

건축물 내외부에 설치된 비상용 발전기 소음영향 평가 및 대책방안 사례연구

A Case Study on Noise Effect Assessment and Countermeasure by Emergency Generators installed in an Exterior and interior Architecture

윤대진* · 최재성† · 김창열* · 홍창완** · 김한준**

Dae-jin Yun, Jae-sung Choi, Chang-yeol Kim, Chang-wan Hong and Han-jun Kim

Key Words : Emergency Generator(비상용 발전기), Noise Map(소음지도), Data Center(데이터센터), Noise Impact Assessment(소음영향평가), Noise Reduction Countermeasure(소음저감대책)

ABSTRACT

Recently data centers are being established or expanded according to IT industry development. A data center must be to install emergency generator. In case of the data center located the densely populated urban area, the operating noise of an emergency generator can be the cause of complains. In this case, in order to establish an effective and economical measure and quantitative and thorough review is needed by noise & vibration specialists. To achieve this, in this study, it is suggested noise reduction measure using noise measurement data and 3D noise analysis method.

1. 서 론

비상용 발전기는 정상적인 상태에서 외부로부터 전력을 공급받아 사용하고 있는 전력공급원인 상시전원이 사고나 고장에 의해 공급되지 못할 경우, 전원 공급이 필수적인 중요 설비나 시설에 대하여 전원을 공급하기 위한 발전 장치를 말하며 디젤 엔진형, 가솔린 엔진형, 가스터빈 엔진형, 스팀터빈 엔진형 등으로 구분된다.⁽¹⁾

이러한 비상용 발전기는 특수화학설비와 관련된 배관 또는 부속설비용 동력원의 고장에 의한 화재 및 폭발을 방지하기 위한 예비동력원의 목적 뿐만 아니라, 최근에는 데이터센터처럼 정전에 있어 큰 경제적 손실을 받거나 상시전력공급이 요구되는 시설에 안정적인 전력 공급을 목적으로 사용되고 있다.⁽²⁾

본 연구의 대상건물은 주변(최단 거리 6.5m)에 고층 건물이 조밀하게 있는 도심지역에 위치한 데이터센터로 건물 지하층에 3대의 비상용 발전기가 설치되어 있다. 시설 특성상 시설점검을 위해 빈번하게 비상용 발전기 가동시험을 시행하고 있어, 인근건물에서 발전기 가동소음으로 인한 민원이 지속적으로 발생하고 있다. 게다가 최첨단 IT시스템 및 애플리케이션의 증가 등으로 IT업체의 수요가 증가됨에 따라 데이터센터 내 설비가 증설되면서 데이터센터 외부에 신규 비상용 발전기를 설치할 예정이다. 따라서, 발전기의 병렬운전으로 인해 모든 발전기가 동시 가동됨에 따라 인근지역에 대한 소음영향은 더욱 커질 것으로 판단된다.

당 현장의 경우, 신규 설치 예정인 발전기의 제조업체에서 제시된 기본적인 방음대책이 있었으나, 적용 후 민원건물에서의 소음수준을 예측하지 못하였다.

따라서, 효과적이고 경제적인 대책수립을 위해서는 소음진동 전문가의 정량적이고 면밀한 소음영향 검토가 필요하며, 이를 위해 현장 소음측정 자료 및 3D 소음해석을 통해 최적의 소음저감 대책을 제시하였다.

† 교신저자; 정회원, 유노빅스이엔씨(주) 기술연구소

E-mail : unslab@nate.com

Tel : 02-556-8466, Fax :02-556-8460

* 정회원, 유노빅스이엔씨(주) 기술연구소

** 유노빅스이엔씨(주)

2. 본 문

2.1 평가대상지역 현황 및 소음설계기준

(1) 대상지역 현황

대상 지역의 현황을 살펴보면 데이터센터(지상 10층, 지하 3층)를 중심으로 남서쪽에는 지상 18층 건물(민원건물(I))이 위치하고 있고, 남동쪽에는 지상 10층 건물(민원건물(II))과 쇼핑몰 등이 위치하고 있다. 도로의 경우에는 데이터센터와 민원건물(I), (II) 사이에는 보행자 도로가 있으며, 외곽으로 6차선과 2차선 도로가 위치하고 있다.



Fig. 1 Photograph of the assessment area

(2) 소음 발생원 현황

데이터센터의 주요 소음원은 발전기 가동 시 발전기 급기·배기·환기타워에서 발생하며, 대상건물인 데이터센터와 민원건물(I) 사이 보행자 통로 옆에 위치하고 있다. 또한 지하주차장 램프(ramp) 위에 추가적으로 신규 발전기가 신설될 예정이다.

기타 소음원으로는 야외 주차장 양 끝단에 위치하고 있는 주차장 급기·배기타워에서 발생하는 소음과 대상건물 주변도로에서 발생하는 차량소음이 있다.

발전기 관련 소음원과 민원건물 간의 최단 이격거리는 민원건물(I)의 경우 약 6.5m, 민원건물(II)는 약 41m 정도이다.

(3) 소음설계기준

본 현장에서 소음수준을 평가하는데 기준이 되는 법규는 실외 소음환경 기준인 소음진동 관리법(2010. 07. 01 개정)상의 생활소음 규제기준이다. 이 기준을 토대로 평가대상지역, 소음원의 특성 및 민원지역을 고려하여 가장 엄격한 수준인 야간 시간대 기준(55dB(A) 이하)을 평가 소음기준으로 설정하였다.

Table 1 Noise criteria in site

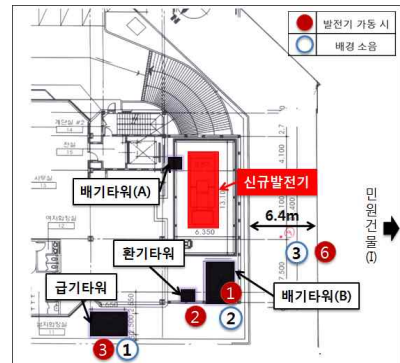
관련법규	구분	소음 기준	소음 설계 목표	
소음진동관리법 (2010. 07. 01) 생활소음 규제 기준	그 밖 의 지 역	사 업 장 기 타	60 dB(A) 이하 (아침, 저녁)	55 dB(A) 미만
			65 dB(A) 이하 (주간)	
			55 dB(A) 이하 (야간)	

2.2 소음측정 및 평가

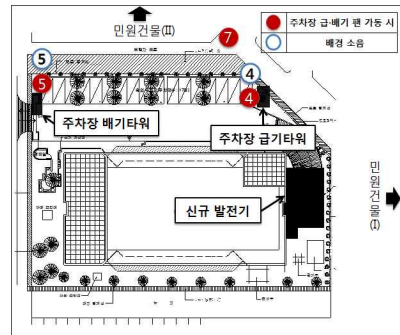
(1) 개요

기존 소음원의 크기 및 주파수 특성을 파악하기 위하여 데이터센터 인접지역에 대한 현장측정을 실시하였다.

지하층에 설치된 기존 소음원(발전기 #1~#3, 주차장 급·배기) 가동 시 인근지역에 미치는 소음영향을 파악하기 위하여 Full 부하 가동 후 측정하였으며, 가동 정지 후 동일한 위치에서 배경소음을 측정하였다. 소음의 측정은 소음·진동 공정시험방법에 준하여 시행하였다.



(a) when operating generators



(b) when operating car parking supply & exhaust fans

Fig. 2 Position of measurement point

Table 2 Results and assessment of noise measurement

No.	측정위치	측정대상	소음도 (dB(A), Leq)	비고	No.	측정위치	측정대상	소음도 (dB(A), Leq)	비고
1	①	배경 소음	53.5		7	㉒	지하 발전기 환기	85.4	
2	②		53.6		8	㉓	지하 발전기 급기	69.0	
3	③		54.0		9	㉔	지하 주차장 급기	64.8	
4	④		52.7		10	㉕	지하 주차장 배기	69.4	
5	⑤		55.7		11	㉖	민원건물(I) 입구	82.3	N.G
6	㉑	지하 발전기 배기	90.9		12	㉗	민원건물(II) 입구	51.2	O.K

(2) 소음측정 결과 및 평가

배경소음 및 대상소음에 대한 소음측정 결과는 Table 2에서 보는 것과 같다.

주차장 급·배기 가동 시, 민원건물(II)측에서의 소음 수준은 배경 소음과 유사한 수준으로 나타나 평가대상지역의 소음허용기준을 만족하는 것으로 나타났다.

발전기 관련 소음원들의 경우에는 측정위치 ㉖에서 82.3dB(A)로 나타나 관련기준(55dB(A))을 약 27dB 초과하였다. 따라서, 해당 소음원들에 대한 대책 마련이 필요할 것으로 판단된다.

2.3 기존 소음원 해석 및 평가

기존 소음원에 대한 평가대상지역의 소음영향을 3D 소음해석을 통해 예측하고 관련기준에 대비하여 평가하였다. 단, 해석 시 배경소음은 고려하지 않았다.

(1) 소음해석 모델링

해석 모델링은 Fig. 3 (a)와 같이 대상건물과 소음원이 모두 표현될 수 있도록 모델링 하였다. 건물 모델링 작업 시 부지 내 소음에 대한 기여도가 낮은 작은 건물이나 설비들은 고려하지 않았다.

(2) 소음원 산정

기존 소음원에 대한 소음 전달특성을 파악하기 위하여 기존 발전기에 대한 현장측정 자료를 활용하여 소음원의 주파수별 소음도를 산정하였다.(식 1~3 참조)⁽³⁾

기존 소음원은 소음원 크기 및 소음원과 측정위치의 거리를 고려하여 면음원으로 정의하였으며, 소음원의 토출방향을 고려하여 소음원의 지향성을 정의하였다.

Region I : $0 < r_1 \text{ and } r_2 < b/\pi$
 $L_{p,2} = \text{constant level}$ (1)

Region II : $b/\pi < r_1 \text{ and } r_2 < c/\pi$
 $L_{p,2} = L_{p,1} - 10\log_{10}(r_2/r_1)$ (2)

Region III : $c/\pi < r_1 \text{ and } r_2$
 $L_{p,2} = L_{p,1} - 20\log_{10}(r_2/r_1)$ (3)

where

b, c = width and length, respectively, of radiating plane (b<c) (m)

r₁, r₂ = radial distances(r₁<r₂)

L_{p,2} = sound pressure level at r₂ (dB)

L_{p,1} = sound pressure level at r₁ (dB)

(3) 소음해석 결과

기존 소음원에 대한 소음 해석을 수행하였으며, Fig. 3 (b), (c) 에서 보는 것과 같이 수평, 수직 단면에 대한 소음 지도(noise map)를 작성하였다. 이를 통해 인근지역으로 전달되는 소음수준을 예측하고 전과경향을 확인하였다.

이때, 소음해석 결과와 해당 위치에서의 현장 소음 측정 자료를 비교, 검토하였으며, 이를 기존 소음원 모델에 업데이트(update) 하여 최적화 하였다.

소음원 중 발전기 배기타워는 환기 및 급기타워에 비해 소음수준이 높고, 지상으로부터 높은 지점(배기 타워(A) : 5m)에 토출부가 위치하고 있으면서, 토출방향은 민원건물(I)을 향하고 있기 때문에 소음허

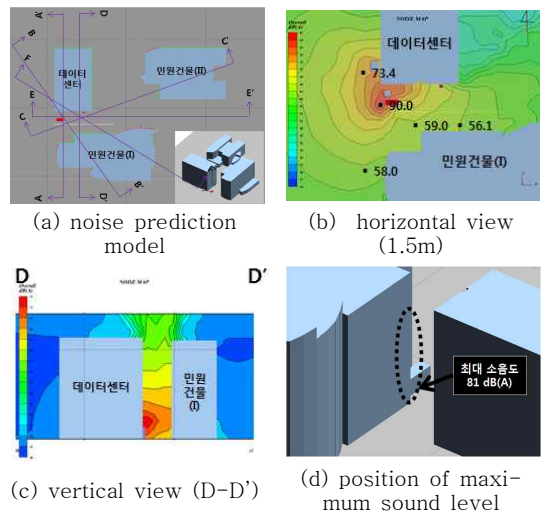


Fig. 3 Results of noise analysis

용기준치(55dB(A))를 초과하는 소음이 민원건물(I)의 옥상층까지 전달되는 것으로 예측되었다.(Fig. 3(c) 참조)

2.4 신규 소음원 해석 및 평가

기존 소음원에 신규 소음원이 추가 시 기존 소음원 해석과 동일한 방법으로 평가대상지역의 소음영향을 예측하고 관련기준에 대비하여 평가하였다.

(1) 소음해석 모델링 및 소음원 산정

신규 소음원에 대한 해석 모델링은 기존 해석 모델링(Fig. 3 (a) 참조)에 신규 소음원을 추가하였다. 신규 소음원 해석 모델링은 Fig. 4와 같다.

신규 소음원은 발전기 제조업체에서 제공받은 신규 발전기의 주파수별 소음 DATA를 활용하였다.(Fig. 4 참조) 또한 기존 소음원과 동일하게 면음원으로 정의하였으며, 소음원의 토출방향을 고려하여 소음원의 지향성을 정의하였다.

(2) 소음해석 결과

소음 해석은 기존 소음원과 동일한 조건으로 수행하였으며, 그 결과는 Fig. 5에서 보는 것과 같다.

해석결과, 상부방향(옥상층)으로 전달되는 소음수준은 기존 소음원만 존재했을 때의 소음수준과 비교하여 약 1dB 정도 상승하는 것으로 나타났다.

하지만 수평방향으로 전달되는 소음은 신규 발전기가 설치될 경우 최대 약 14dB 정도의 소음이 증가될 것으로 예측되었다. 이는 신규 발전기의 가동 소음이 발전기 외함을 투과하여 전달되는데 기인한다.

(3) 결과 분석 및 평가

① 최대 소음도 발생 위치

기존 소음원 및 신규 소음원에 대한 소음 해석 결과를 살펴보면, 신규발전기 추가 시 민원건물(I) 층의 소음도가 다소 증가하는 것으로 나타났으나, 평가대상지역에 최대 소음도 발생 위치는 기존 소음원만 있을 때와 동일하게 나타나는 것으로 예측되었다.(Fig. 5 (d) 참조) 이는 신규 발전기의 소음 발생수준이 85 dB(A)로 높지만, 기존 발전기의 배기연도(A, B)에 의한 소음이 신규발전기 배출소음 보다 6 dB 이상 크기 때문에 최대 소음도 발생 위치에 변화를 주지는 못하는 것으로 판단된다.

② 기준 대비 평가

해석 결과, 최대 소음도는 민원건물(I) 입구측 높이 5m에서 약 81 dB(A)로 예측되었다. 이는 평가대상지

역의 소음허용기준(55dB(A))을 26dB 초과하는 것으로 관련기준을 만족하지 못하였다.

따라서, 별도의 소음을 저감할 수 있는 대책방안이 필요할 것으로 판단된다.

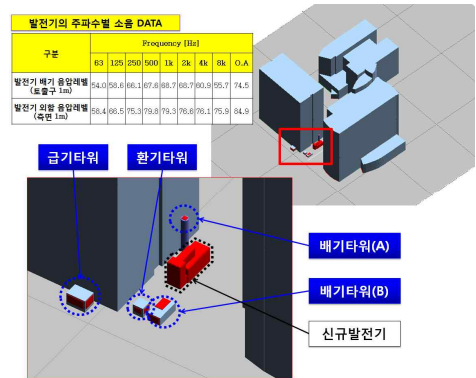


Fig. 4 Photograph of the analysis model of noise

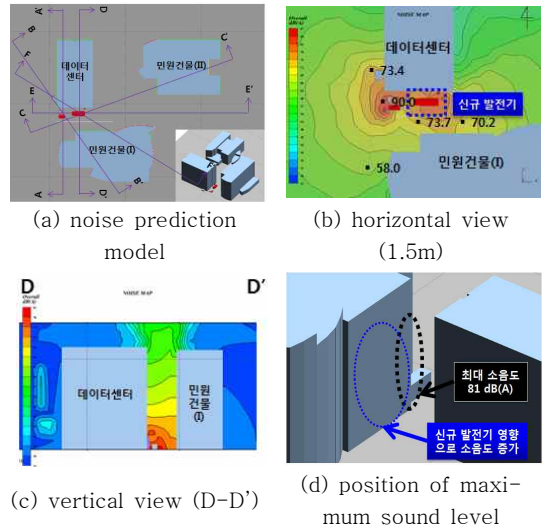


Fig. 5 Results of noise analysis

(4) 기초 설계안 검토

신규 설치 예정인 발전기의 제조업체에서 제시된 기본적인 방음대책안의 타당성 및 효과를 파악하기 위하여 방음대책 Case별 소음해석을 수행하였으며, 예측된 소음수준을 관련기준에 대비하여 평가하였다.

Table 3에서 보는 것과 같이 방음대책(Case 1~3) 적용 시 인접지역으로 전달되는 소음수준을 예측한 결과, 최대 예측소음도가 관련기준을 모두 초과하는 것으로 나타났다.

따라서, 보다 효과적으로 소음을 저감시킬 수 있는 추가적인 대책방안이 필요할 것으로 판단된다.

Table 3 Summary of results of the initial noise-countermeasure

구분	Case 1	Case 2	Case 3
대책 방안	<ul style="list-style-type: none"> ■ 신규 발전기실 설치 ■ 신규 발전기실 급기구 (건축루버) ■ 배기연도(A, B) 소음기(2m) ■ 배기연도(E) 1, 2차 소음기 (출구단75 dB(A) 기준적용) 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 신규 발전기실 설치 ■ 신규 발전기실 급기구 (소음루버 길이 300mm) ■ 배기연도(A, B) 소음기(2m) ■ 배기연도(E) 1, 2차 소음기 (출구단75 dB(A) 기준적용) 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 신규 발전기실 설치 ■ 신규 발전기실 급기구 (소음루버 길이 300mm) ■ 배기연도(A, B) 소음기(2m) ■ 배기연도(E) 1, 2차 소음기 (출구단75 dB(A) 기준적용) ■ 방음벽 설치길이 51m (높이:9.5m, 끝단꺾임:0.5m)
최대 예측 소음도	70 dB(A)	62 dB(A)	61 dB(A)
관련 기준	55 dB(A) 이하	55 dB(A) 이하	55 dB(A) 이하
평가 결과	N.G	N.G	N.G



Fig. 6 Flow chart of the noise-countermeasure

2.5 소음저감 대책 검토

(1) 소음원 특성 분석

추가적인 대책방안을 제시하는데 있어, 최적의 대책 방안을 제시하기 위해 현장 현황 분석을 통한 소음원의 특성을 분석하였다. 당 현장의 소음원 특성은 Table 4와 같다.

Table 4 Characteristics of the noise source in site

구분	내용
발전기 배기가스 배출유속	배기가스의 배출유속(35m/s)이 높아 음의 지향성 등 전파특성 고려 필요
발전기 배기가스 배출온도	배기가스의 배출온도(약 600℃)가 높아 배출 방향에 제한이 있음
소음원의 높이	배기연도의 높이(5m)가 높아 수직방향 소음영향권이 넓음

(2) 소음저감 대책방안

소음원의 특성을 고려하여 소음기, 소음루버, 소음 엘보 등을 조합한 대책들을 검토하였다.(Fig. 7 참조) Fig. 6은 기존 및 신규 발전기 관련 소음원에 대한

소음저감 대책방안을 검토하고 제시하는데 있어, 일련의 과정에 대한 흐름도이다.

추가 대책방안 필요함에 따라 우선 소음설계 기준(55 dB(A)미만)을 만족하기 위해 대책 1~3을 수립하였다. 하지만 대책 1, 2는 현실성이 부족하였고 대책 3은 현실성은 충분하지만 평균 배경소음을 고려했을 때, 소음허용기준을 다소 초과할 수 있다.

이에 대책 3에 추가대책을 검토하였다. 검토결과, 대책 6~8의 최대 예측 소음도는 약 48dB(A)로, 배경소음도와 대상소음도가 동일하다는 가정 시(52dB(A))에도 소음허용기준(55dB(A)이하)을 만족할 것으로 판단된다. 여기서, 상기 대책 중 발전기 운행에 대한 영향성(정압 등), 시공성 및 간섭 측면을 고려해 볼 때, 대책 8안이 적절할 것으로 판단된다.

대책 적용 시, 모든 수음점에서의 최대 예측소음도는 47.9dB(A)이하로 나타나, 평가대상지역의 주·야간 소음허용기준을(주간:65dB(A), 야간:55dB(A)) 모두 만족할 것으로 판단된다. 대책 8의 세부구성은 Table 5와 같다.

3. 결 론

데이터센터 부지 내에 신규 설치 예정인 발전기와 기존 발전기 가동 시 발생하는 소음이 인접지역으로 전달되는 소음영향을 검토하고, 관련 소음허용 기준과 비교 평가하여, 기준 초과 시 소음저감 대책을 제시하고자 하였다.

기존 소음원 및 신규 소음원에 대한 소음 해석 결과, 민원건물(I) 입구 측에서 최대 소음도가 발생하였으며 소음수준은 81dB(A)로 예측되었다. 이는 평가대상지역의 허용 소음기준 55dB(A)를 초과하는 것으로 관련기준을 만족하지 못하였다. 따라서, 소음원에 대한 별도의 소음저감 대책방안이 요구되었다.

또한 발전기 제조업체에서 제시된 기본적인 방음대책에 대해 소음해석을 수행한 결과, 최대 예측 소음도가 관련 기준을 모두 초과하는 것으로 나타났다.

Table 5 Summary of results of the noise-countermeasure

구분	대책 8
개략도	
기존 소음원	<ul style="list-style-type: none"> ■ 배기연도(A) 연장(11.5m) 및 소음기(길이 3000mm) 적용 ■ 배기연도(B) 소음기(길이 4000mm) 및 소음엘보 적용 ■ 배기연도(B) 토출 위치 변경 ■ 환기타워(D) PIT 소음기(길이 2100mm)
신규 소음원	<ul style="list-style-type: none"> ■ 신규 발전기실(급기 단면적 14.7m²) (소음루버 길이 900mm) ■ 신규 발전기실 체원 변경 (길이 13.1m → 11m, 높이 6m → 6.5m) ■ 배기연도(E) 1, 2차 소음기 - 1차 소음기 길이(1m) 연장 및 토출 방향 변경
기타	<ul style="list-style-type: none"> ■ 방음벽 설치길이 35m(H:10m, 끝단꺾임 1m) - 소음루버 길이 600mm ■ 방음벽 설치위치 이동
최대 예측 소음도	48 dB(A)
관련 기준	55 dB(A) 이하
평가 결과	O.K

따라서, 추가적인 대책방안이 필요함에 따라 8가지 방안을 제시하였다. 검토 결과, 발전기 운행에 대한 영향성(정압 등), 시공성 및 간섭 측면을 고려해 볼 때, 대책 8안이 적절할 것으로 판단되었다.

대책 8안이 수립될 경우, 민원건물(I), (II)에 인접하는 모든 수음점에서의 최대 예측 소음도는 47.9 dB(A)로 나타나, 평가대상지역의 주·야간 허용 소음기준을(주간 : 65 dB(A), 야간 : 55 dB(A))모두 만족할 것으로 판단된다.

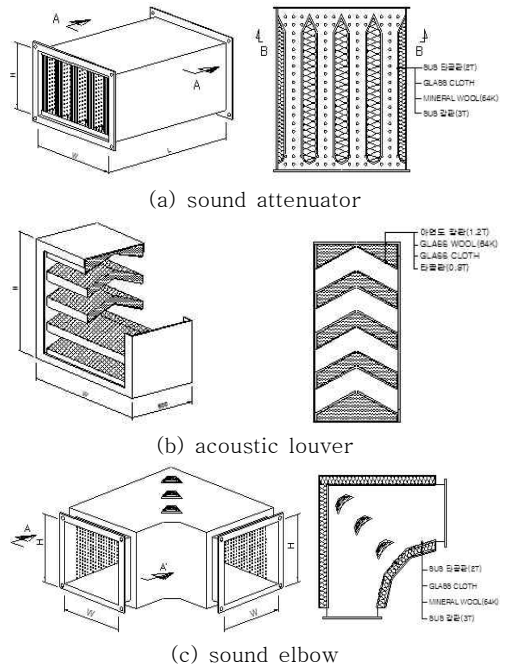


Fig. 7 Drawing of the noise reduction equipment

참 고 문 헌

- (1) KOSHA CODE. E-21-1999.
- (2) Kim, W. J., Jeon, M. K. and Kim, J. G., 1996, Source Identification and Countermeasure Application for Outdoor Noise of Diesel Engine Generator, Proceedings of the KSNVE Annual Autumn Conference, pp. 50~55.
- (3) Bell, Lewis H., 1982, Mechanical Engineering-Industrial Noise Control : Fundamentals and Applications, Marcel Dekker, Inc.
- (4) L.L. Beranek, 1992. L.V. Istvan, Noise and Vibration Control Engineering-Principles and Applications, John Wiley & Sons Inc.