소음작업장 개선효과 예측을 위한 시뮬레이션 프로그램 활용

- A simulation program practical use to forecast the improvement effectiveness of the work place noise. -

양 홍 석*
Yang Hong Seok
이 강 복*
Lee Kang bok
윤 의 식*
Youn Eui Sik
강 경 식**
Kang Kyung Sik

Abstract

Prescribed according to the occupational safety and health low noise measurement method was changed to personal sampling in the method to measure an area noise. Such method had the limit which did not evaluated characteristic of sound of occurrence and the place of origin.

This study was performed to establish an engineering remedy of the work-place noise. The subject was a vibration control process of the place of business in Pusan. A simulation program applied for an engineering improvement of the work-place noise.

The results were as follows:

1. An noise occurrence level of the work-place before improvement was 88~97dB(A), We applied an improvement method to be established and were expected to 80~119dB(A).
2. The level of the noise-distribution to appear in the place of origin of the work-place before improvement was 90~93dB(A) but, We executed the simulation after applied an engineering remedy and predicted 80~85dB(A). A result of the simulation blue part was changed mostly into the dark blue color.

The results suggest that simulation program establishes an engineering remedy and is useful to the case to apply.

* 명지대학교 산업공학과 박사과정
** 명지대학교 산업공학과 교수
2005년 5월 접수; 2005년 6월 수정본 접수; 2005년 6월 게재 확정

1. 서 론

산업의 급속한 발달과 현대화가 진행되는 과정에서 작업장에서 사용되는 설비가 대형화, 고속화 및 자동화되어 가고 있고 이러한 결과로 현대산업사회에선 소음이 중요한 사회문제로 대두되고 있고 이러한 결과는 소음성난청이라는 직업병을 발생시키기도 한다. 이러한 상황에서 소음의 정밀한 측정방법이 계속적으로 요구되어 왔고, 산업안전보건법에는 지역소음을 측정하던 방법에서 개인노출량위주의 측정 방법으로 바뀌어 왔다.

산업안전보건법의 소음측정 방법은 첫째, 지역적인 측정방법으로 지시소음을 측정하여 등가레벨로 평가하게 되어 있고 둘째, 개인노출량을 측정하는 소음노출량측정방법이 규정되어 있다. (노동부 고시 제 2003-62호, 작업환경측정 및 정도관리 규정)그리고 소음측정시 음압레벨, 등가소음도, 개인폭로도의 측정방법별 소음수준들이 유의한 차이를 보여 누적소음폭로량측정기를 이용한 소음의 노출량을 평가하는 방향으로 측정방법의 개선을 제안하고 있다.(심철구등,1995) 이러한 노출량 위주의 측정은 불규칙적이고 작업자가 이동작업을 하는 경우의 소음측정에 있어서 많은 오차 범위를 줄여 준 것이 사실이다.

그러나 이러한 누적소음폭로량의 측정방법은 개인의 소음 노출정도는 알 수 있지만, 발생음의 특성과 발생원등을 파악하는 데에는 한계가 있다. 그리고 작업장의 공학적인 개선시에는개인노출량 보다 오히려 지역소음을 측정하여야 한다.

작업환경관리백서에 의하면 소음은 매년 그 초과율이 20%를 상회하고 있고 초과 사업장수도 6,000여개의 사업장이 초과하고 있는 것으로 나타났다. 그리고 노출초과공정 세부개선현황을 보면 보호구지급의 개선내용이 90%정도를 보이고 있는데(2003년도 작업환경관리현황, 노동부 산업안전국,2004.9) 작업환경의 개선에 있어서 개인보호구는 일시적인 대책에 속하며 궁극적 대책은 공학적개선이기 때문에 공학적 개선방안의 수립을 위한 보다 정밀한 측정방안이 요구되어 오고 있다.(산업위생학개론, 백남원,1995년 신광출판사)

소음 시뮬레이션 프로그램인 Raynoise는 Geometric acoustic 이론을 바탕으로 하여 실내 및 실외에서의 음의 확산, 회절, 반사, 흡수 현상을 modeling 할 수 있는 음분포 예측 컴퓨터 상용 소프트웨어이다. GUI 환경 속에서 쉽게 3D 화면상의 대상물체를 표현하고 음의 분포와 각각의 point 에서의 잔향음의 분포, 음압 등을 구함으로서 실내의 소음 음압분포를 예측할 수 있다. 일반적으로 음악당, 스포츠 센터, 강당등의 최초 설계 형태 및 마감재 중 흡음성의 성능 예측과 각종 환경 소음의 확산 경로 및 이를 이용한 방음벽의 설계와 실내 작업장의 소음 분포 contour제작 등에 적용된다.(Ray noise Rev 3.0., Building Acoustics and Industrial Noise simulation)

이에 본 연구는 Raynoise를 활용한 작업환경소음을 측정하는 방법과 활용방안에 대해서 연구하였다.

2. 대상 및 방법

2.1 대상

측정 및 적용모델은 부산에 소재하고 있는 A사의 제진공정을 대상으로 해당공정 작업장의 제진작업시 발생하는 소음의 발생정도는 지시소음계로 측정시 88dB(A) ~ 97dB(A)정도의 소음분포를 보이는 작업장을 대상으로 하였다.

2.2 측정장비 및 측정방법

2.2.1측정장비

해당 공정에서 발생하는 소음,진동의 크기를 측정하기 위하여 일본 RION사의 NL-18 Sound 소음계로 소음원의 주파수 특성과 소음도를 파악하였으며, 1/4 inch microphone을 사용하여 소음값을 Symphonie(소음진동 측정분석장비)에 레코딩하여 실험실에서 분석 하였다.

2.2.2측정방법

①현황파악

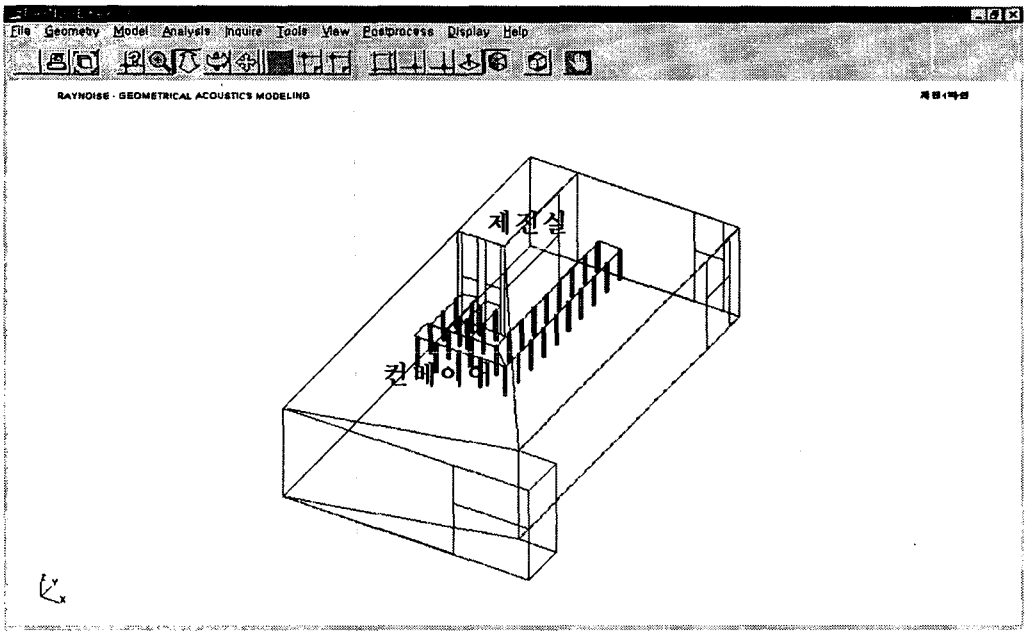
작업현장의 소음문제를 해결하기 위하여 공장 시설 중 소음이 심하게 발생하는 지점들을 파악하였다. 소음과 관련하여 NL-18 Sound level meter로 주파수 분석과 실시간 음레벨을 측정하였다. 측정위치는 주된 소음원으로 파악된 설비와 기계를 중심으로 설정하였으며, 소음,진동크기의 가시적인 효과를 높이기 위한 도면화 작업을 수행하기 위해 거리측정 및 도면확보 등의 기초작업을 병행하였다.

소음과 진동의 크기와 불쾌감을 야기하는 주파수 대역을 찾아내기 위하여 1/4 inch micr ophone 2개와 accelerometer를 교대로 Symphonie에 연결하여 측정데이타를 저장하였다. 이 저장된 파일은 나중에 실험실에서 FFT분석과 Time domain분석을 위해 사용하였다.

②Raynoise 적용

아래의 그림과 같이 위의 그림은 A사 작업장의 실내 모습을 AutoCad를 이용하여 작성한다.

소음 모델링 입력을 위한 preprocess 작업의 모습이다. 실재 작업장을 3D로 옮겨 소음 모델링을 위한 면처리를 하는 과정으로 이 과정을 거쳐 모델링의 geometry를 완성한다.



< 그림1 > 캐드로 그린 작업장 Lay-out

주파수분석자료를 모델링 sofrware(Raynoise)에 입력하여 소스 한개당 2000개의 ray를 방출시켜 geomerty inside의 면에서 반사, 흡수, 투과를 계산하여 전체 작업장의 음압 contour를 작성할 수 있다. 그리고 각 공정별 주된 소음원과 그 주파수를 효과적으로 제어하기 위한 공학적인 개선방법을 제시하고 개선안을 적용하여 동일방법으로 Simulation 한다.

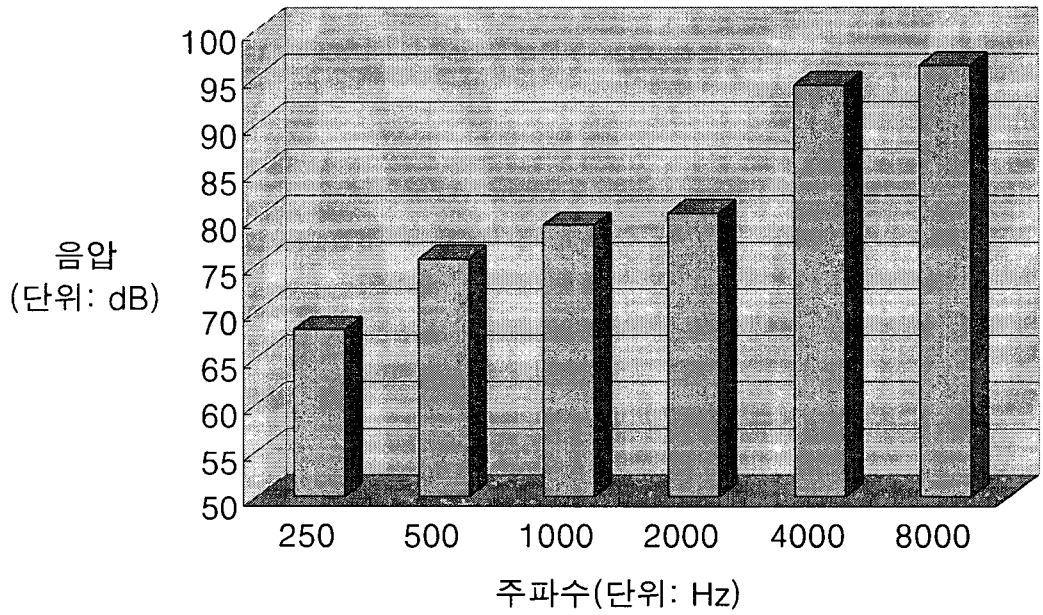
3. 성 적

3.1 공학적 개선안 적용

제진실의 정면의 아무것도 안 끼워진 공간에 아크릴을 이용하여 창문을 만들고, 제진실에서 제진작업후 컨베이어로 이송되어 현장으로 나오는 데 제진실에서 현장 쪽으로 진행하는 컨베이어의 격이는 부분까지 1m정도 길이로 터널을 만들어 해당 공정을 관리하는 현장 개선안을 제시하였다.

3.2 주파수분석자료

제진공정 소음원의 1/1옥타브 주파수분석 자료이다

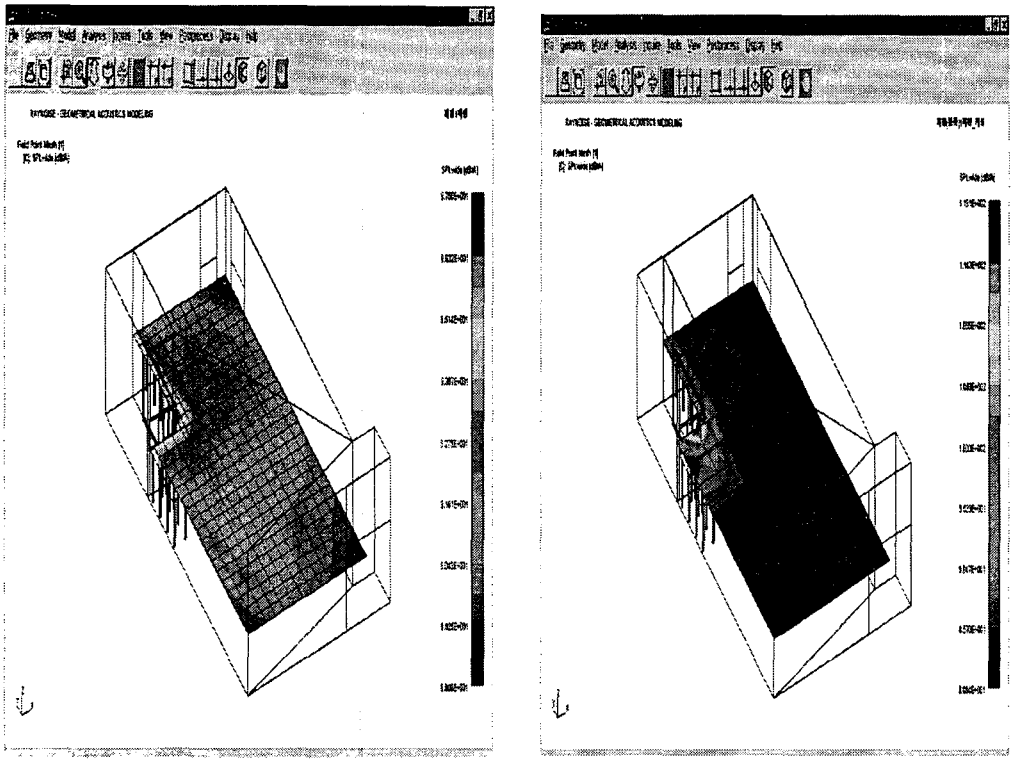


< 그림2 > 소음원의 주파수 분석 자료

3.3 Simulation 결과(개선 후 효과 예측)

1.작업장의 소음 발생정도는 개선 전이 88dB(A)~97dB(A) 정도이고 개선안을 수립하여 개선안을 적용하였을 경우 예측 기대소음은 80dB(A)~119dB(A) 정도로 예측되었다. 예측기대소음의 음압중 119dB(A)는 제진공정룸에서 터널을 통하여 밖으로 이송되는 터널의 처음부분에서 제진공정룸의 반사된 소음이 토출부로 몰린 현상으로 보인다. 터널의 마지막토출부분인 컨베이어의 꺽이는 부분에서는 91dB(A)에서 85dB(A)로 낮아졌다.

2.발생원에서 발생한 소음의 전파결과 해당 작업장의 주 소음분포는 개선 전 90dB(A)~93dB(A)정도였으나 공학적 개선안의 적용 후 예측되는 소음분포는 80dB(A)~85dB(A)일 것으로 시뮬레이션 결과 예측되었고 시뮬레이션 결과 하늘색 부분(90dB(A))이 대부분 청색계통(80dB(A))으로 바뀌었다.



(개선전 시뮬레이션) (개선후 시뮬레이션)

< 그림3 > 시뮬레이션 프로그램을 활용한 개선전과 후의 자료

4. 고 찰

컴퓨터 시뮬레이션에 의한 음향평가 예측 방법은 비교적 짧은 시간에 많은 정보를 알아낼 수 있다는 점에서 유용한 방법으로 사용되고 있다. 컴퓨터 시뮬레이션을 이용한 음장해석 방법은 국내·외의 많은 연구결과에 의해 그 타당성이 검증되고 있다. (오양기등)

음향학에서 음장을 해석하는 방법은 파동 음향학, 기하 음향학, 통계 음향학으로 나눌 수 있다. 작업환경소음과 같이 음파의 파장이 대상공간에 비해 상대적으로 작을 경우, 소리의 파동성보다는 기하학적인 고찰에 의해서 해석하는 것이 보다 효율적이다.

건축물, 선박, 작업장 실내, 철도차량 그리고 항공기와 같이 규모가 크고 넓은 공간상의 구조물을 해석할 경우 내부 음향학적 특성을 에너지의 흡수와 투과량 등으로 고려한 기하음향학의 개념이 도입되고 있다. 이에 대한 방법으로 수음자에서 소음원까지의 음원 반사경로를 추적하기 위해서 거울상 음원을 사용하는 거울상 음원법 (Mirror Image Source Method)과 음원에서 발생하는 음향 파워를 다수의 레이로 나누어 방사시키는 레이추적법(Ray Tracing method)으로 나눌 수 있다. 그리고 두 방법의 장점을

채택한 콘형 빔법(Conical Beam Method) 및 삼각형 빔법(Triangular Beam Method)과 같은 혼성법(Hybrid Method)이 있다.
소리를 음선으로 고려하는 경우, 음선은 일정 위상면에 대해서 수직인 선으로 정의되며, 음속은 공간의 함수이며 소리를 파장으로 고려하는 것보다는 해석이 쉽다. 그러나 이는 파에 대한 엄밀한 표현이 아니고 근사적으로 유용하다. 그러나 공간적으로 연속성 있게 퍼져 나가는 음압의 전달과정을 빛과 같이 유한한 숫자의 선형전달로 분석해내야 한다는 알고리즘상의 한계, 그리고 분석 대상공간의 모든 마감구조의 정확한 음향특성을 알기 힘들다는 현실적인 문제 등에 의해 그 적용의 폭이 제한된다는 점도 고려해야한다.

음원에서 수음점까지 음의 전파를 예측하는 조건은 음파의 진폭이 파장에 비해 거리당 변화가 적고 음속도 파장에 비해 거리 당 변화가 작아야 한다. 또 진폭이 급격히 감소하는 빔의 가장자리에서 음의 회절(Diffraction)현상으로 인한 오류를 보완하기 위해서 음파의 공간적 확산이 지나치게 국부적으로 변화를 가져오지 않도록 위상 레이 추적기법(Phase Ray Tracing)을 사용한다. 레이가 벽면에 부딪쳤을 경우 일부는 반사되고 일부는 벽면을 투과하는데 내부와 외부사이의 투과손실을 투과음원의 개념을 사용하여 모델링 할 수 있다. 투과음원은 다각형면의 면적중심에 위치하여 표면에 수직한 축에서 반구형으로 방사한다. 투과음원의 파워는 가진 레벨의 크기와 벽면의 투과손실에 의하여 결정된다.(Farina A., Proceeding Euronoise, p55)
소음의 시뮬레이션 결과를 볼 때, 위의 개선 전 그림과 비교해 보면 파란색의 영역들이 많이 증가함을 볼 수 있다. 이렇게 공장내에 전파되어는 소음의 영역을 예측함으로써 개선 안의 타당성 여부를 평가할 수 있다.
이러한 일련의 과정을 통하여 기존의 소음노출량측정기(=Noise dosimeter)를 이용한 단순 작업장 소음환경 측정 및 평가에서 한 단계 진보하여 동일 작업장 안에서도 소음으로 인한 위험 지역이 존재함을 가시화 할 수 있고 이런 위험지역에서의 작업시간을 단축함으로서 작업자의 청력손실을 최소화 할 수 있을 것이다.
시뮬레이션 결과로 보아 시뮬레이션 프로그램은 공학적 개선안을 수립하여 적용하고자 하는 경우에 있어서의 개선후의 효과를 미리 예측해 보는데 있어서 유용한 프로그램이다.

5. 결 론

본 연구에서는 소음의 공학적 개선안 적용을 위하여 Ray noise 프로그램을 활용하여 부산에 소재하고 있는 A사의 제진공정을 대상으로 해당 작업장에 공학적인 개선안을 수립하고 개선전에 이의 개선 효과를 예측해 보기 위해 Simulation 한 결과는 다음과 같다.
1.작업장의 소음 발생정도는 개선 전이 88dB(A)~97dB(A) 정도이고 개선안을 수립하여 개선안을 적용하였을 경우 예측 기대소음은 80dB(A)~119dB(A) 정도로 예측되었다. 예측기대소음의 음압중 119dB(A)는 제진공정룸에서 터널을 통하여 밖으로 이송되는 터널의 처음부분 에서 제진공정룸의 반사된 소음이 토출부로 몰린 현상으로 보인다. 터

널의 마지막토출부분 에서는 91dB(A)에서 85dB(A)로 낮아졌다.
2.발생원에서 발생한 소음의 전파결과 해당 작업장의 주 소음분포는 개선 전 90dB(A)~93dB(A)정도였으나 공학적 개선안의 적용 후 예측되는 소음분포는 80dB(A)~85dB(A)일 것으로 시뮬레이션 결과 예측되었고 시뮬레이션 결과 하늘색 부분(90dB(A))이 대부분 청색계통(80dB(A))으로 바뀌었다.

이상의 결과로 보아 시뮬레이션 프로그램은 공학적 개선안을 수립하여 적용하고자 하는 경우에 있어서의 개선후의 효과를 미리 예측해 보는데 있어서 유용한 도구이다.
그리고 노출량, 등가소음의 측정방법으로 규정되어 있는 현행 법규에 소음에 대한 공학적개선을 위한 측정방법 등이 다양하게 규정되어야 할 것이다.

6. 참 고 문 헌

[1] 노동부, 제2001-39호 작업환경측정 및 정도관리 규정, 2003.12.31
[2] 심철구, 노재훈, 박정균 소음측정에 따른 평가 소음도 비교, 산업위생학회지 제5권 제2호 1995
[3] 노동부, 2003년판 작업환경관리백서, 2004.9
[4] 백남원, 산업위생학 개론, 신광출판사 ; 1995
[5] Ray noise Rev 3.0., Building Acoustics and Industrial Noise simulation : 2000
[6] 오양기, 주현경 Raynoise를 이용한 초등학교 교실의 음향최적화 설계에 관한 연구, 목포 대학교 논문집, 1999
[7] Farina A., Proceeding Euronoise, p55

저 자 소 개

양홍석 : 한국안전환경연구원 이사이며 명지대 박사과정이다.
주요관심분야는 산업보건, 소음진동분야이다.

윤의식 : 한진정보통신 수석컨설턴트이며, 명지대학교 박사과정이다.
주요관심분야는 물류정보시스템 및 수송안전관리이다.

이강복 : 삼성SDI(주)중앙연구소에 근무하면 명지대 박사과정이다.
주요관심분야는 산업보건시스템이다.

강경식 : 명지대학교 산업공학과 교수이다.
주요관심분야는 생산관리, 안전관리등이다.