

# 공동주택의 급배수설비 소음 평가에 관한 사례연구

(A Case Study on the Plumbing Noise Evaluation in Apartment Houses)

외국의 여러 실내소음 평가법 및 평가기준에 대한 비교분석을 실시하고 사례연구를 통한 국내 공동주택의 급배수설비 소음실태를 살펴보고자 한다.

박 상 곤

(재) 한국건설안전기술원 (safeguide@empal.com)

백 용 진

(재) 한국건설안전기술원 (envir@kicst.co.kr)

## 1. 서론

공동주택의 내부음 환경은 고층·고밀도화에 따른 구조계획의 합리화로 구조체가 경량화되고 내부 간막이벽 등이 건축화 됨으로써 점점 악화되는 경향이 있다. 이는 1989년 고층아파트 불만 요인 조사에서 바닥 충격음, 급배수설비 소음 등을 포함한 내부소음 문제가 가장 높은 불만요소로서 나타났다는 점에서도 알 수 있다.

특히 욕실 급배수설비 소음은 최근 입주자들의 생활 패턴이 다양화됨에 따라 한밤중에도 발생할 가능성이 높게 되었으며 공동주택의 고층화에 따른 급수압력의 증가로 인해 하부층에는 과대한 급수압이 작용하게 되고, 그 배관은 매설이 대부분이므로 수전 등에서 발생하는 소음은 건물 구조체를 통해 좌우상하 세대로 전달하게 된다. 또한 배수방식도 외국과는 달리 천정배관공법을 선호하고 있어 아래층 욕실 및 침실에 오배수 소음이 직접 전달되기 쉬운 구조로 되어 있다. 이러한 공동주택내 급배수설비 소음은 배관방식, 배관재의 종류, 배관 스페이스의 구조 및 위치, 배관내 급수압력, 토(배)수량, 유속변화 등 여러 요소들에 의해 복합적인 영향을 받고 있다.

본 연구에서는 외국의 여러 실내소음 평가법 및 평가기준에 대한 비교분석을 실시하고 사례연구를 통

한 국내 공동주택의 급배수설비 소음실태를 살펴봄으로써 음환경 측면에서 입주자들의 거주환경을 위한 대책방안을 모색하고 급배수설비 소음 평가방법 및 기준정립에 기여하고자 한다.

## 2. 국내외 실내소음 평가기준에 대한 고찰

### 2.1 실내소음 평가기준의 종류

#### (1) NC(noise criteria) 값

NC값은 1957년 Beranek에 의해 제안된 것으로 건물의 용도별로 어느 정도 소음의 크기가 그 실의 기능에 지장을 주지 않는가를 나타낸 것으로 소음의 변동정도, 노출 시간대 및 주파수별 청감 등을 고려하여 소음을 1/1옥타브밴드로 분석한 결과에 의해 실내소음을 평가하는 방법이다. 이 평가법은 실내에 침입하는 유의소음레벨을 실내허용소음의 마스킹역(masking threshold) 이하가 되도록 규정한  $M'$  곡선 및 ISO/TC 43에서 심의한 NR의 기초가 되었다.

또한 1971년 Beranek는 NC곡선의 결점을 개선하여 저음역 및 고음역에서 다소 엄격하게 평가되는 PNC곡선을 제안하였다. 이 곡선은 PSIL과 Stevens의 Loudness Level(Mark VI)을 기초로 한 것으로서 새로운 청감실험을 통해 음질측면도 검토하여 곡선형상이 결정되었다.

그림 1의 NC곡선에서 실내소음 권장치가 NC-40이라는 것은 실내소음의 각 대역별 1/1옥타브밴드 음압레벨이 NC-40곡선이하가 되어야함을 의미한다. 표 1은 실내소음 허용치에 대한 NC값을 나타낸 것이다.

(2) NRN(noise rating number)

소음을 청력보호, 회화방해, 시끄러움의 세가지 관점에서 평가하는 방법으로서 NR곡선은 NC곡선을 기본으로 하여 다른 제안 곡선들을 절충한 것으로서 기본적으로는 NC와 동일하다. 즉 소음을 1/1옥타브

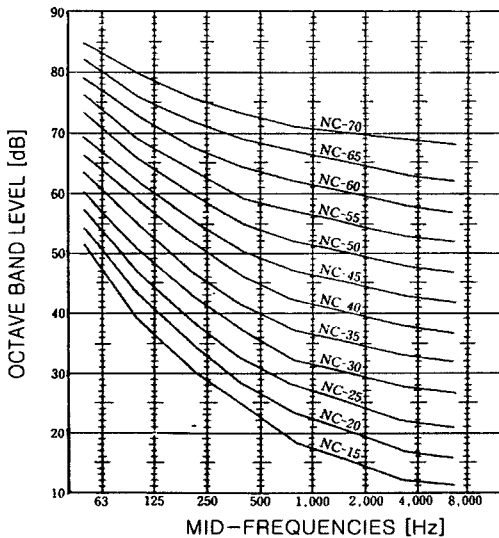
대역 중심주파수별로 분석한 후 NR곡선에 각 밴드 레벨을 기입하여 최대 NR값을 구하고 보정치를 계산한 뒤 실용도에 따른 권장기준을 토대로 평가한다. NR값은 특정공간의 허용 소음레벨을 결정하는 기준으로 사용할 수 있으며, 실내의 소음대책을 세울때도 이 값을 적용할 수 있다.

(3) N값

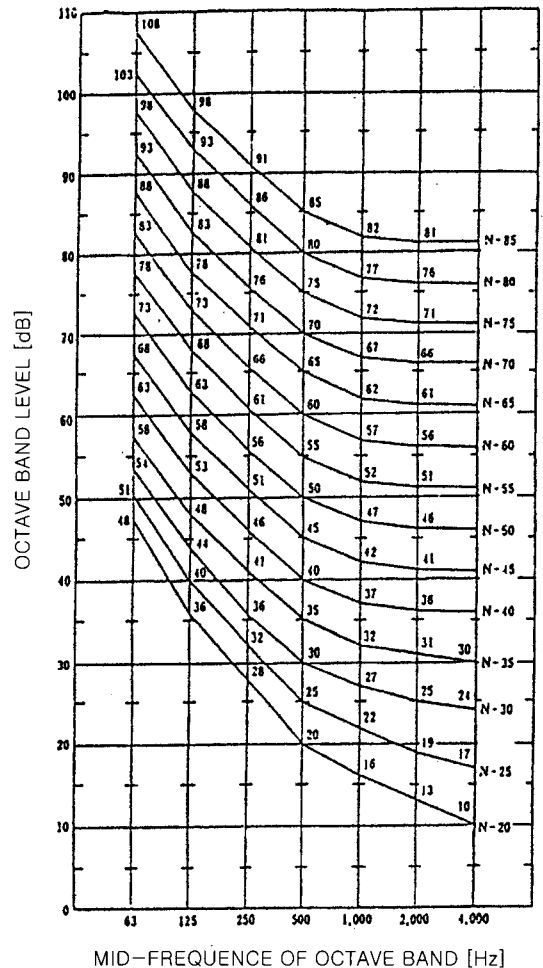
일본건축학회의 '건축물의 차음성능기준과 설계 지침' 가운데 실내소음의 기준을 나타내는 곡선은 그림 2와 같다. 이 곡선은 역 A특성으로서 N-20에

<표 1> 실용도별 NC 권장값

실 의 용 도	NC 값
방송스튜디오, 음악실	NC 15~20
극장(500석, 확장장치 없음)	NC 20~25
음악실, 교실(확성장치 없음), TV스튜디오	NC 25
아파트, 호텔회의장(확성장치설치), 주택(침실)	NC 25~30
영화관, 병원, 교회, 재판소	NC 30
음식점	NC 45
운동경기장(확성장치설치)	NC 50



[그림 1] NC곡선 (Noise Criteria)



[그림 2] N 곡선

서 N-85까지 5단계이며 각 곡선의 500 Hz의 음압레벨로 표시하는 방법을 취하고 있다. 표 2는 실내소음에 대한 적용등급과 그 의미를 나타내는데 등급은 측정치가 모든 대역에서 어느 기준선을 하회할 때 그 최소기준선을 호칭하는 방법을 취한다. N곡선은 NC곡선에 비해 전 주파수대역에서 더 엄격하게 소음레벨을 규정하고 있고 NC값과 동일하게 N값이 작을수록 조용한 실내 음환경을 의미한다.

### 3. 사례연구

#### 3.1 대상건물의 개요

본 대상건물은 서울시에 소재한 1993년 준공된 12평형, 15평형의 15층 아파트로, 각 평형별로 자기세

<표 2> 실내소음에 관한 적용등급(일본건축학회)

실용도	소음등급			소음레벨(dB(A))		
	특급	1급	2급	특급	1급	2급
거실	N-25	N-30	N-35	30	35	40
특급(특별시방)	학회특별시방	차음성능상 매우 우수				
1급(표준)	학회권장표준	차음성능상 바람직함				
2급(허용)	학회허용기준	차음성능상 대략 만족				
3급(최저한)	-	차음성능상 최저한도				

대 및 상하 인접세대의 욕실 및 침실에서 급·배수 소음을 측정하였다.

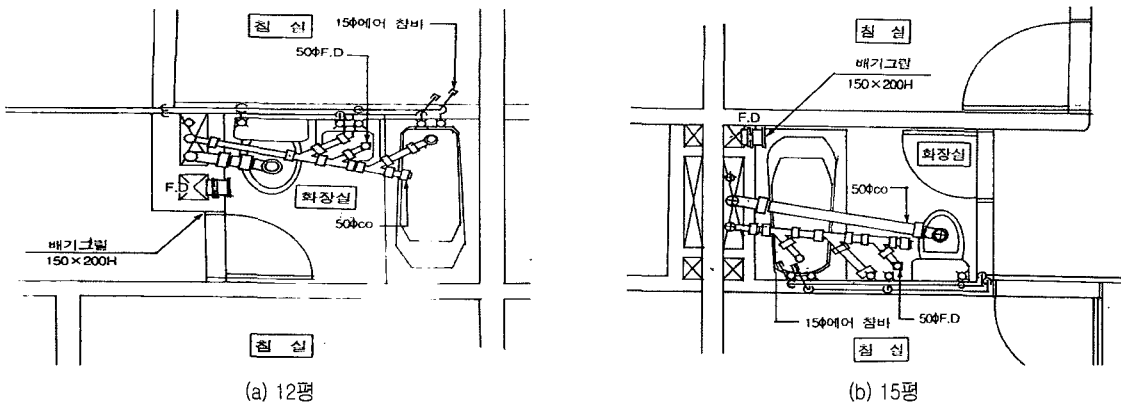
그림 3은 대상건물의 평형별 욕실 배관도를 나타내는데, 급수배관(φ15)은 12평형의 경우 주방에서 침실(작은방)의 조적벽체 내부를 통해 욕실로 설치되어 있으며, 15평형의 경우는 주방으로부터 침실(안방)과 욕실 사이의 조적벽체 내부를 통해 설치되어 있다. 욕조, 세면기, 변기의 배수 배관은 12평형의 경우 변기 측벽 파이프 샤프트를 통해 아래층으로 연결되어 있으며, 15평형의 경우는 욕조 측벽 파이프 샤프트를 통해 아래층으로 연결되어 있다.

#### 3.2 측정장비 및 조건

##### 3.2.1 측정계 구성

소음원은 급·배수설비의 실제 사용상태로 하였으며, 반사음 등의 영향을 피하기 위하여 소음계의 마이크로폰을 바닥으로부터 1.2 m 높이에, 벽이나 기타 장애물로부터는 0.5~1 m 이상의 간격을 두고 설치하였다.

측정 데이터에 대한 신뢰도를 높이기 위해 한 소음원에 대해 3회 이상 반복 시행하여 유효한 값을 택하였으며, 이때 Tape Recorder에 녹음된 자료를 FFT Analyzer를 이용하여 주파수 특성을 분석하였다. 측정 및 분석기기는 정밀소음계(Rion NL-14, B&K Type 2231), DATA Recorder(KYOWA RTP-350A), FFT Analyzer(ONO-SOKKI CF-350Z) 등을 이용하여 그림 4와 같이 구성 하였다.



[그림 3] 욕실의 배관도

### 3.3.2 측정방법 및 위치

급배수설비 소음 측정방법으로서는 일본건축학회에서 제안하고 있는 "건축물 현장에서 실내소음의 측정방법"을 들 수 있다. 그러나 우리나라에서는 현재까지 급·배수 설비소음의 측정방법에 대한 규정이 설정되어 있지 않으며, 급수기구의 발생소음에 대한 실험방법도 규정되어 있지 않은 실정이다.

본 연구의 급·배수 설비소음 현장측정방법, 조건 및 위치에 대한 주요 내용은 다음과 같다.

#### ① 측정장치 및 측정량

- 측정장치로서는 소음계, 옥타브밴드 분석기 등을 이용하여 1/1옥타브밴드 음압레벨 및 A특성에 의한 소음레벨(동특성: fast)을 측정한다.

#### ② 측정조건

- 일상적으로 사용하는 실의 상태에서 측정하는 것을 원칙으로 한다.
- 각종 수전은 핸들을 완전히 개방할 때 발생하는 소음을 측정하는 것으로 한다.
- 수세식 변기의 사용에 발생하는 소음은 일상적인

사용상태에서 물만을 흐르게 하여 측정한다.

#### ③ 측정위치

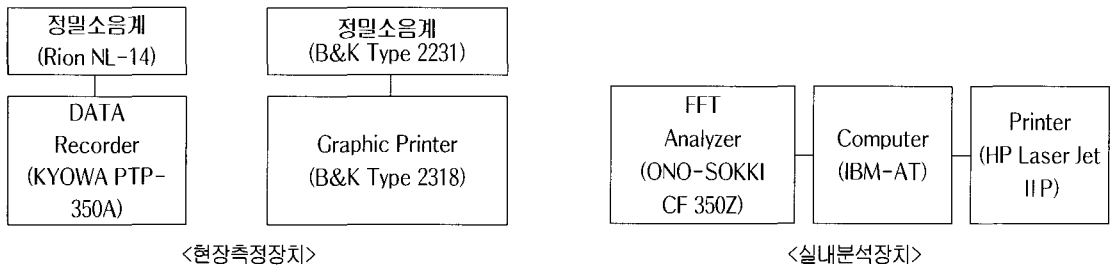
- 상층의 욕실에서 각종 수전, 수세식 변기 등의 사용에 의해 발생하는 소음에 대해 직하층 욕실 및 인접실 주위를 수음실로하여 측정하였다.
- 측정점은 수음실내 벽면으로부터 0.5 m 이상 떨어져지고 실내에 설비기기류가 설치되어 있는 경우에는 그것으로부터 0.5 m 이상 떨어진 영역으로 하였고, 마이크로폰의 높이는 1.2~1.5 m로 하고 방향은 상향을 원칙으로 하였다.

## 3.3 측정결과 및 분석

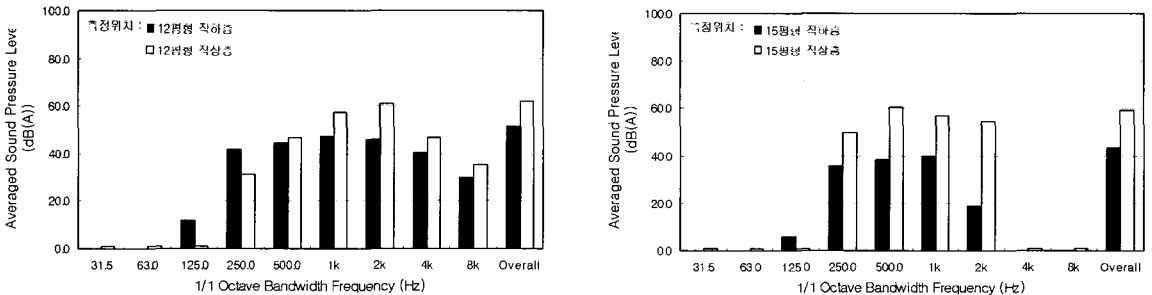
### 3.3.1 측정결과 및 소음원의 물리적 특성

#### (1) 변기의 급·배수 소음 특성

공동주택의 급·배수설비 소음원로서는 욕실내 변기, 세면기, 욕조 등을 들 수 있다. 대표적인 소음원이라 할 수 있는 변기 로우탱크의 급·배수시 측정대상 아파트 직상하층 욕실에서의 소음레벨 분포는 그림 5와 같다.



[그림 4] 소음측정 구성도



[그림 5] 변기 로우탱크의 급·배수시 직상하층 욕실에서의 소음레벨 분포

전반적으로 소음원이 있는 상층의 경우에는 높은 주파수 대역에 피이크레벨이 분포하고 수음실인 하층의 경우에는 상대적으로 낮은 주파수 대역에 피이크레벨이 분포하고 있다. 즉 고주파수 성분은 전달 과정에서 쉽게 감쇠하고 상대적으로 저주파수 성분이 하층까지 쉽게 전달됨을 알 수 있다.

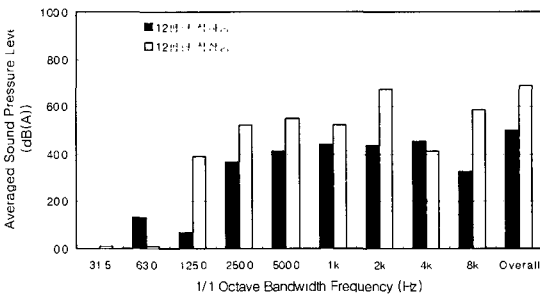
변기 급배수시의 전대역 소음레벨은 12평형의 경우 62.1 dB(A), 15평형의 경우 59.5 dB(A)로 측정되어 타 소음원에 비해 대체로 높게 나타났는데 이는 급배수가 거의 동시에 이루어지는 변기소음원의 특성 때문으로 판단된다. 직하층에서의 수음레벨은 12평형의 경우 51.6 dB(A), 15평형의 경우 43.0 dB(A)로 측정되어 250 Hz 이상의 중·고음역에서 낮은 감음량을 나타낸 12평형이 15평형에 비해 상대적으로 높은 수음레벨을 나타내었다. 이는 파이프 샤프트까지의 배관길이가 상대적으로 짧아 파이프의 곡간간격이 적은 12평형의 경우 물이 빠지는 순간 급속한 유속 변화를 겪게 되고 이는 충격음을 유

발하여 곧바로 직하층에 높은 소음을 전달하기 때문인 것으로 추정된다.

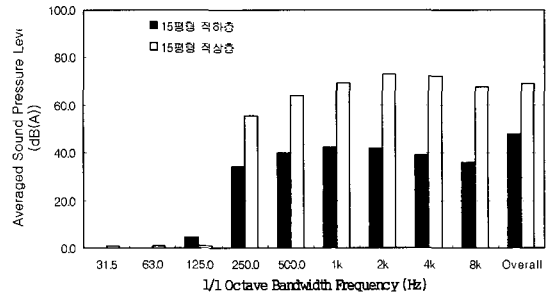
(2) 세면기의 급·배수 소음 특성

측정대상 아파트의 세면기 급·배수시 욕실내 소음레벨 분포는 그림 6, 7과 같다. 세면기 급수시 전대역 소음레벨은 12평형의 경우 69.0 dB(A), 15평형의 경우 68.7 dB(A)로 측정되어 수전의 토출음, 세면기에 부딪히는 수격음(water hammer)등의 영향으로 12평형의 경우 59.0 dB(A), 15평형의 경우 52.6 dB(A)로 나타난 배수음보다 전반적으로 높은 소음레벨분포를 나타내었다.

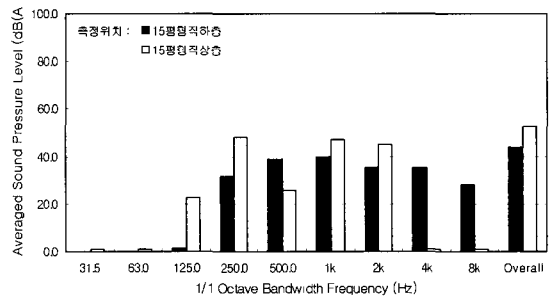
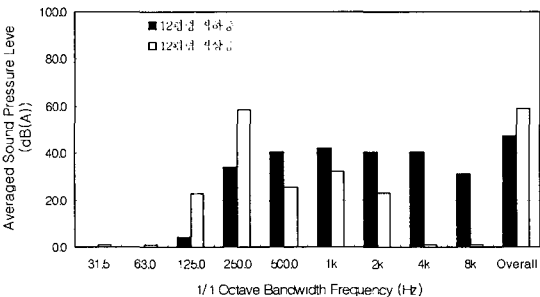
세면기의 급수시 직하층에서 수음레벨은 12평형의 경우 50.0 dB(A), 15평형의 경우 47.6 dB(A)로 측정되었다. 15평형이나 12평형 모두 급배수관 형태가 유사하고 급수압력에 의해 15평형의 경우 더 높은 소음원을 발생시키고 있음에도 불구하고 그림 6에서 보듯이 12평형보다 15평형이 상대적으로 높은 감



[그림 6] 세면기 급수시 직하층 욕실내 소음레벨 분포



[그림 7] 세면기 배수시 직하층 욕실내 소음레벨 분포



음량을 나타내 급수관이 매설된 벽체에서의 고체전달음에 대한 차음효과는 12평형의 경우 상당히 취약한 것으로 나타났다.

세면기 배수소음의 전반적 특성은 발생원쪽인 상층에 비해 수신부에 해당하는 직하층에서 상대적으로 높은 수음레벨을 나타내고 배수시의 평균 감음량은 급수시의 평균 감음량 보다 훨씬 낮다는 점이다. 특히 1/1 옥타브밴드 분석결과, 중·고음역에서는 직하층이 오히려 높은 소음레벨을 나타내기도 한다.

즉 감음량은 고주파수 대역으로 갈수록 투과손실이 증가하는 욕실 바닥 콘크리트 슬라브의 차음 특성에 따른 효과를 보이지 않고 있다. 이는 욕실 천장내부에 직상층 내부관이 설치되어 있어 세면기에 고인 물을 배수 시킬 때 와류현상으로 배수구에서 발생하는 소음보다 배관을 통해 직하층으로 물이 빠져 나가면서 고체전달음을 발생시켜 욕실내로 직접 소음이 전달되기 때문으로 판단된다.

### (3) 욕조 샤워기 소음 특성

욕조 샤워기 사용시 나타나는 소음레벨은 그림 8와 같다. 음원이 있는 12평형 및 15평형에서 측정된 전대역 소음레벨은 각각 72.7 dB(A), 82.4 dB(A)이

고, 직하층에서의 수음레벨은 각각 50 dB(A), 47.6 dB(A)로 나타났다. 욕조 샤워기의 경우 욕조바닥의 낙수음으로 인해 다른 소음원보다 상대적으로 높은 소음레벨을 나타내었으나 실제 수음수준은 별 차이가 없었다. 감음량은 12평형보다 15평형이 약간 높은 특성을 보였다.

### (4) 인접침실에서의 측정결과

상층욕실 급·배수 설비소음에 대한 직하층 인접침실에서의 수음레벨은 그림 9와 같고 변기 급·배수, 세면기 급수 및 배수, 욕조 샤워기 소음에 대한 감음량을 직하층 욕실에서 측정된 감음량과 비교하여 나타내면 표 4와 같다.

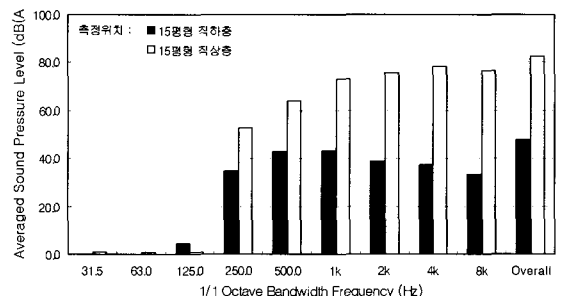
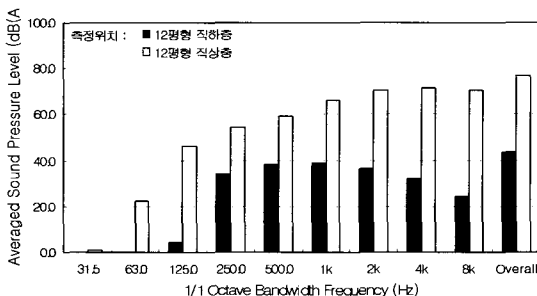
표 3에서 알 수 있는 바와 같이 인접침실에서의 감음량이 직하층 욕실에서 측정된 감음량 보다 대체적으로 높아 상층 욕실에서 급·배수 설비소음이 인접 침실보다는 직하층 욕실로 더 크게 전달됨을 알 수 있다. 이것은 현장 조사시 일부 거주자들이 침실에서 더 크게 들린다는 사실에 반하는데 이는 욕실 사용 시간대와 침실 사용 시간대가 서로 상이하다는 것과 침실이 상대적으로 암소음이 낮은 이유 때문인 것으로 추정된다.

### (5) 허용기준과의 비교 분석

상층 변기 급·배수, 세면기 급수 및 배수, 욕조 샤워기 소음에 대한 직하층에서의 수음레벨을 세대별로 일본 건축학회의 권장 기준과 비교하여 나타내면 표 4와 같고, N곡선과 비교하여 나타내면 그림 10, 11과 같다.

〈표 3〉 직하층 수음실별 감음량 비교 (단위 : dB(A))

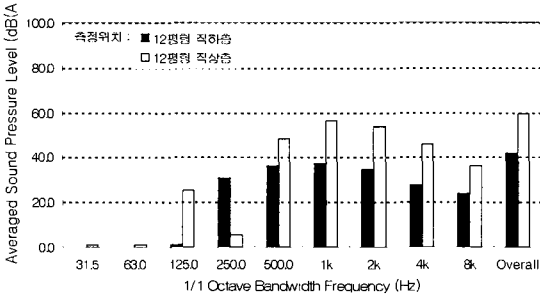
	변기 급·배수	세면기 급수	세면기 배수	욕조 샤워기
욕실	13	20	13	27
침실	18	27	20	33



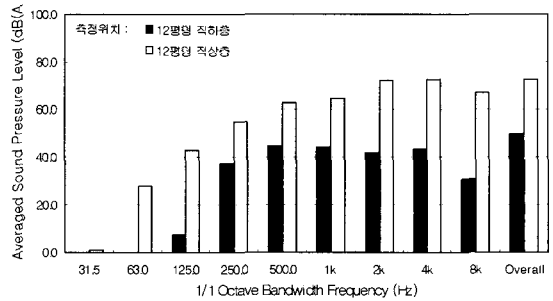
[그림 8] 욕조 샤워기 사용시 소음레벨 분포

<표 4> 평형별 직하층 옥실에서의 수음레벨과 허용기준과의 비교

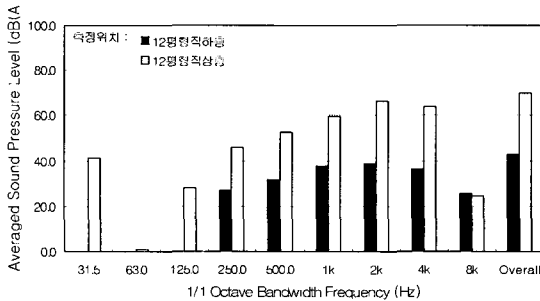
구분	12평형 옥실				15평형 옥실				일본허용
	변기	세면기급수	세면기배수	샤워기	변기	세면기급수	세면기배수	샤워기	소음기준
N	N-49	N-47	N-45	N-48	N-41	N-46	N-43	N-47	N-35(2급)
dB(A)	51.6	50.0	47.3	50.0	43.0	47.6	43.9	47.6	40



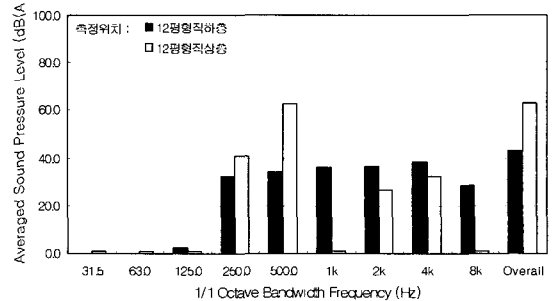
(a) 변기에서의 급배수 소음레벨 분포



(b) 욕조 샤워기 소음레벨 분포

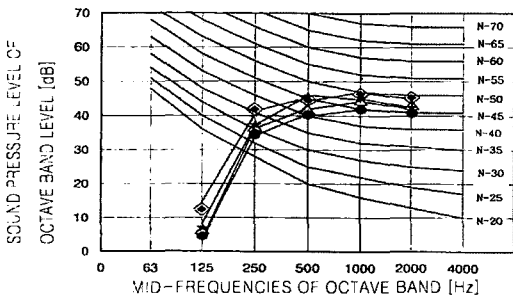


(c) 세면기 급수 소음레벨 분포

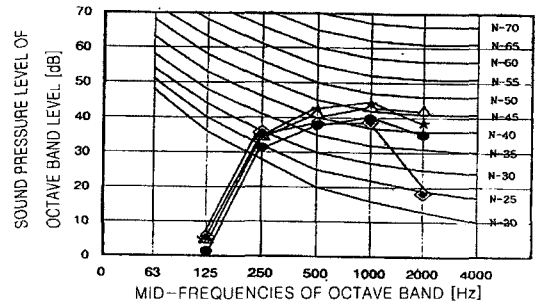


(d) 세면기 배수 소음

[그림 9] 직하층 인접 침실에서의 수음레벨 분포

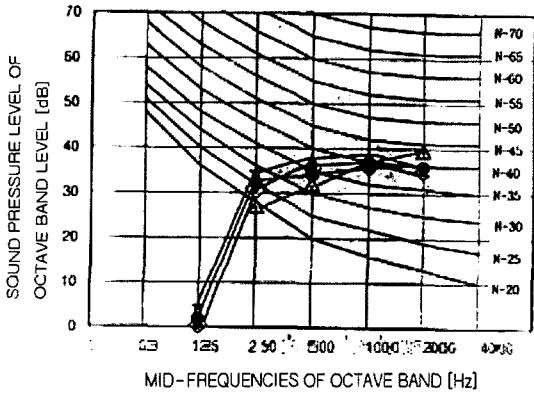


(a) 12평형



(b) 15평형

[그림 10] 옥실에서의 음압레벨



[그림 11] 12평형 인접침실에서 음압레벨

평형별 수음레벨은 12평형의 경우 47~52 dB(A)의 분포를 보이며, 15평형의 경우 약 43~52 dB(A)의 분포를 나타내어 상층의 급배수설비 사용에 따른 직하층에서의 수음수준은 허용소음기준을 모두 초과하고 있는 것으로 나타났으며, 직하층의 수음실별로는 침실에서 보다 욕실에서 상대적으로 더 높은 수음레벨을 나타내었다.

표 4에서 보는바와 같이 측정대상 모두 N-35이상으로 일본 건축학회의 실내소음 등급 2급 이하로 나타나 국내공동주택의 경우 급배수설비소음등 전반적으로 실내 음환경이 상당히 열악함을 알 수 있어 이에 대한 대책이 필요한 것으로 판단된다.

#### 4. 결론

공동주택 내부에서 발생하는 급배수설비 소음에 대한 평가사례와 평가기준에 대한 고찰을 통해 다음과 같은 결론을 도출하였다.

1) 상층의 변기 급배수 소음, 세면기 급수 및 배수 소음, 욕조 샤워기 소음등에 따른 직하층에서의 수음레벨의 크기는 대체로 변기 급배수 소음, 세면기 급수 및 욕조 샤워기 소음, 세면기 배수 소음 순으로 나타났으나 평형별 비교에서 가장 수음레벨차가 큰 것은 변기 급배수 소음 이었고 그외는 실제 수음수준에서 큰 차이를 보이지 않았다. 이는 평형별로 확연한 구조적 차이를 나타내는 변기 배수관이 원인으로 판단되며 욕실 소음의 여러 원인중 배관의 길이 및 곡관간격도 중요한 인자임을 알 수 있게 하고 음환경 개선 측면에서 배관 설계시 이를 충분히 고려함이 타당하다.

2) 국내 공동주택의 경우, 급배수설비 소음 등 전반적으로 실내 음환경이 상당히 열악함을 사례를 통해 알 수 있었다. 특히 구조체의 경량화 및 내부 간막이 벽등의 건식화로 점차 음환경상의 문제점은 더욱 가중될 것으로 판단된다. 따라서 이를 해결하기 위한 효율적이고 실용적인 저감대책과 시공사 중심의 시방기준보다 거주자 중심으로 음환경 성능을 평가할 수 있는 주요내부소음의 평가방법 및 기준의 정립이 시급히 이루어져야 한다고 판단된다. (\*)