관계식에 식(3)을 대입하면 소 음원에서 기준거리(r_1)상의 음압레벨(L_1)와 이격된 거리(r_2)상의 음압레벨(L_2) 관계식을 다음과 같이 얻을 수 있다^(5,9).

$$L_2 = L_1 + 10 \times \text{Log}_{10} \left(\frac{r_1}{r_2} \right)^2 \tag{4}$$

로 표현할 수 있다.

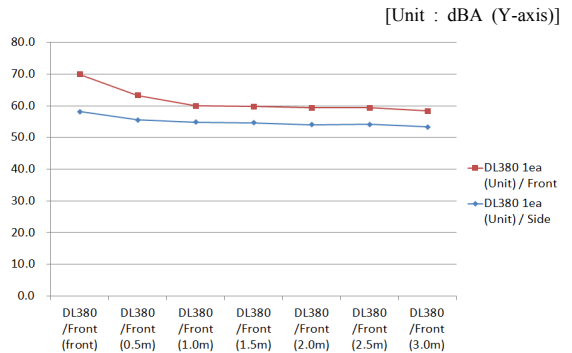


Fig. 6 Measurement results (workstation/1 ea)

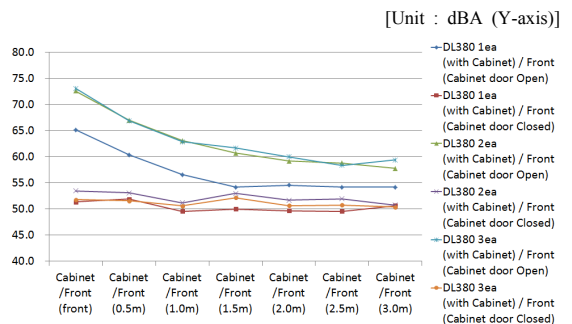


Fig. 7 Front measurement results of workstation with cabinet

2.4 소음 측정 시험⁽¹⁰⁾

(1) 워크스테이션

워크스테이션은 셸터시스템에 탑재하여 운용 시 발생할 수 있는 최대 성능을 모사하기 위해 모의부하를 인가하여 동작시킨 상태에서 소음을 측정한다. 또한, 워크스테이션 단독, 랙조립체 장착 시 전면도어 open 및 close 총 3개 case를 측정하였다.

(2) 환풍기

유사한 크기와 구조의 기본 골격구조의 셸터 내에 장착된 환풍기를 대상으로 측정하였다. 악조건을 고려하여 환풍기 full RPM상태에서 소음을 측정한다. 측정 case는 환풍기 1조만 작동하여 모든 door를 닫은 상태로 측정하였다.

(3) 냉난방장치

냉난방장치는 18,000 BTU/h 군용제품으로 room

구조의 챔버에 기계적 장착조건을 유사하게 반영하여 1조에 대한 소음을 측정하였다. 온도 설정 노브는 동작 중 다른 모드로 전환되지 않도록 제조사 추천 수준인 냉방 50% 지점 조건으로 풍향 세기 ‘강’, ‘약’ 2가지 모드/배출구 에어덕트를 적용 시 ‘강’에 대한 소음을 측정하였다.

(4) 기타 소음원

등가소음레벨 산출식의 특성상 고 소음원보다 작은 소음원이 추가될 경우에 전체 복합소음의 크기를 증가시키는 영향이 미미하기 때문에 제조사 제시 소음값 또는 추정값을 적용하여 산출한다.

실제로 다수소음원의 복합소음을 계산하면 전체 복합소음 보다 10 dB 이상 작은 소음원은 추가되어도 소음 증가에 영향이 없었으며, 전체 복합소음과 유사한 소음원(약 5 dB 이하)은 수량이 1개 증가할수록 약 0.1 dB 이상씩 증가하는 경향을 보였다.

2.5 소음계산식 보정 및 측정결과 분석

소음 측정 시험결과와 이격거리에 대한 소음 관련 이론적 계산식(식(4))를 비교하면 Figs. 10~13과 같이 기울기에 큰 차이를 보인다. 따라서, 측정 소음원별 기울기 차이를 보정하여 이론적 계산식을 산출하면 식(5)~식(11)과 같다.

(1) 이격거리에 대한 소음 계산식 보정

① 워크스테이션 단품 계산식 보정

1) 보정 수식

$$L_2 = L_1 + 4 \times \text{Log}_{10} \left(\frac{r_1}{r_2} \right)^2 \quad (5)$$

② 캐비닛조립체 장착 워크스테이션 계산식 보정

1) 보정 수식 (1대)

$$L_2 = L_1 + 4 \times \text{Log}_{10} \left(\frac{r_1}{r_2} \right)^2 \quad (6)$$

2) 보정 수식 (2대/3대)

$$L_2 = L_1 + 5 \times \text{Log}_{10} \left(\frac{r_1}{r_2} \right)^2 \quad (7)$$

③ 환풍기 계산식 보정

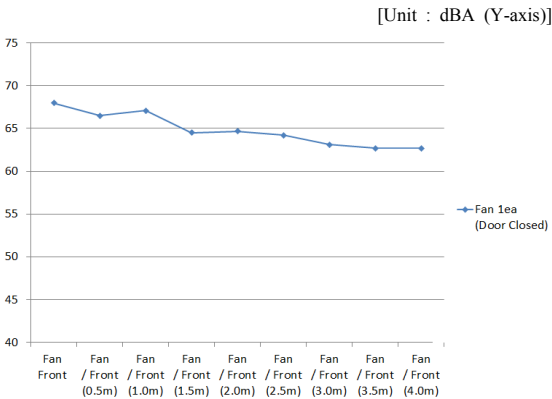


Fig. 8 Front measurement results(ventilator)

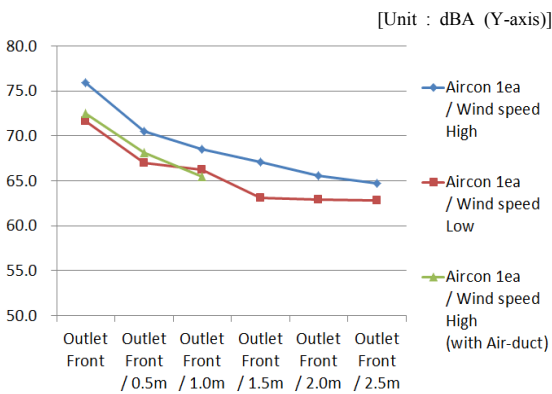


Fig. 9 Front measurement results(aircon)

1) 보정 수식

$$: L_2 = L_1 + 2 \times \text{Log}_{10} \left(\frac{r_1}{r_2} \right)^2 \quad (8)$$

④ 냉난방장치 계산식 보정

1) 보정 수식 ('강')

$$: L_2 = L_1 + 4 \times \text{Log}_{10} \left(\frac{r_1}{r_2} \right)^2 \quad (9)$$

2) 보정 수식 ('약')

$$: L_2 = L_1 + 3.5 \times \text{Log}_{10} \left(\frac{r_1}{r_2} \right)^2 \quad (10)$$

3) 보정 수식 ('강' + 간이 에어덕트)

$$: L_2 = L_1 + 3.5 \times \text{Log}_{10} \left(\frac{r_1}{r_2} \right)^2 \quad (11)$$

(2) 측정결과 분석

① Figs. 6~7과 같이 워크스테이션 같은 랙형태의 장비는 단품 레벨에서 정면 기준 약 70 dBA의 소음을 보이거나 캐비닛조립체에 장착되면 측면 흡음재로 인해 65.2 dBA, 흡음재를 적용한 전면도어 적용 시에는 51.4 dBA로 감소됨을 알 수 있었다.

② Fig. 7에서는 캐비닛조립체에 장착된 소음원은 2대와 3대의 소음수준이 유사한 수준과 경향을 나타냄에 따라 동일한 수준의 소음원이 추가되더라도 전체 복합소음이 상승하는 효과는 매우 미미하다는 것을 시험결과와 복합소음 산출식을 통해 확인하였다.

③ Figs. 10~13은 측정대상인 워크스테이션, 환풍기, 냉난방장치 모두 정면 소음의 측정결과 수치계산 추정값은 거리별 큰 편차를 보이고 있다. 이러한

[Unit : m (X-axis), dBA (Y-axis)]

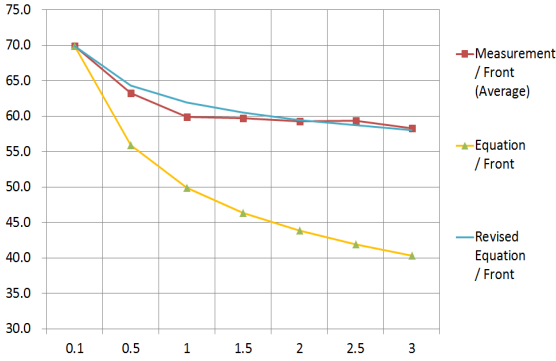


Fig. 10 Noise correction results(workstation/1 ea)

[Unit : m (X-axis), dBA (Y-axis)]

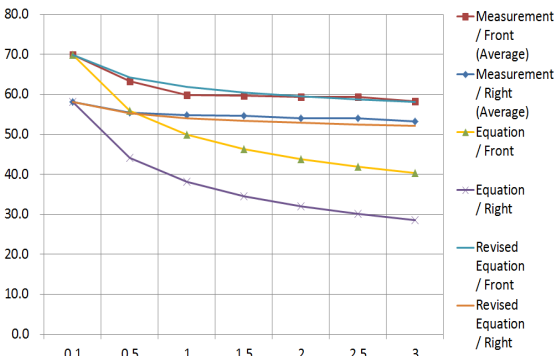


Fig. 11 Noise correction results(cabinet)

[Unit : m (X-axis), dBA (Y-axis)]

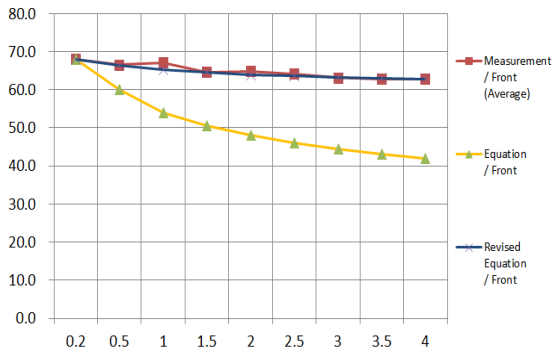


Fig. 12 Noise correction results(ventilator)

[Unit : m (X-axis), dBA (Y-axis)]

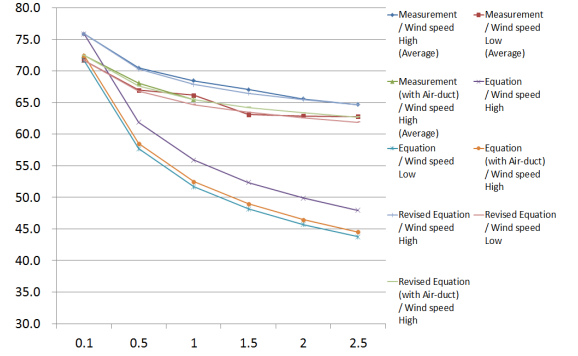


Fig. 13 Noise correction results(aircon)

현상은 앞서 언급된대로 수치계산 추정값은 음에너지가 반사효과가 없는 개방된 공간에서 이론적인 구면파 형태로 확산되는 가정에서 성립된 산출식이나 실제 소음원은 장비 특성상 특정 개구부를 통해 편방향으로 소음이 확산되며 일정한 밀폐공간 내의 음향 반사효과가 반영된 결과라 판단된다.

또한, 이 소음 측정은 최종적으로 셸터조립체라는 밀폐공간 내의 소음을 예측하는데 그 목적이 있기 때문에 방음시설 내에서만 측정하지 않고 3가지 경우의 환경에서 측정하였다. 이 결과 Figs. 11~14에서 보는바와 같이 위크스테이션과 같이 일정한 작업장(약 5 m×15 m) 내에서 측정한 결과와 냉난방장치와 같이 흡음처리된 챔버에서 측정한 결과는 거리별 감쇠 기울기가 4~5/3.5~4로 보정되는 경향을 보이거나 환풍기(기본셸터)와 같이 작은 밀폐공간에서 측정하였을 때는 거리별 감쇠 기울기는 각각 2를 보인다⁷⁾.

④ 결론적으로 이 소음 측정은 일정한 밀폐공간 내의 복합소음 산출에 그 목적이 있으므로 그 특성을 고려하고 보수적 검토를 위해 감쇠 기울기를 2로 설정하여 예측한다.

Table 3 Multiple noise of cabinet(without door/airduct) [Unit : dBA]

Units	Cabinets			Ventilator	Airduct
	#1	#2	#3		
Workstation	69.9	69.9	-	-	-
VME rack	70.0	-	-	-	-
UPS	60.0	-	-	-	-
Data recorder	-	55.0	-	-	-
Backbone S/W	-	70.0	-	-	-
Server unit	-	-	70.0	-	-
Data processor	-	-	50.0	-	-
Fan	-	-	-	68.0	-
Aircon	-	-	-	-	68.5
Multiple noise(front)	78.4	77.8	74.8	72.8	71.5
Total multiple noise(1 m)	78.8				
Total multiple noise(2 m)	77.6				

2.6 복합소음 예측

실제 셸터시스템 내부 소음원은 각각의 이격거리를 가지고 있는데 캐비닛조립체 상/하에 장착된 장비류는 중앙 동일 지점에 있다고 가정하고 식(2)와 식(8)을 활용하여 캐비닛조립체의 복합소음을 산출한 결과 Tables 3, 4와 같다⁴⁾.

여기서 Fig. 14와 같이 정면과 다른 수준과 경향을 보이는 캐비닛조립체 측면 소음의 특성을 반영하여 도식화하면 Fig. 15와 같다. 이는 소음원 자체가

Table 4 Multiple noise of cabinet(with door/airduct) [Unit : dBA]

Units	Cabinets			Ventilator	Airduct
	#1	#2	#3		
Workstation	51.8	51.8	-	-	-
VME rack	52.0	-	-	-	-
UPS	45.0	-	-	-	-
Data recorder	-	45.0	-	-	-
Backbone S/W	-	52.0	-	-	-
Server unit	-	-	52.0	-	-
Data processor	-	-	45.0	-	-
Fan	-	-	-	68.0	-
Aircon	-	-	-	-	65.5
Multiple noise(front)	60.4	56.9	57.8	72.8	68.5
Total multiple noise(1 m)	70.5				
Total multiple noise(2 m)	69.3				

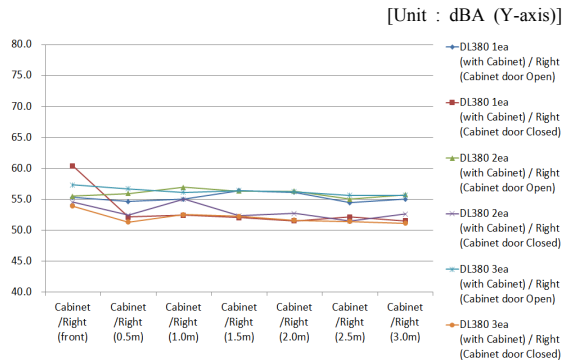


Fig. 14 Right measurement results of workstations with cabinet

측면으로 발생하는 개구부가 없을 뿐만 아니라 천공이 없는 캐비닛조립체 측판이 절대적으로 낮은 소음 수준을 발생시키기 때문이라 판단된다.

2.7 주 소음원의 소음 특성

실내 소음 평가 또는 소음대책의 설계목표치를

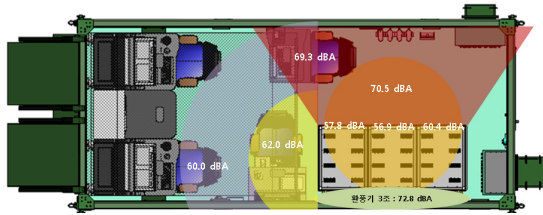


Fig. 15 Areal multiple noise results(Table 4)

나타낼 때 NC곡선을 사용하여 제시하는 것이 일반적이다⁽³⁾. 그러나 소음원이 장비로 제작되지 않는 설계 초기단계에서는 복합소음의 시험값을 얻을 수 없다. 따라서, 각각의 소음원이 나타내는 소음 수준을 FFT 주파수분석 후 1/3 옥타브밴드로 처리하여 NC곡선에 표현함으로써 각 소음원의 수준과 특성만 확인한다⁽⁸⁾.

NC 그래프 산출결과 전면도어가 없는 캐비닛조립체에 탑재된 workstation은 정면 앞(Fig. 16)에서 NC-70 이상의 높은 수준(800 Hz)을 보이고 있으나 1 m 이격시(Fig. 17) NC-65 이하로 감소되었다. 반면 전면도어가 있는 캐비닛조립체(Fig. 18)는 400 Hz 이하에서 소음 수준이 현격히 감소되었으나 마찬가지로 NC-70 이상의 높은 수준(1250 Hz~4000

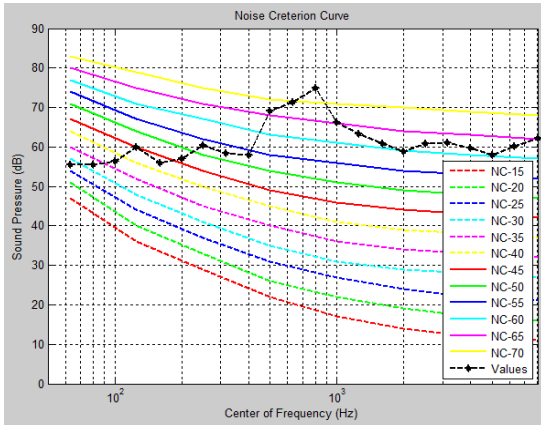


Fig. 16 NC graph(without cabinet door/front)

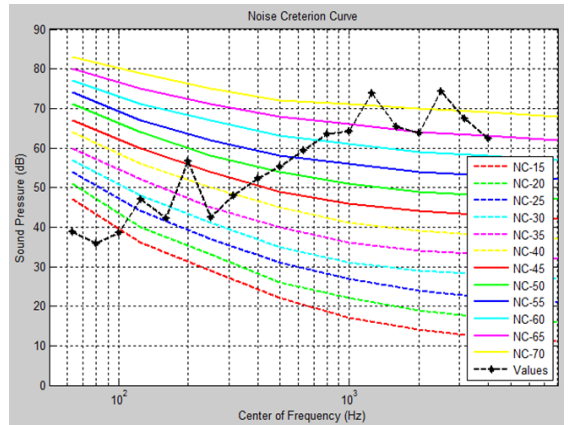


Fig. 18 NC graph(with cabinet door/front)

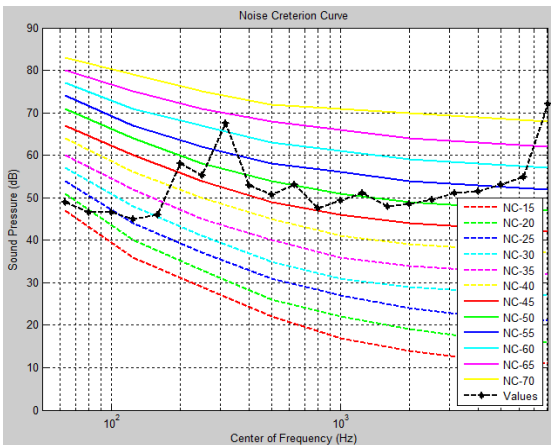


Fig. 17 NC graph(without cabinet door/1.0 m)

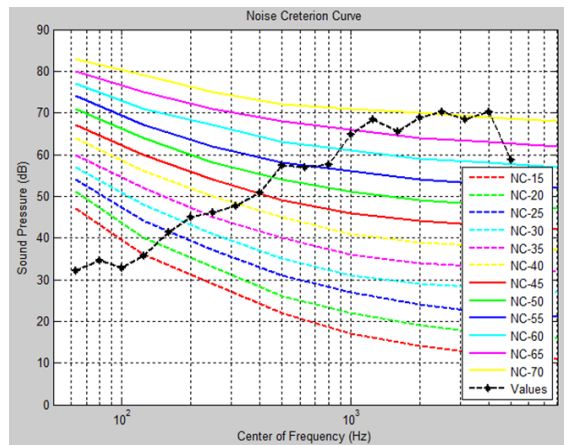


Fig. 19 NC graph(with cabinet door/1 m)

Hz)을 보이고 있고, 1 m 이격 시(Fig. 19) NC-70 이하로 감소되었다. 전체적으로 workstation은 400 Hz 이하 주파수대역에서 NC-50 이하의 저 소음 수준을

나타내고 500 Hz~1000 Hz 대역에서 높은 수준의 소음을 발생하나 이격된 거리에서는 그 영향이 현저히 감소되는 경향을 보이고 있다.

NC 그래프 산출결과 쉘터 환풍기는 전면 기준 NC-70, 1.5 m 이격 시 NC-65까지 감소되었으며 이격거리에 따라 감소 경향이 적은 것을 알 수 있다. 주파수 대역별 소음 수준은 50~75 dB 사이에 분포되어 있고 특히, 150~200 Hz, 400~800 Hz, 3150 Hz 이상 구간에서 상대적으로 높은 경향을 알 수 있다.

NC 그래프 산출결과 냉난방장치는 이격거리에 따라 감소 경향이 커져 정면 앞(Fig. 23)에서는 NC-70이 초과하나 1 m 이격 시(Fig. 24) NC-60 수준으로 감소되었다.

결론적으로 측정한 캐비닛조립체에 탑재된 workstation(Figs. 16, 17)과 냉난방장치(Figs. 23, 24)는

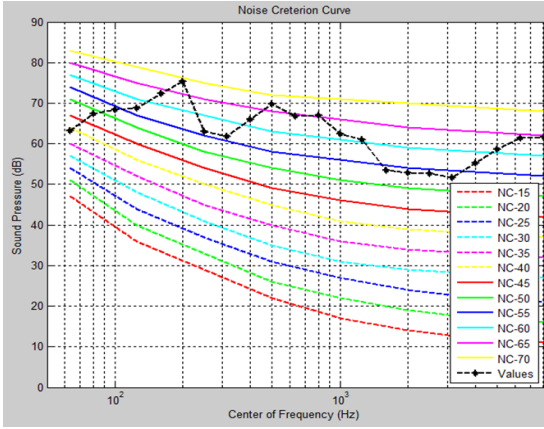


Fig. 20 NC graph(ventilator/0.5 m)

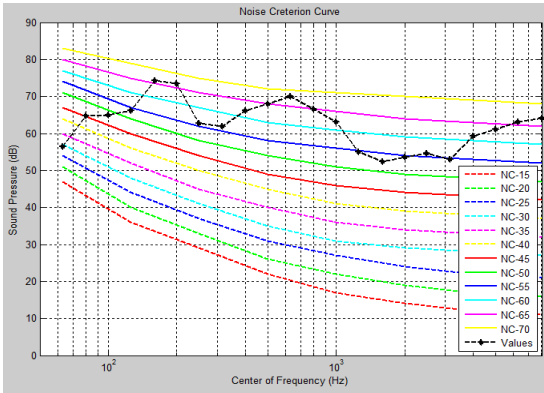


Fig. 21 NC graph(ventilator/1 m)

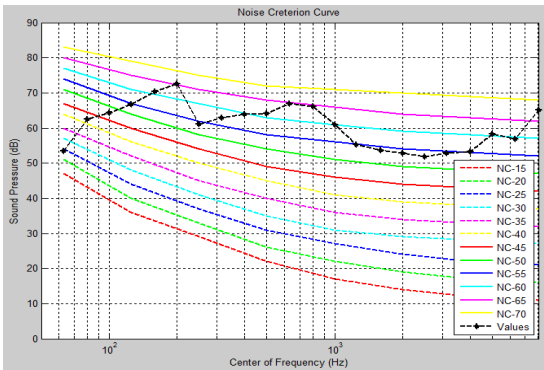


Fig. 22 NC graph(ventilator/1.5 m)

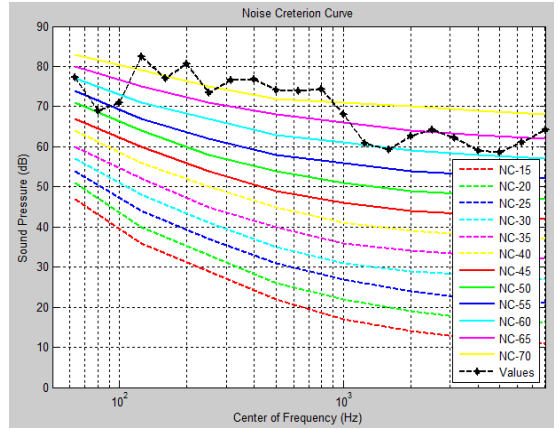


Fig. 23 NC graph(aircon/front)

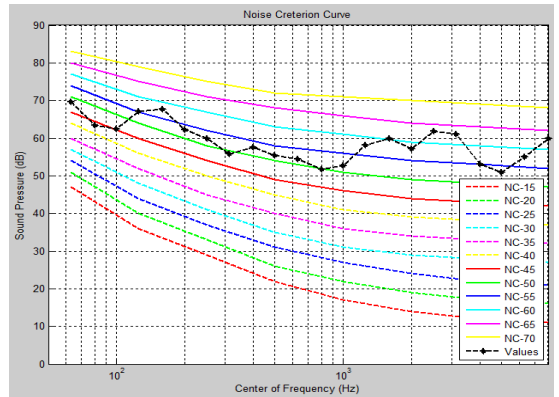


Fig. 24 NC graph(aircon/1 m)

이격거리에 따라 소음 수준의 감소 폭이 컸으며, 쉘터 환풍기(Figs. 20~22)는 감소 폭이 작은 것을 알 수 있었다. 이는 앞서 2.5절 소음측정결과에서 확인되었듯이 음향 반사효과 유무가 반영된 결과로 판단된다. 쉘터시스템 내부 전체에 대한 복합소음의 결과는 추후 쉘터시스템을 제작한 후 시험을 통하여 시험 후 분석할 예정이다.

3. 결 론

이 논문에서는 소음원의 유사 또는 동일품목을 활용하여 이론적 소음 계산식을 시험 측정값과 비교/보정하여 전체적인 복합소음을 예측해보았다. 예측 결과 소음원과 가장 가까운 운용자 위치(전방부)에서 캐비닛 도어 유/무에 대해 69.3 dBA/77.6 dBA로 산출됨에 따라 8시간 운용 기준 요구규격의 zone E/category E~F 사이에 해당하므로 흡음재가 적용된 캐비닛로입체 전면도어를 적용 시 현재 설계되고 있는 형상과 배치안 기준으로 규격을 만족한다고 판단할 수 있다. 또한, 각 주 소음원의 NC 그래프 분석을 통하여 측정 공간의 밀폐 유무와 이격거리에 따라 소음 수준의 경향을 알 수 있었다.

추후 유사체계 설계 시 실장비가 없는 시스템 설계 초기 단계에서 내부 소음의 수준을 예측하고 내부 구성품을 배치하는 초기 설계에 활용 가능할 것이라 예상된다.

향후 보완해야 할 점으로는 전체 시스템을 제작한 후 복합 소음 측정을 측정하고 추후 선정될 흡음재와 쉘터 내부 반사효과를 고려하여 소음 분석 후 시험값과 비교함으로써 보다 더 신뢰성있는 결과 확인을 위한 조치가 필요할 것으로 판단된다.

References

(1) Departments and Agencies of the Department of Defense., 2012, MIL-STD-1472G Human Engineering, pp. 151~152.
 (2) Departments and Agencies of the Department of Defense., 1997, MIL-STD-1474D Noise Limits, pp. 12~17.
 (3) Hong, S. M., 1995, Handbook of Noise And Vibration, pp. 8~64.

(4) Choi, Y.-W., Koo, J.-S., You, W.-H. and Koh, H.-I., 2010, A Study on the Increase of Transmission Loss of Metro Train, Transactions of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering, Vol. 20, No. 3, pp. 257~262.

(5) Oh, J.-K., Park, H.-N. and Sohn, J.-R., 2009, Development of the Noise Prediction Program to apply in Construction Site, Transactions of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering, Vol. 19, No. 4, pp. 409~417.

(6) Kang, D. J., Lee, W. S., Lee, J. W., Hong, J. K. and Jo, Y. H., 2006, Characteristics of Absorption Performance of Sound Absorptive Materials according to Test Conditions, Transactions of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering, Vol. 16, No. 7, pp. 683~689.

(7) Hong, S. K., Kim, J. H., Kim, K. T. and Lee, S. G., 2007, A Laboratory Study on Low Frequency Noise Assessment based on Noise Acceptability Limit, Transactions of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering, Vol. 17, No. 8, pp. 736~740.

(8) Kang, D. J., Gu, J. H. and Lee, J. W., 2009, Sound Power Level of Electric Home Appliances According to Measurement Method, Transactions of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering, Vol. 19, No. 4, pp. 335~346.

(9) Oh, J.-K., Park, H.-N. and Sohn, J.-R., 2009, Development of the Noise Prediction Program to Apply in Construction Site, Transactions of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering, Vol. 19, No. 4, pp. 409~417.

(10) Kang, D. J., Gu, J. H. and Lee, J. W., 2010, Characteristics of Industrial Machinery Noise, Transactions of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering, Vol. 20, No. 2, pp. 160~165.



Sang-Hyun Kim received his B.S. degrees from Korea Aerospace University in 1998 and 2001. He is a research engineer at Mechanical Engineering R&D Lab, LIG Nex1. His research interests are design and analysis

about military satellite system, actuator, vibration, shock and noise environments



Byung-Ho Lee received his B.S. and M.S. degrees from Hanyang University in 1989 and 1992. He is a research engineer at Mechanical Engineering R&D Lab, LIG Nex1. His research interests are design and analysis

about military actuator.



Dong-Seok Kang received his B.S. degrees from Kyung Hee University in 1981 and 1986, respectively, and his M.S. degrees from Korea University in 2012 and 2013. He is a research engineer at Mechanical Engineering

R&D Lab, LIG Nex1. His research interests are design and analysis management about military system.



Sock-Kyu Lee received his B.S. and M.S. degrees from Pusan University in 1995 and 1997. He is a research engineer at Mechanical Engineering R&D Lab, LIG Nex1. His research interests are design and analysis

about military equipment endured at vibration, shock and noise environments.



Jeung Lee received his B.S. degrees from Pusan University in 1986 and 1989. He is a research engineer at Mechanical Engineering R&D Lab, LIG Nex1. His research interests are design and analysis about military satellite

system, actuator, vibration, shock and noise environments.