

화장실 양변기 소음저감 방안 대책

이주원 / (주)대우건설기술연구소 건축연구팀 주임연구원

1. 서론

「아파트 소음 이제 그만」 운동본부 결성」이 제목의 기사는 일전 국내 중앙 일간지상에 게재되었던 아파트 소음공해에 대한 민원발생 문제를 다루었던 기사이다. 이 제목에서 의미하는 것처럼 아파트 주거문화의 고급화 경향과 함께 환경적 측면에 대한 입주자들의 요구가 늘어가고 있는 추세에 소음공해에 대한 거주자들간의 분쟁과 아울러 시공사나 분양사측에 부실시공의 책임을 묻기도 하는 일이 빈번히 일어나고 있고 앞으로는 그 빈도수가 크게 증가할 것으로 본다. 이러한 상황에서 소음공해에 대한 발빠른 대처방안을 마련하는 것이 건설사 입장에서는 중요하고 민감한 사항이라 생각하고 분양 홍보 측면에서도 유리할 것이다.

본 연구에서 다룬 분야는 공동주택의 주 소음원으로 대두되고 있는 화장실 소음공해에 대한 문제이다. 화장실내에도 양변기나 욕조, 세면대 등 위생기기별로 그리고 급배수별로 그 특성이나 소음원이 상이하고 상호 복합적으로 발생되기 때문에 한 두 가지 문제만을 갖고서 소음공해를 해결했다고 볼 수 없다. 따라서 우선적으로 가장 큰 영향을 미치고 소음원 추적이 쉬운 아이тем들을 선별하여 그 저감방안을 검토하였다.

우선적으로 다룬 것이 양변기 자체에 대한 사항으로서, 기존에 시판되고 있는 제품들에 대한 성능시험을 거쳐서 상대적으로 저소음형인 제품을 선정, 설계에 반영토록 하였다. 양변기 배수 소음도에 대한 성능 시험결과 제품별로 그 차이가 뚜렷하였으며, 가격대를 고려하여 품질관리시 이를 반영한다면 입주자들에게 어필할 수 있는 일이 될 것이다.

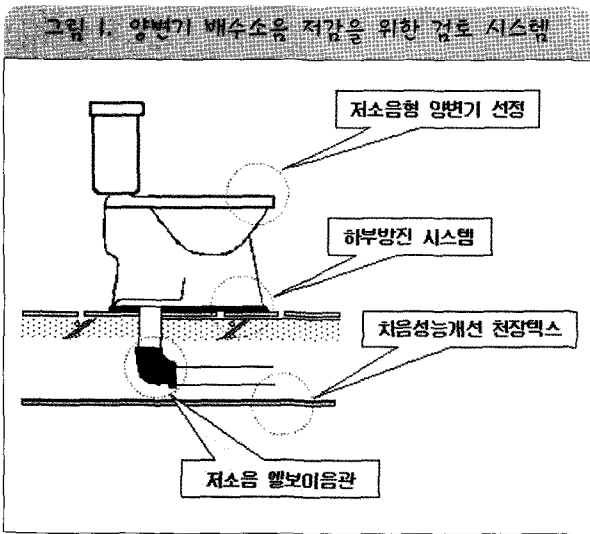
다음으로 양변기 하부방진에 대한 것으로, 이는 양변기가 설치된 하부세대의 인접침실에서 야간 시간대에 효과적인 것으로 평균 5dB(A)이상, 최대 8dB(A)까지 소음저감량을 나타내었다.

그리고, 양변기 배수관에 대해서 기존에 적용하던 배수관에서 저소음의 배수관을 적용하여 5-6dB(A)의 소음저감 효과를 보았으며, 마지막으로 천장텍스에 대해서는 PVC 하니킴판넬이 기존에 사용하던 밤라이트 천장재보다 소음차단성능이 확연히 떨어짐을 확인하고 이에 대한 개선책을 마련하였다.

이상과 같은 연구검토를 통해서 기존방식에 따른 화장실과 저소음형으로 개선한 화장실간의 종합적인 배수소음도를 비교하고 경제성 검토를 통해서 저비용으로 효과적인 소음저감을 보여주는 아이тем을 선별하여 실제 현장에 적용하고자 한다.

2. 검토 대상 시스템

본 연구에서 검토 대상으로 선정한 항목은 그림 1과 같이 네 부분으로서 배수관, 양변기, 양변기 하부, 천장텍스 등이다. 이의 개선방안에 따른 예상효과를 정리하면 표 1과 같다.



3. 저소음형 양변기 선정

화장실 소음저감을 위한 최적의 방안으로 양변

기구 자체의 소음 저감이 가장 효과적이라 판단하는 바, 저소음형의 양변기구 개발이 요구되어진다. 그러나, 현실상으로 양변기 개발에 따른 Molding 가격이 수 천만원에 달하고, 대량 수요가 발생하는 제품이 아니라는 점, 또한 도기 공장에서의 불량 폐기율이 25%에 달하고 있다는 점 등으로 판단할 때 신제품에 대한 개발은 어려운 실정이다. 따라서 기존에 보급되고 있는 양변기구 제품 중 저소음형의 제품을 선정하여 당사 아파트 적용 평가기준으로 참고하고자 하는데 목적을 두었다.

3.1 양변기 배수타입별 구분

- 1) Wash down Type ; 물의 낙차를 이용해서 오물을 배출시키는 형태
- 2) Siphon Type ; 사이폰 작용을 이용해서 오물을 배출시키는 형태로 유속을 높이기 위해 배수관로의 내경이 작고(44φ) 절수를 위해 6ℓ 유량을 사용 (현재 주로 사용하는 Type)
- 3) Siphon jet Type ; 舊 Type으로 13ℓ의 유량을 사용하고 내경이 크기(53φ) 때문에 배수효과는 제일 양호
- 4) Vortex Type ; 사이폰 작용에 회전운동을 첨가하여 흡입효과, 세정효과를 증대시킨 것으로 다른 Type과 달리 진공방식이 아니기 때문에 저소음형으로 분류

3.2 시험결과

3개 업체 총 9종에 대한 배수소

표 1 개선 항목별 예상 효과

| 항 목 | 예상 저감효과 |
|-------------------------|---------------------------------------|
| 저소음형 양변기 선정 | ▶ 자기세대 및 하부세대 욕실 소음 저감 |
| 양변기 하부방진 시공 | ▶ 하부세대 침실 소음 저감 |
| 저소음 엘보이음관 적용 및 유리보온면 배제 | ▶ 하부세대 욕실 소음 저감 ▶ 시공성 증대, 환경보호면 유리 |
| 차음성능개선 천장텍스 | ▶ 하부세대 욕실 소음 저감 |

표 2 양변기 양변기별 소음도 및 배수량

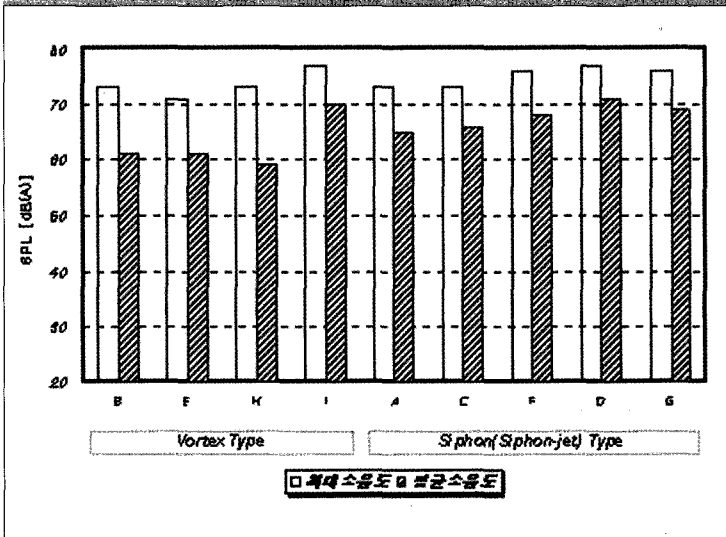
| 업체명 | 제품번호 | Type | ¹⁾ 소음도[dB(A)] | ²⁾ 소음도[dB(A)] | 배수량(ℓ) |
|-----|------|-----------------|--------------------------|--------------------------|--------|
| K社 | A | Siphon (6ℓ) | 73 | 65 | 8 |
| | B | Vortex (9ℓ) | 73 | 61 | 9 |
| | C | Siphon (6ℓ) | 73 | 66 | 8 |
| D社 | D | Siphon-jet (6ℓ) | 77 | 71 | 9 |
| | E | Vortex (9ℓ) | 71 | 61 | 9 |
| | F | Siphon-jet (9ℓ) | 76 | 68 | 10 |
| T社 | G | Siphon (9ℓ) | 76 | 69 | 10 |
| | H | Vortex | 73 | 59 | 11 |
| | I | Vortex (6ℓ) | 77 | 70 | 7 |

주 1) 소음도 ; 배수지속 시간동안의 최대소음도
 2) 소음도 ; 배수지속 시간동안의 평균소음도(Power Average SPL)

음도 및 배수량 측정을 통한 결과는 다음과 같다.
 현장 설치를 위해서 한번 선정된 양변기는 비록 소음이 시끄럽다고 하더라도 교체하기 어렵다. 따라서 분양 모델하우스에 양변기를 설치하기 전

에 연구소의 실험실에서 선정 시험의 과정을 거치는 것이 필요하다. 양변기 배수타입별 발생 소음도는 다음의 기준치 이내의 것만 사용하도록 하여야 한다.

그림 2 양변기 배수타입별 소음도



3.3 소결론

- 1) 배수 지속 시간동안의 평균 소음도(Power Average, 음 에너지 평균)를 비교 평가인자로 하여 볼 때 Siphon Type에 비해 Vortex Type 양변기가 최대 12dB(A)까지 조용함을 보였다.
- 2) 대체적으로 Vortex Type이 조용한 것으로 나타났으나, Vortex Type이라 하더라도 Siphon Type보다 오히려 소음도가 높은 제품이 있으

표 3. 양변기 타입별 평가기준 소음도

| 구 분 | 허용 소음도 기준 [dB(A)] |
|-------------------------|----------------------|
| Vortex Type | 60 이하 |
| Siphon(Siphon-jet) Type | 65 이하 |

주) 실험실에서의 평균소음도 기준

므로 가격대를 고려하여 적절한 양변기 선정이 요구된다.

- 3) 배수량에 있어서는 절수형 제품이라 하더라도 실제로 이보다 많은 유량이 소모되는 경우도 있고, 탱크안의 부구나 조절 스크류를 조정하기에 따라 배수량이 조절되므로 양변기 선정시 크게 고려하지 않아도 된다고 판단한다.
- 4) 양변기 제품의 최종 선정 전에 연구소의 실험실을 이용 권장치 소음 이내의 제품만을 선별한다. 그 기준은 Siphon Type은 65dB(A)이내, Vortex Type은 60dB(A)이내로 정한다.

4. 양변기 하부방진 시공

소리에너지는 그 전달경로와 매질에 따라 공기 전달음(Air-born noise)과 고체 전달음(Structure-born noise)으로 대별할 수 있으며, 공기전달음은 차폐성만 강화할 수 있으면 저감을 쉽게 할 수 있고 전달경로의 파악도 비교적 단순하다고 볼 수 있다. 그러나 고체전달음은 구조체를 따라 진동에너지의 형태로 전달되기

때문에 전달경로 파악이 어렵고 전달된 진동에너지가 얼마만큼 소리에너지량으로 변환될 수 있는가하는 문제 등 판단하기 어려운 사항이 많이에 대처하는데 소극적일 수밖에 없다.

양변기 배수시 발생하는 배수진동에 의한 소음 발생도 이와 같은 고체전달음 계통으로서 그 전달경로는 다음과 같다. ① 배수진동이 ② 욕실 바닥면으로 전달되고, ③ 구조체를 통해 하부세대 벽체(욕실 및 인접침실)로 전달되어, ④ 벽체면(타일면) 진동이 방사소음으로 변환되는 과정을 거치게 된다. 소음이나 진동을 저감시키기 위한 최선의 방안은 그 발생원(Source) 자체에서 저감을 기하는 것이므로 양변기 자체에 배수진동 저감을 위한 대책을 강구하고자 하였다.

4.1 양변기 배수진동 검토

양변기 배수시 발생하는 진동이 하부세대에 전달되는 바닥이나 벽체 진동량을 검토 평가하고자 기존 백시멘트 시공방식으로 설치되어 있는 아파트에서 시험을 하였다. 정상시의 암진동 상태와 배수시 상태를 상호 비교하여 소음으로 방사되리라 예상되는 진동량을 체크하여 방진시공시의 타당성을 검토하고자 하는 것이 목적이다. 표 3이 그 결과로서 욕실 바닥 진동량이 암진동에 비해 16dB 이상 차이를 보였으며 이 수치는 현장 측정 조건 중에서 제일 양호한, 즉 진동이나 소음도가

표 3. 배수진동시 바닥 및 벽체 진동량 측정결과

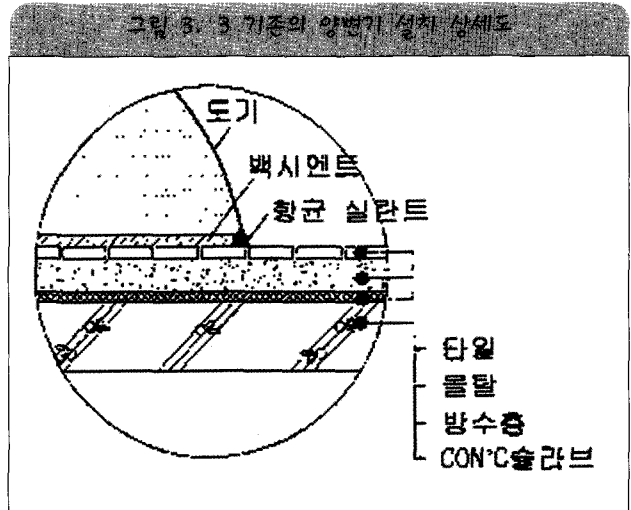
| 위 치 | 진동도[dB] | 암진동도[dB] |
|--------------|---------|----------|
| 바닥진동 | 53 | 37 |
| 하부세대 벽체진동 I | 43 | 33 |
| 하부세대 벽체진동 II | 43 | 34 |

상대적으로 작은 편으로 대부분 이 이상의 차이를 보이고 있다. 그리고, 이 표에 기입된 것들은 욕실에 한정된 것으로 욕실과 인접된 침실의 경우도 마찬가지로 벽체진동이 압진동에 비해 확연히 대비됨을 보였다.

4.2 하부방진 시공안

4.1절에서 언급한 기존 시공방식 때의 배수진동특성을 근거로 하여 양변기 하부방진 시공안을 마련하였다. 통상적으로 진동저감을 위해서는 방진고무(패드)라 하여 천연 혹은 합성 고무재를 사용하여 적당한 경도와 스프링상수 등을 갖는 제품을 선정하여 필요한 부위에 부착하고 있다. 양변기도 이와 같은 방식으로 진동을 저감하고자 방진고무를 양변기 밑바닥에 삽입시키고 그 둘레를 고정시키는 방안을 마련하였다. 이러한 방식은 일본 자료에 간략히 언급되어 있으며 단지 “고무를 삽입하면 소음방지책이 될 수 있다”라는 내용만 있을 뿐 보다 자세한 방식이나 데이터는 전혀 없는 상황이다. 따라서 이를 구체화시켜 실질적인 데이터를 확보하고 실용화시키고자 하였다.

그림 3이 기존 시공방식의 상세도인데, 바닥 타일위에 양변기를 설치하고 들뜨는 부위에 백시멘트를 충전시켜 도기가 평형을 유지할 수 있도록 한다. 그리고, 도기 둘레에도 백시멘트로 마감을 하여 고정시키고 있다. 그림



에는 황균 실란트로 마감하는 것으로 되어 있으나, 보통 현장에서는 이 과정을 생략하고 백시멘트만으로 시공을 한다. 그리고 백시멘트의 균열방지를 위해 크랙방지 혼화재를 함께 사용하고 있다.

그림 4에 기존방식과 개선시키고자 하는 방진 시공방식을 함께 도시하였다. 기존의 백시멘트는 사용치 않고 10mm정도 두께의 발포고무재를 삽

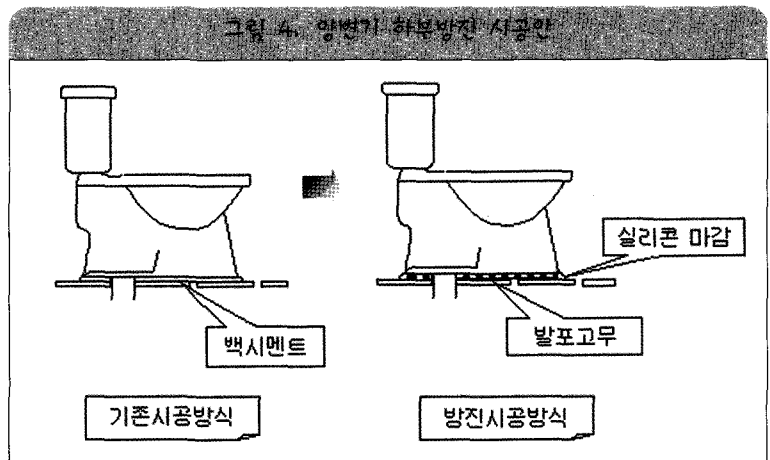
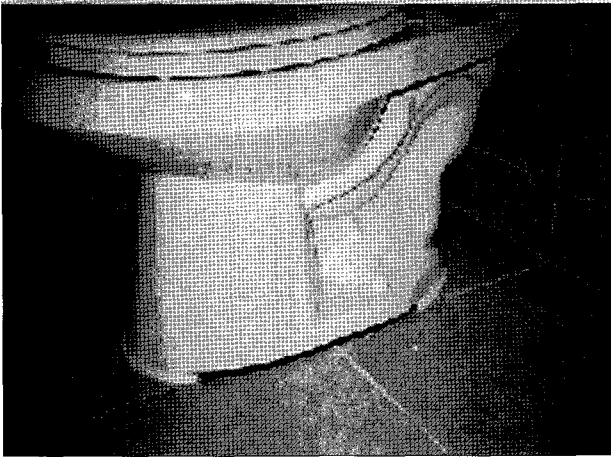


그림 5. 양변기 하부방진 시공사진



입하고 그 둘레는 내곰팡이성(항균성) 실리콘 마감을 하는 방식이다. 실리콘에 대해서는 욕실 바닥에 습기가 항상 있는 상태이므로, 발포고무의 부식문제를 방지하기 위해 내곰팡이성 실리콘을 사용하여야 한다.

그리고, 가장 문제시되는 것이 욕실 바닥의 구배로 인하여 양변기의 불평형이 생기는 것인데, 기존에는 이를 위해 양변기 바닥에 백시멘트로 보충하여 넣든지, 또는 타일조각이나 밤라이트 조각 등을 삽입해주는 방식이었다. 그러나 방진시공방식에서는 하부에 고무판을 받치기 때문에 고무의 탄성력으로 인하여 타일조각 등을 삽입하는 것이 여의치 않다. 따라서, 이런 문제점을 해결하기 위해서는 욕실 바닥 구배를 최대한 완만히 해주어야 하고 부득이 구배가 클 수밖에 없는 경우에만 고무판 하부에 타일조각 등을 삽입해 줄 것을 권한다.

4.3 현장적용 시험

방진고무에 대한 각종 물성시험 및 Mock-up room에서의 샘플 시공시험을 거쳐 기존시공방식

일 때와 비교해 방진시공을 했을 경우 소음저감 효과를 얻을 수 있다고 판단하고 실제 아파트 현장에서 적용시험을 수행하였다. 시험장소는 안산고잔1차 대우아파트에서 수행했으며 시험결과와의 재연성을 위해 총 6세대에 샘플시공을 한 후 여러 차례에 걸쳐 시험하였다. 본 아파트는 택지지구에 위치하여 주변이 모두 아파트현장들로써 주간시간대에는 주변 압조건이 나쁘지만 야간시간대, 특히 22:00시 이후에는 현장작업은 물론 차량통행도 거의 없는 최적의 압소음 및 압진동 조건을 갖고 있다.

앞 절에서 언급했듯이 본 시험에서 주안점을 둔 것은 하부세대 욕실에서의 소음저감이 아니라 하부세대 욕실과 인접된 침실내에서의 소음저감량이다. 따라서, 우선적으로 그림 6에 배수시 발생

그림 6 기존시공식과 방진시공식의 침실내 벽면 진동 비교

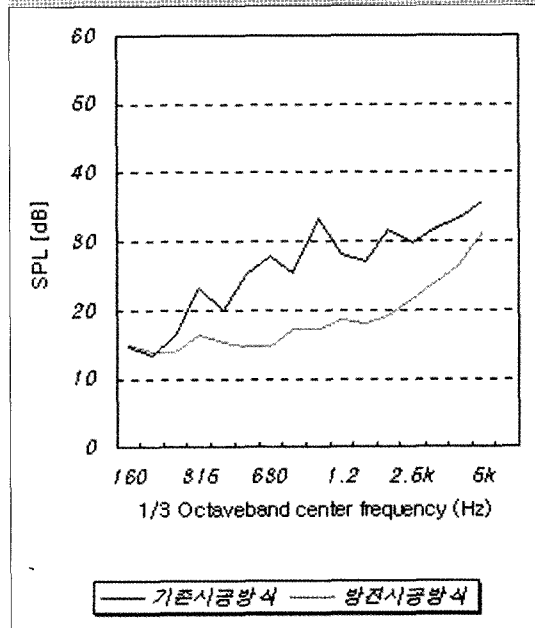


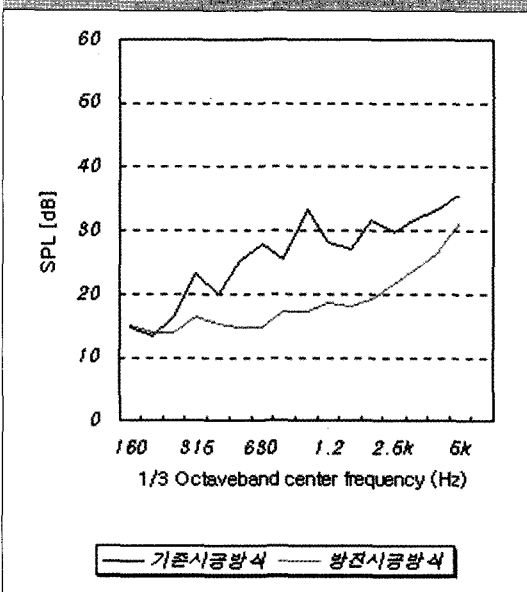
표 4 침실 진동 및 소음도 비교

| | | 1회 | 2회 | 3회 | 4회 | 평균 |
|-------------|------|------|------|------|------|------|
| 침실진동[dB] | 기존방식 | 54 | 55 | 52.5 | 52.1 | 53.4 |
| | 방진방식 | 47.8 | 48 | 45.5 | 45.6 | 46.7 |
| 침실소음[dB(A)] | 기존방식 | 31 | 29.6 | 30.1 | 30.5 | 30.3 |
| | 방진방식 | 23.8 | 24.2 | 24.1 | 23.9 | 24 |

되는 침실에서의 진동량을 비교 검토하였다. 방진 시공시 기존시공방식에 비해서 최대 8-9dB까지의 진동감소를 나타내었으며 전 주파수대역에 걸쳐서 많은 효과를 보았다. 이러한 진동감소량은 벽체방사소음의 저감을 가져올 수 있으며, 진동 그 자체로서도 사람이 바닥에 누워서 느끼는 체감 효과가 있기 때문에 청각적에만 느끼는 효과에 비해 촉각적으로 함께 느낀다면 그 효과는 배가 되리라 사료된다.

표 4에 침실에서의 진동과 소음도 비교를 정리하였고, 그림 7에는 소음 주파수 특성을 도시하였다. Overall 값으로는 5-6dB(A)의 소음저감을 보였는데, 양변기 배수시의 주파수 특성이 500Hz에서 2kHz 대역까지가 음압값이 높아 침실에서 귀로 들었을 때 확연히 배수가 되고 있음을 알 수 있는데 반하여, 방진시공을 하여 배수를 했을 때의 주파수 특성은 주변 암소음의 주파수 특성처럼 전체적으로 완만한(Broad)한 형태를 보이고 암소음에 묻힐 정도이므로 귀를 귀울여 듣지를 않으면 배수가 이루어지고 있는지 모를 만큼 조용한 상태를 보였다.

그림 7 기존시공사와 방진시공사의 침실내 소음 비교



4.4 소결론

주위가 조용한 야간시간대에 상부세대 화장실 이용시 발생하는 소음이 침실에 전달되는 것을 최소화하는 방안으로 양변기 하부에 방진발포고무를 시공하였다. 이 고무재는 배수시 발생하는 주된 진동주파수인 500Hz 대역을 억제할 수 있는 탄성특성을 가져야 하며 적절한 인장수축력과 내식성도 우수함을 보여야 한다. 또한, 기존의 백시멘트 대신에 내공팡이성 실리콘으로 가장자리 마감을 하고 도기의 평형성 유지에도 신경을 쓰지 않으면 안 된다. 이 개선안을 통해서 얻은 효과는

기준에 비해 최소 5dB(A) 이상이며, 이는 단순히 수치상의 저감뿐 아니라 체감적으로도 느낄 수 있을 것이다.

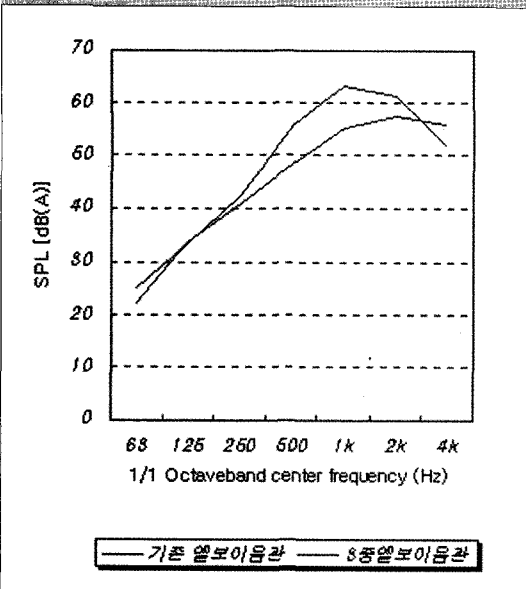
5. 저소음 엘보이음관 적용

양변기구 자체에서 발생하는 소음 및 진동 실태에 대해서 3장에서 기술하였고 이의 저감을 위한 방안을 4장에서 다루었다. 양변기 배수시 하부세대 욕실에 끼치는 영향을 최소화하는 방안으로서

표 5 저소음 엘보이음관의 효과 단위 : dB(A)

| | 수원 T아파트 | 서울 H아파트 |
|-------|---------|---------|
| 소음도 | 61-63 | 59-62 |
| 소음저감량 | 4-6 | 4-7 |

그림 8 저소음 엘보이음관의 주파수 특성



이번 5장에서는 기존의 배수관보다 차음성능 등이 강화된 저소음 배수관의 성능을 시험하고 실제 현장에 적용하여 효과를 검증하는데 목적을 두었다.

엘보 이음관 부위는 상부로부터 낙하하는 물이 강하게 충격을 받는 곳이므로 곡관으로 설계해야 함은 물론이고 충격으로 인한 진동을 흡수할 수 있는 형상 및 재질이어야 한다. 이에 따라 기존 제품 대신 이러한 요구를 충족시키는 제품으로 대체하여 비교 시험하였다.

시험은 2곳의 아파트를 대상으로 엘보 이음관을 교체해가며 수행하였다. 그 결과로써 표 5와 같이 기존 방식과 비교하여 최대 7dB(A), 평균 5.2dB(A)의 소음감소를 얻을 수 있었다. 그림 8에는 주파수 특성을 도시하였는데, 배수소음의 주된 주파수 대역인 1-2kHz 대역에서 차음효과를 많이 보았다.

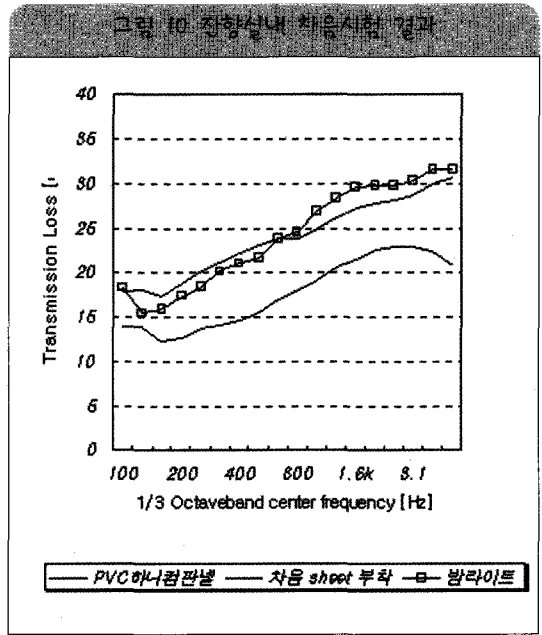
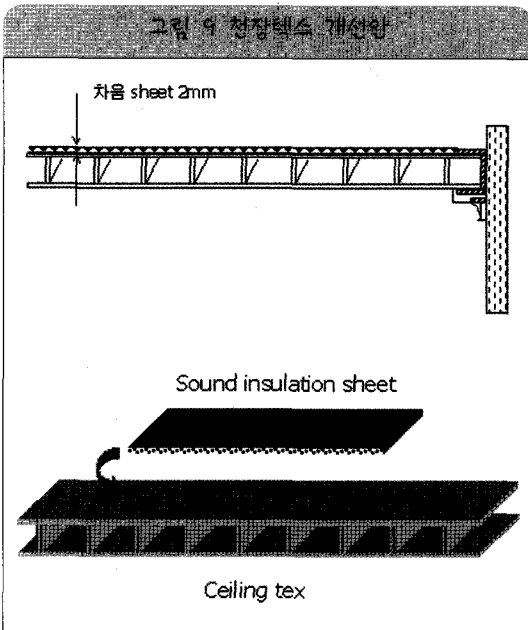
6. 차음성능개선 천장텍스

양변기 배수관을 저소음형으로 교체하여 소음 저감을 가져왔으나 일정량의 소음발생은 있을 수밖에 없고 이를 더욱 저감시키고자 욕실내 천장텍스부분에 대한 차음성능 강화방안을 검토하였다. 대우아파트의 경우 기존에는 압축 석면판인 밤라이트재를 3mm 두께로 하여 시공하였고, 최근들어서는 10mm 두께의 하니컴 형태의 PVC판넬로 천장재를 교체하였다. 이 제품은 현재 타 건설사에서 많이 사용되고 있는 것으로 이미 수년 전부터 아파트 욕실 천장재로 적용이 되고 있다. 이의 특징은 단열적인 측면에서 우수하고 천장 마감재를 필요로 하지 않는 등 시공성이 좋다는 유리함을 지니고 있다. 그러나, 배수관에서 발생하는 배수소음을 차단시키는 차음성능면에서는 취약함

을 나타내고 있는 상황이다. 이는 잔향실 차음시험 결과에서도 기존 밤라이트재보다 성능이 떨어짐을 보였다. 따라서, 본 장에서는 하니컴판넬의 우수한 시공성, 단열성을 유지하면서 음향성능면에서도 우수한 효과를 보이도록 하기 위해서 기존 제품의 변형을 고려하였다.

6.1 천장재 개선안

그림 9에 나타낸 것은 기존 하니컴판넬에 2mm 정도 두께의 차음시트(고무재)를 부착한 시공도이다. 그림 10의 그래프를 보면 기존의 밤라이트재에 비해 PVC 하니컴판넬이 전주파수 대역에 걸쳐서 차음성능이 떨어짐을 나타내고 있으며 하니컴판넬에 차음시트를 부착하여 시험한 결과 거의 밤라이트재와 동등한 성능을 보이고 있다. 이 시험은 잔향실이라는 특수목적의 실험실에서 시험한 결과이지만 실제 현장에서도 비슷한 경향을 나타



낸다. Overall 소음도로는 약 3-4dB(A)정도 저감량을 나타내 효과적이라 볼 수 있으나, 문제는 차음시트의 단가가 비싸기 때문에 생기는 경제성 측면이다. 따라서, 이 외의 방안으로서 제시할 수 있는 것은 기존 10mm(1.5T+7T+1.5T) 두께의 형상에서 중간 7mm의 공기층을 줄이고 1.5mm의 PVC판을 더 두껍게, 즉 강성을 높이는 방안과 양 접의 두께를 달리하여 차음성을 높이는 방안을 들 수 있다.

6.2 소결론

기존 방법은 점검구 등 부분적인 틈새로의 소음 전달 문제로 인해서 시공법의 개선이 필요하다고 판단하고 현재 천장재로 시공되고 있는 PVC 하니컴판넬의 차음성능 부족을 보완하기 위한 대체 제품 개발이나 부분적인 변형을 요한다.

7. 현장 종합 시험

화장실내 양변기 배수소음을 저감시키기 위한 방안으로서 다음과 같은 몇 가지 방안을 제시하였다.

- 양변기 배수타입별 소음도를 조사하여 저소음형 양변기 선정
- 양변기 하부방진대책
- 저소음형 배수관 적용
- 천장텍스의 차음성능 강화

이 중 두 번째 항목만이 화장실과 인접된 침실 내에서의 소음저감을 위한 것이고 그 외는 하부세대 화장실내에서의 소음저감을 위한 것이다. 전장에서는 이 방안들에 대해서 개별적으로 검토 시험하여 그 효과를 기술하였다. 본 장에서는 이 사항들에 대해서 종합적으로 검토하여 최적의 방안을 마련하는데 목적을 두었고, 또 이런 방안들에 대한 경제성 검토를 통해서 실질적으로 적용하는데 판단기준을 제시하였다.

7.1 시험결과

각각의 방안들에 대한 종합적인 적용 시험을 통해 최적 방안을 도출하고자 현장시험을 수행하였다. 시험 장소는 안산고잔1차 아파트를 대상으로 개선방안과 기존방안으로 나누어 구성하였다. 이 중 양변기는 양쪽에 동일한 제품을 사용하였다.

표 6 소음도 비교

| | 욕 실 | 침 실 |
|--------|---------|------------|
| 기존시공방식 | 54dB(A) | 34-36dB(A) |
| 개선시공방식 | 45dB(A) | 30 dB(A)미만 |

그림 11 욕실에서의 소음도 비교

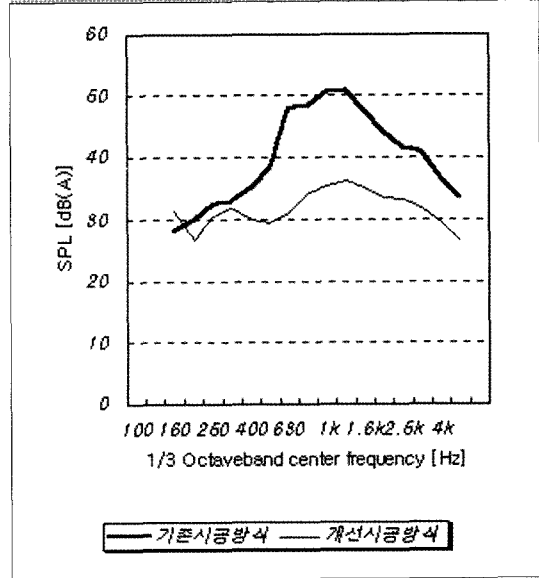
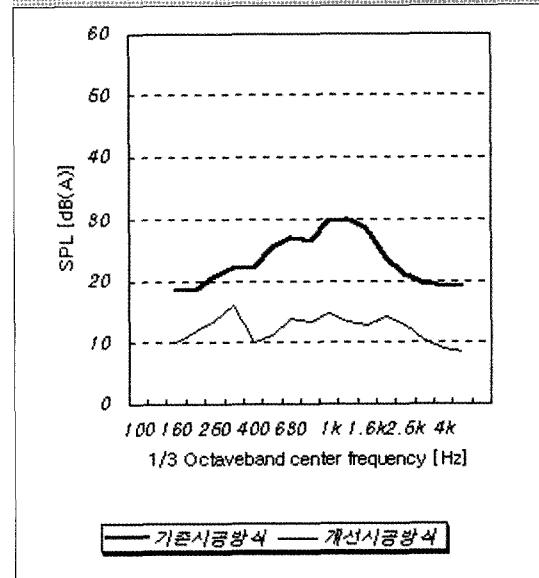


그림 12 침실에서의 소음도 비교



그리고, 배수시 하부세대 욕실과 침실 동시에 측

정하여 각 3세대의 평균값을 취하였다.

이에 대한 시험결과는 표 6과 같다. 먼저 욕실의 소음도를 비교해보면 기존방식이 54dB(A), 개선방식이 45dB(A)로 약 9dB(A)의 소음 저감을 가져왔다. 소음 저감에 크게 기여한 것은 삼중엘보와 차음시트를 부착한 천장텍스로써 이 중에서도 앞에서 검토했던 것처럼 삼중엘보 효과가 가장 크리라 사료된다. 다음은 침실에서의 비교로 기존 방식은 34-36dB(A), 개선방식은 30dB(A)이하, 작게는 24dB(A)까지 조용했으며 이는 침실내 압소음 수준과 동등한 것으로 배수에 의한 소음영향이 거의 없다고 봐도 무방할 정도다. 여기서 크게 기여한 것은 양변기 하부방진으로 대부분 이 案으로 인해서 소음 저감이 이루어진 것으로 보인다. 그림 11과 그림 12에 소음 주파수 특성을 도시하였는데, 가장 음압 레벨이 높았던 500Hz - 2kHz 대역에서 감음량이 많이 이루어졌다.

7.2 경제성 검토

저소음형 화장실로 개선시키기 위한 각 아이템

별로 경제성 검토를 하여 표 7에 정리하였다.

8. 결론

이상과 같은 연구검토를 통해서 동일한 양변기 사용시 기존방식에 따른 화장실과 저소음형으로 개조한 화장실간의 소음도 차이가 약 9dB(A), 그리고 인접된 침실에서는 5dB(A)이상 효과를 나타내었다. 하지만, 이 효과는 계층 기계상에 나타나는 수치일 뿐, 사람에 따라서 그 차이를 느끼지 못하는 사람이 분명히 있을 것이고 반대로 더 효과적으로 체감하는 사람이 있을 것이다. 건설사 입장에서는 이러한 문제를 떠나 시각적으로 보일 수 있는 효과가 충분하다고 보고, 또한 경제성 검토를 통해서 알 수 있듯이 그 추가적인 비용도 크지 않으므로 이를 아파트 분양 홍보에 반영한다면 좋은 결과가 있을 것으로 판단한다.

표 7 경제성 검토

| 구분 | 산출내역 | | 비고 |
|----------|---|--|------------|
| 양변기 하부방진 | 발포고무(10mm) | 2,500원×개 = 5,000원 | |
| | 실리콘(내곰팡이) | 3,500원×1/2개 = 1,750원 | |
| | 소 계 | 6,750원 | |
| 천장텍스 | 발포고무(2mm) | 6,000원/m ² ×6.4m ² = 38,400원 | 34평형 기준 |
| 저소음엘보 | 저소음 엘보 적용(단일엘보 및 유리보온면 대체) | | |
| | - 6,000원×2개소 = -12,000원 | | |
| 합 계 | 6,750원 + 38,400원 + (-12,000원) = 33,150원 | | 34평형 1세대기준 |