

곡관 종류에 따른 배수관내의 소음 저감에 관한 실험적 연구

Experimental Study on the Noise Reduction of Drainage Pipe by a kind of Curve Pipe

김정훈[†](경희대학원)·심동혁*(경희대학원)·김경훈**(경희대학원)
Jeong-Hoon Kim, Dong-Hyouk Shim, Kyoung-Hoon Kim

Key Words : apartment house(공동주택) drain noise(배수소음), plumbing system(배관시스템)

Abstract : The effect where the multiple sound arresting goes mad to the human being does the zone. From like that cotton, this dissertation the both sides flag executed the research regarding a sound arresting reduction in the object in one example. It compared the piping structure which generally is space-time and a specific piping structure and it tested and research and the modeling regarding a sound arresting reduction the simulation which leads and it executed result and comparison of existing it analyzed. The duplication where the reduction effect is bigger the result general VG2 piping structure than escape it did with the fact that it appears the large effect the piping structure which it connects. Also, the straight pipe effect of multiple sound arresting could not go mad with the fact that.

1. 서론

공동주택에 거주하는 사람이면 한번쯤 상부 세대에 발생하는 배수 소음으로 인한 불편함을 경험한 적이 있을 것이다. 대표적으로 주거 공간 내에서 발생하는 배수 소음은 욕실의 양변기, 세면대, 욕조의 배수소음과 주방의 싱크대 배수소음, 다용도실의 세탁배수, 발코니의 배수관 소음 등이 있다.

공동주택의 주거 환경 문제로 대두되는 것이 아파트 상하층간의 충격소음과 생활용수의 급배수 소음이 이웃간의 미묘한 문제를 야기하고 있다. 지금까지 이러한 소음에 관한 연구는 그 발생소음의 경향이나 민원발생건수 등 현상을 파악하는데 치우쳐 있었으며, 그 소음의 종류 및 원인에 관한 것은 미비한 상태이다.

배수 설비에서 발생하는 소음은 그다지 레벨이 높지 않고, 장시간 지속되는 소음이 아니기 때문에 쉽게 지나칠 수도 있을 법하지만 늦은 밤, 특히 취침을 취할 시간에 발생한다면 간과할 수만은 없을 것이다. 그중에서도 주거환경에서 가장 빈번하게 접하는 욕실 배수소음은 큰 영향을 미친다. 기존의 생활 소음실태 조사에 의하면 욕실 배수소음이 거주자에게 가장 인지도가 높은 것으로 나타났다. 또한 자신의

세대 내에서 발생하는 급배수 소음으로 인한 방해 정도를 분석한 결과 자신의 욕실 소음이 전달되는데 대한 프라이바시의 결여를 우려하는 반응을 보였으며, 신경질 또는 짜증을 일으킬 수 있는 것으로 나타났다. 따라서 이러한 소음 저감을 위해 여러 실험을 통하여 적절한 소음 저감 방안에 대하여 고찰하였다.

공동주택에서 발생하는 내부소음 중 바닥충격음 다음으로 높은 지적율을 보이고 있는 급배수 계통의 소음은 주거지가 고층화됨에 따른 하층의 수압상승, 구조체의 경량화에서 오는 설비계통 진동의 구조체를 통한 심한 전파 그리고 하층 욕실 천장구조의 배수소음 직접 전달 등의 요인들에 의해 소음 지적율이 높아 가고 있다.

공동주택 위층 화장실에서 발생하는 각 소음원이 아래층 세대에 기여하는 크기를 보면 변기 배수소음>욕조 급수소음>변기 급수소음>세면기 배수, 세면기 급수, 욕조 배수 소음 등의 순서로 세입자가 가장 불만스럽게 생각하는 것은 변기 세정시 발생하는 배수소음이다. 이는 양변기 배수시에 사이폰 현상에 의해 발생하는 진동이 슬리브를 통하여 인접 세대에 전달되거나(고체 전달음), 배수관 엘보를 진동시켜 아래층 세대에 전달되기 때문이다. 특히 국내의 욕실 배수 공법은 외국과는 달리 천장배관 공법을 적용하고 있어 아래층에 오배수음이 전달되기 쉬운 구조이다. 따라서 양변기 배수 소음은 공동주택 주민들의 불만도가 가장 높은 소음으

1. 변기내의 세정수 흐름에서의 세정음
2. Flash Valve나 불탑의 작동시 급수 발생
3. 급수 발생음의 진동이 배관계 및 구조체를 통하여 실내에 재방사되는 급수시 고체 전달음
4. 세정 배수시 관벽에서 실내에 방사되는 배수 발생음
5. 세정 배수시 관벽의 진동이 구조체를 통하여 실내에 재방사되는 배수시 고체 전달음

Table 1. 양변기 급·배수시의 소음

소음도	영향	비고
35dB	수면에 영향 없음 (수면 깊이 2.5도 내외의 속면)	침실내의 소음기준 (WHO)
40dB	수면 깊이가 2도 내외로 낮아짐(소음도가 35dB일때에 비해 취침 시간을 40%로 연장요망)	
45dB	수면 깊이가 1.5도 내외로 낮아짐(소음도가 35dB일때에 비해 취침 시간을 80% 연장 요망)	

Table 2. 속면시 소음에 따른 인간의 영향

지역의 유형		시간의구분		
		주간	조 석	야
AA	요양시설이 집합적으로 설치되는 지역등, 특별히 정온을 요하는 지역	45	40	35
A	주로 주거용으로 제공되는 지역	50	45	40
B	상당수의 주거와 병행해서 상업 공업등의 용도로 제공되는 지역	60	55	50

Table 3. 일본의 일반 환경 소음의 환경기준

로 거론되고 있다.

그러나 국내에서는 이와 같이 주거의 쾌적성을 악화시키는 급배수소음에 대한 체계적인 연구와 이것을 토대로 한 효과적인 대책마련이 이루어지지 못하고 있는 실정이며, 이는 급배수 계통 설비소음의 전파가 공기전송과 구조체 진동 전달이 복합적으로 이루어지기 때문에 그 정확한 경로의 파악이 어렵고 차단대책을 수립하는 것도 어려움이 있기 때문

으로 사료된다.

따라서 본 연구에서는 욕실 양변기 배수설비소음의 특성을 통하여 고찰하고 문제요소들과 영향요인들을 파악함으로써 실제 상황에 적용하여 저감방안에 대해 실험하고자 한다.

2. 이론적 고찰

2.1 측정값 계산

음압 레벨의 합산 :

$$L = 10 \log(10^{\frac{L_1}{10}} + 10^{\frac{L_2}{10}} + \dots + 10^{\frac{L_n}{10}}) [dB]$$

음압 레벨의 감산 :

$$L = 10 \log(10^{\frac{L_1}{10}} - 10^{\frac{L_2}{10}} - \dots - 10^{\frac{L_n}{10}}) [dB]$$

음압 레벨의 평균 :

$$L = 10 \log\left[\frac{1}{n} (10^{\frac{L_1}{10}} + 10^{\frac{L_2}{10}} + \dots + 10^{\frac{L_n}{10}})\right] [dB]$$

L : 배관별 소음 측정값

N : 측정 횟수(3회)

2.2 수격 현상

배관에 흐르고 있는 유체의 순간적인 에너지 변환의 일종으로, 일정한 유속으로 배관 계통을 흐르고 있는 유체가 밸브와 같은 유량 조절 장치의 갑작스런 개폐에 의해 유체의 운동 에너지가 압력에너지로 변환되면서 발생 하는 현상을 말하며, 이때 압축된 유체압력은 입관 또는 주관의 관경이 넓어지는 감압점까지 전달되며 동시에 이 사이에 에너지가 소멸될 때까지 파동적인 충격파로 왕복한다. 따라서 관내에는 정상압보다 높은 이상 압력이 발생하여 배관, 이음쇠, 밸브류, 기기류를 진동시키거나 충격음을 발생시켜 거주자에게 피해를 주는 것은 물론 배관계통의 수명을 단축시키고 구조체에 손상을 주며 누수의 원인이 되기도 한다. 이를 방지하기 위해서는 관내에 흐르는 유체의 유속을 낮추어야 하며, 급수관 상단이나 관말 부분에 급수관고 동일한 크기 또는 한구경 큰 공기실(Air Chamber)을 설치하여야 한다.

† 김정훈, 경희대학원
E-mail: kjh8989@hanmail.net
Tel: (031) 201-2883

* 경희대학원

** 경희대학원

3. 실측실험

3.1 실험방법

소음 실험은 각종 배관의 종류와 측정 장비를 조정한 후 적정 작동 유무를 확인한 후 실시하였다. 각 실험은 동일한 위치에서 동일한 수량(양변기는 평균 15ℓ/회)으로 3회 반복 실험을 하여 결과를 평균하였다. 실험은 주위 배경소음에 대한 영향을 줄이기 위해 심야를 이용하여 실시 하였다.

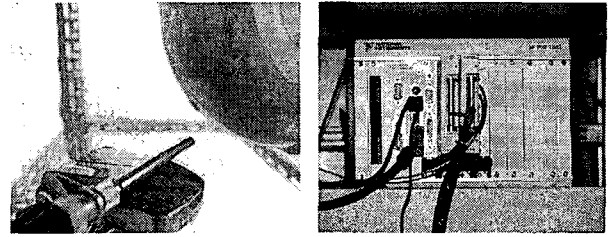
실험에서 사용된 양변기를 대상으로 <Table.4>와 같이 횡지관 및 곡관을 변경시키면서 반복 실험을 실시하였다. 실험이 실시된 실험실에 양변기와 배수시설을 설치하고, 실험 구조중 배관의 특성을 파악하기 위하여 VG-1, VG-2 및 2중배관, NC관, 나선관을 횡지관으로 선정하였고, 엘보의 특성파악을 위하여 일반엘보(DRF 100)와 2중이음관(L)과 2중이음관(S)및 DL 100을 선정하였다. 일반 VG2 배관 구조와 곡관을 변경한 배관구조와의 소음 저감량을 비교하였다. 또한, 전체 배관구조를 변경한 후, 기존의 일반 VG2 배관구조와의 실험을 통해 소음 저감 효과를 분석하였다.

실험은 Fig.2 와 같은 실제모델과 같은 배관을 사용하여 실시하였으며, 측정방법은 양변기의 탱크 내에 표시된 수위선(15ℓ)에 맞추고 세정수를 배수하고 배출된 세정수가 횡지관 및 곡관을 지나는 과정에서 발생하는 소음을 측정하였다.

측정된 음원은 실시간 주파수 분석기에 입력되어 실험구조 별 발생 소음레벨 및 주파수를 분석함으로써 각각의 특성을 비교 분석하였다.

No	ExperimentConstruction	note
1	DL 100 Curve Pipe + VG-2	Curve Pipe and Straight Pipe Characteristic Comparison
2	Doublenessconnection(L)Curve Pipe + VG-2	
3	General Curve Pipe + VG2	
4	Doublenessconnection(S)Curve Pipe + VG-2	
5	Doublenessconnection(L)Curve Pipe + VG-1	
6	Doublenessconnection(L)Curve Pipe+ VG-2	
7	Doublenessconnection(L)Curve Pipe+ DoublenessPipe	
8	Doublenessconnection(L)Curve Pipe+ NC Pipe	

Table 4. Type of experimentmodel



(1)소음측정센서

(2)포터블 펄스 측정장치

Fig. 1. Test piece

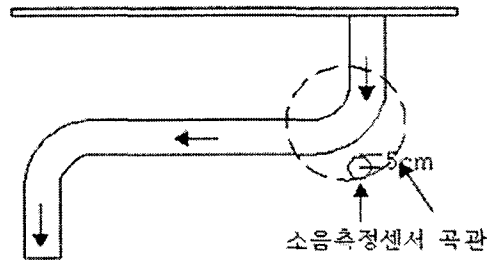


Fig. 2 곡관에서의 소음 측정 위치

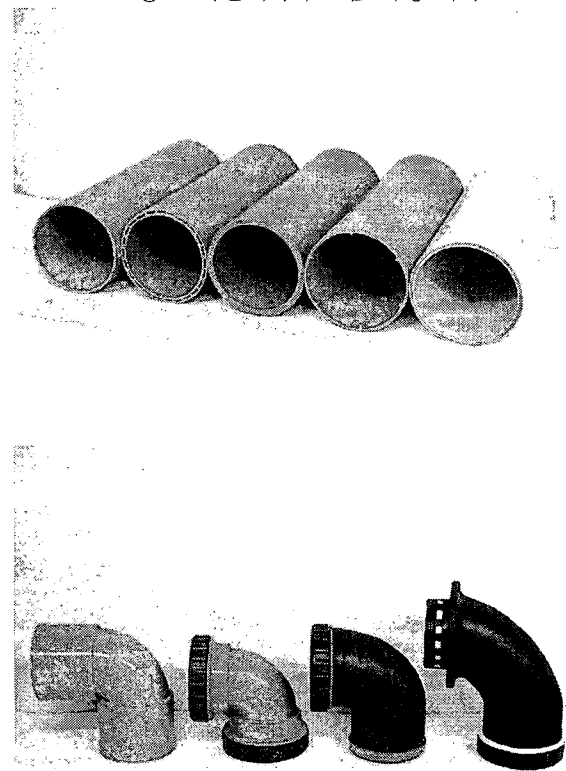


Fig 3. ExperimentModel

3.2 곡관 종류에 따른 배수 소음 특성

3.2.1 주파수 대역별 특성 분석

VG-2의 횡지관을 시공하고 매립배수관과 횡지관을 연결하는 곡관(엘보)의 종류를 변화시켜 배수소음 전달특성을 파악하였다.

Fig. 4 ~ Fig. 7는 각각의 곡관(엘보)과 하나의 횡지관을 사용한 구조내역이다. Fig. 4는 일반 VG2 배관구조의 주파수대역별 음압레벨을 나타낸 것이다. 그림에서 관심 주파수 대역인 중고주파 대역 (5000~8000Hz)에서 음압레벨이 높다는 것은 비교한 다른 Fig. 5에서 보면 알 수 있다. 특히 일반 VG2 배관구조와 DL 100 배관구조는 중고주파 대역 (5000~8000Hz)에서 음압레벨이 30dB(A)를 초과하는데 반해, 이중이음 배관구조는 둘 다 30dB(A)를 초과하지 않는다. 이는 2중 이음 시스템이 기존의 배관구조에 비해 소음저감에 효과적인 것으로 사료된다. 다층의 2중 엘보 내부에 형성된 밀폐 공기층이 소리 에너지 전달을 억제하는 작용을 함으로서 단층의 일반 엘보 보다 소음저감에 효과적인 것으로 사료된다. 이와 함께, 배수배관 구성재중 횡지관에 의한 배수소음 특성을 파악하기 위하여 일반 곡관(엘보)에 횡지관을 교체 시공하여 각각의 소음 전달정도를 비교하였다. Fig. 4과 Fig. 7을 보면 공동주택 옥실의 양변기 배수 배관 시공시 가장 일반적으로 사용되는 VG-1과 VG-2배관에서 발생하는 배수소음 특성을 비교해 본 결과, 그림에서 알 수 있듯이 전 주파수 대역에서 매우 유사한 특성을 보이고 있으며 단일지수인 dB(A)로 평가한 결과도 47.3dB(VG-1)과 47.0dB(VG-2)로 배관간 발생하는 배수소음 특성이 대단히 유사한 것으로 나타나고 있음을 알 수 있다.

또한, 다른 방음이나 보온재를 사용한 2중관이나 나선관의 배수소음 특성을 비교하더라도 VG-1, VG-2와 유사한 결과를 보이고 있어 배수배관의 구성재중 횡지관의 종류에 의한 배수소음도 차이는 크지 않는 것으로 생각된다.

배수배관에서 발생하는 전체 소음의 주파수 성분 중 저주파수 성분은 변기의 특성을 나타내는 것이며, 고주파수 성분의 소음은 곡관(엘보)부분에서 많이 발생된다. 이러한 원인은 곡관의 경우 배출수의 충격력에 의한 고주파수 성분의 소음이 강하게 나타나고 있으나 횡지관의 경우는 물체가 이동하는 과정에서 횡지관과의 마찰력에 의하여 발생하는 성분의 소음이 주를 이루고 있기 때문으로 생각된다.

3.2.2 dB(A)로 평가한 음압레벨 배수소음특성

VG-2의 횡지관을 시공하고 매립배수관과 횡지관을 연결하는 곡관(엘보)의 종류를 변화시켜 시간대별로 배수소음 전

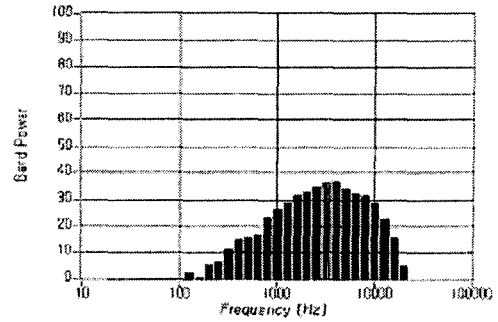


Fig. 4 General Curve Pipe + VG 2 Frequency(Hz)

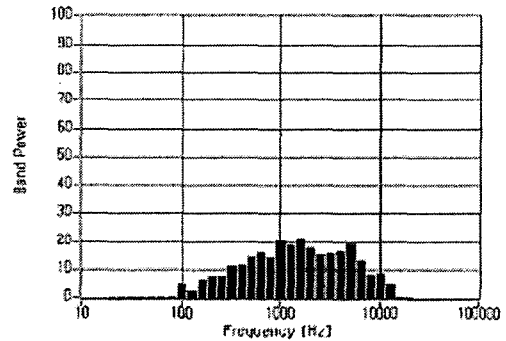


Fig. 5 Doublenessconnection(L)Curve Pipe + VG 2 Frequency(Hz)

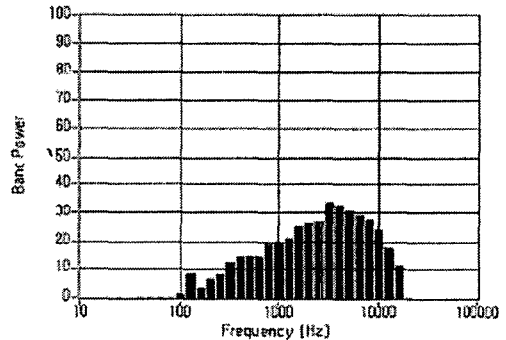


Fig. 6 DL 100 Curve Pipe + VG 2 Frequency(Hz)

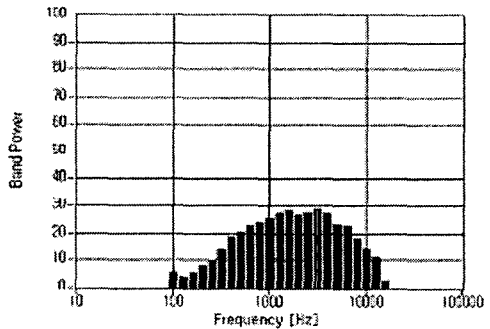


Fig. 7 Doublenessconnection(S)Curve Pipe + VG 2 Frequency(Hz)

달특성을 파악하였다. 여기서, 측정된 소음값은 10초 동안 측정된 최고값을 나타낸다. 여기서, 측정된 값 중에서 Leq는 등가 소음도를 나타내는데, 이것은 변동하는 소음의 에너지 평균레벨로서 변동 소음의 평가 및 소음의 누적영향

평가 등에 사용되는 환경 소음 기준이며, 다음과 같은 식으로 나타난다.

$$= 10 \log \frac{1}{T} \int_0^T \frac{(P(t))^2}{P_0} dt \text{ dB}$$

T: 측정 시간, P(t): 음압 시간 변동 값
 P₀: 기준음압 (2 × 10⁻⁵ P_a)

Fig. 8은 일반 VG2 배관구조의 시간대별(1~10초) 소음 레벨을 나타낸 것이다. 그림에서 배수소음의 주된 영향시간을 살펴보면 대변기가 작동된 직후 음압레벨이 급격히 상승하여 약 10초 후에는 어느 정도 감소하는 경향이 있으나, 그 폭은 그리 크지 않았다. 이에 비해 이중이음 배관 중 곡관의 길이가 큰 경우 Fig. 9과 같이 시간이 갈수록 점점 감소한다는 것을 알 수 있다. Fig. 10는 DL 100 곡관으로 일반 VG2 배관구조와 비교해 거의 차이가 없고, Fig. 11은 이중 이음 시스템 중 곡관의 길이가 작은 것으로 일반 VG2 배관구조와 비교해 어느 정도 감소효과가 있다는 것을 알 수 있다.

배수소음 특성을 dB(A)로 평가하여 비교한 결과는 아래의 Table 5,6과 같다.

Table 5는 일반 VG2 배관구조에서 곡관의 종류를 변화시켜 측정한 결과이다. 여기에서 이중이음 배관구조(L)가 약 6dB(A) 소음 차단효과가 있는 것으로 나타나고 있음을 알 수 있다. 이것은 이중이음관이 방음 소음이 감소되는 역할을 하고 있다.

Table 6은 소음 저감 효과가 있는 이중 이음관(L)을 대상으로 횡지관만을 변경시켜 측정한 결과이다. 아래에서 보듯이, 측정된 평균값이 차이는 약 3dB(A)정도이다. 횡지관이 소음을 차단하는 데에 영향을 거의 주지 않는 것을 알 수 있다. 이것은 배수와 동시에 유입된 배수물이 바로 곡관 벽면에 도달하기 때문에, 소음을 차단하는데 많은 영향을 주지는 못하는 것으로 사료된다. 그리고 또한, 공동주택 욕실 구조상 횡지관 배관 길이가 짧기 때문에 큰 영향을 주지 않는 것으로 판단된다.

4. 결론

본 연구는 건축물의 배수배관 소음을 저감하기 위하여 양변기 배수배관을 다양하게 시공하고 구조별로 소음전파특성을 파악하였으며 각 구성재간 발생소음정도를 비교 분석한 결과 다음과 같은 결과를 얻었다.

No	ExperimentContents	Avg.(dB)
1	DL 100 Curve Pipe + VG-2	42
2	Doublenessconnection(L)Curve Pipe + VG-2	40.6
3	General Curve Pipe + VG2	47
4	Doublenessconnection(S)Curve Pipe + VG-2	42

Table 5. General VG2 Curve Pipe ExperimentResult

No	ExperimentContents	Avg.(dB)
1	Doublenessconnection(L)Curve Pipe + VG-1	37.3
2	Doublenessconnection(L)Curve Pipe+ VG-2	40.6
3	Doublenessconnection(L)Curve Pipe+ DoublenessPipe	37.3
4	Doublenessconnection(L)Curve Pipe+ NC Pipe	37.6

Table 6. Doublenessconnection(L) Curve Pipe ExperimentResult

- 곡관의 주파수 대역별 분석을 보면 이중 이음 배관은 일반 VG2 배관과 DL 100 배관과 비교하여 소음의 주파수 성분 중 중고주파대역에서 상당한 소음 차단 효과가 있는 것으로 나타났다. 이는 중고주파성분의 흡음력이 강한 방음재가 소음을 차단한 것으로 사료된다.
- 횡지관의 종류를 변경하여 시공하였을 경우 배수 소음도 차이는 크지 않는 것으로 나타났다. 이는 배수 소음이 곡관의 충격력에 의한 것이기 때문으로, 횡지관의 종류에는 큰 영향을 미치지 않는 것으로 판단된다.
- 배수 시스템의 소음 원인은 두 가지 주파수 특성을 가지고 있다. 배수 시점에 발생하는 소음은 저주파 특성으로 변기의 특성을 나타내는 소음이며, 배수 후기의 소음은 고주파 소음으로 낙하수가 배수관에서 발생시키는 유동소음으로 판단된다.

이상의 실험 결과에서 일반적인 곡관보다는 2중구조 배수 곡관의 배수소음 저감효과가 크게 나타남에 따라 배수소음 저감을 위한 배관구조의 개선 및 측정방법의 검토등을 통하여 배수소음의 정확한 평가기준을 확립하는것이 필요하다고 사료된다.

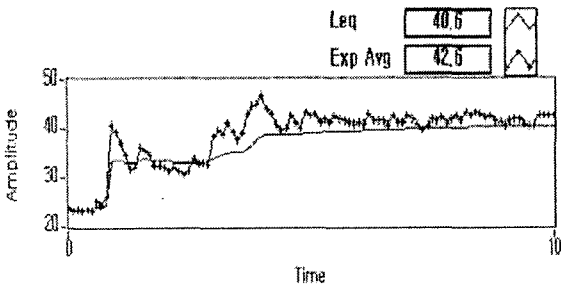


Fig. 8 General Curve Pipe + VG 2 Noise (dB)

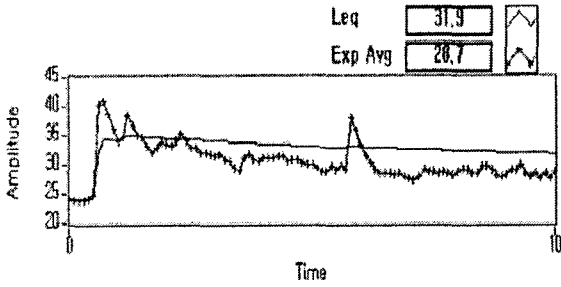


Fig. 9 Doublenessconnection(L)Curve Pipe + VG 2 Noise (dB)

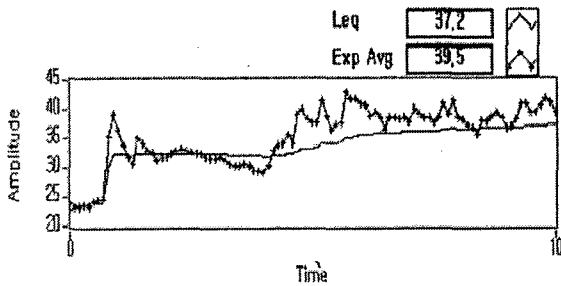


Fig. 10 DL 100 Curve Pipe + VG 2 Noise (dB)

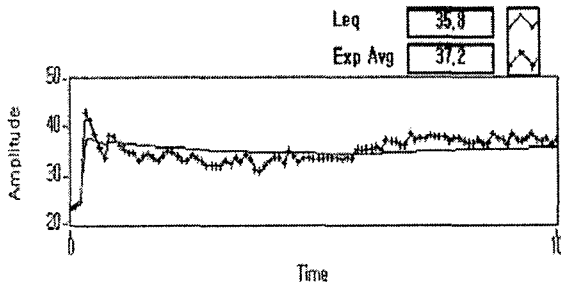


Fig. 11 Doublenessconnection(S)Curve Pipe + VG 2 Noise (dB)

참 고 문 헌

(1) 육실 배수소음 1995, 정진문, 월간 설비공사 95.6월호 pp.77
 (2) I. S. Kim, C. S. Ko, J. H. Moon, M. S. Han, K. S. Shim, J. S. Lee, Transactions of Korean Society for

Noise and Vibration Engineering, Vol. 7, No 6, pp 881~885,2001

(3) H. Y. Jang, J. K. Ryu, J. Y. Jeon, Transactions of Korean Society for Noise and Vibration Engineering, Vol. 9, No 2, pp 776~771,2003

(4) J. Y. Jeon, K. H. Kim, T. Yano, "Standardized Noise Annoyance Modifiers in Korean According the ICBEN Method", The Journal of Acoustical Society of Korea, Vol. 22, No. 2E, pp56~61,2003

(5) M. S. Jeon, H. I. Lee, "From Continuum Mechanics to Finite Element Method", Prentice Hall, pp 323, 327, 2002

(6) 박현용, "내부 유체를 포함한 굴곡파이프의 지지점 변화에 따른 동적거동 해석에 관한 연구", 「석사학위논문」, 경희대학교, 1999

(7) 박홍을, "원통형 구조물의 단면변화에 따른 음향전파에 관한 연구", 「석사학위논문」, 경희대학교, 2000

(8) 김재영 "유체의 속도와 압력을 고려한 파이프계의 자유진동 해석", 「석사학위논문」, 경희대학교, 1999

(9) S. Sridhar and A. H. Nayfe, "Acoustic Propagation in nearly Annular Ducts", J. Sound Vib. 58(1) 15~26, 1978

(10) M. L. Munjal, "Acoustics of Ducts and Mufflers", John Wiley & Sons Inc. pp 42~84, 1987

(11) V. Mason, "Some Experiments on the Propagation of Sound Along a Cylindrical Duct Containing Flowing Air", J. Sound Vib, 10(2), 208~226, 1969

(12) Miguel C. Junger and David Feit, "Sound, Structures, and Their Interaction", MIT, Second edition, pp161~173, 1994

(13) Gregory, R. W, and M. P, Paidoussis, "Unstable Oscillation of Tubular Cantilevers conveying Fluid-I Theory", Proc. of Roy, Soc.(London), Ser. A 293, pp 512~527, 1996

(14) Gregory, R. W, and M. P, Paidoussis, "Unstable Oscillation of Tubular Cantilevers conveying Fluid-II Theory", Proc. of Roy, Soc.(London), Ser. A 293, pp. 528~542, 1996

(15) Benaroya, "Mechanical Vibration", Prentice Hall, pp. 125~131, 1998

(16) Maurice Petyt, "Introduction to Finite Element Vibration Analysis", Cambridge, pp. 32~40, 1990

(17) M. W. Lwsmez, D. C. Wiggert, F. J. Hatifield, "Modal Analysis of Vibrations in Liquid-Filled Piping Systems", Journal of Fluids Engineering, 1990, Vol. 112 September, pp 311~318