한국소음진동공학회 2001년도 추계학술대회논문집, pp. 120~126

공동주택 화장실소음 저감방안

A Study on Reduction Plan of Noise in a Toilet

°이 주 원*, 정 갑 철**

°J. W. LEE , G. C. Jeong

ABSTRACT

The study was performed as reduction plan on drainage noise in a toilet, which of noise in plumbing systems was being indicated the major point at issue in apartment houses. The reduction plan is four items, which are water closet, isolating system for the base of water closet, low noise drainpipe, and a ceiling tex. Through the result of experiment, it was showed that noise reduction is about 9dB(A) within a toilet and above 5dB(A) in a bedroom.

1. 서 론

공동주택에 거주하는 사람이라면 한 번쯤은 위층 세대에서 발생하는 소음으로 인해 불만을 가진 경험이 있을 것이다. 만약, 거실이나 침실에서 아이들이 뛰어 다니면서 생기는 바닥衝擊音이 원인이라면 이웃간에 주의를 요구하든지 하는 적극적인 반응을 표현한다. 그러나 그 외의 사항, 특히 야간시간대에 쉽게 들리는 화장실 물 내리는 소리 같은 경우는 정서상 그냥 참고 지나치게 마련이다. 비록 짧은 시간동안에 발생하는 소음이지만 "騷音"이라는 단어 자체에서 느낄 수 있는 것처럼 매일 이 소음을 들어야만 한다는 것은 꽤 불쾌한 일이 아닐 수 없다. 그리고 그 것이 숙면을 취해야만 하는 야간시간대라면 더욱 그렇다.

고급호텔 등을 가서 화장실을 이용해보면 양변기 물 내리는 소리가 상당히 조용함을 알 수 있다. 이 곳에서는 국산제품 중의 고급형의 제품들도 있지만, 대부분 외국산의 양변기들을 채용해서 디자인과 아울러 무엇보다도 정숙한 제품이 선호되고 있는 상황이다. 그 만큼 외국에선 국내보다도 더 消音이란 측면을 더 중시하고 신경쓴다는 의미로 받아들일 수 있다. 물론 이처럼 고급형의 양변기를 공동주택 모두에 적용한다면 문제가 될게 없겠지만 현실상 불가능한 일이므로, 현재 상황에서 화장실에서 발생할 수 있는 소음을 최대한도로 저감시켜 불만요소를 없애보자는 취지에서 본 연구를 수행하게 되었다. 건설회사의 입장에서 이런 분야의 부각은 큰 가치(Merit)를 지니고 있음에 틀림없다.

화장실 소음발생 요인은 여러 가지이면서 복합적이다. 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 아이템들을 선별하여 그 저감방안을 검토하였다.

우선적으로 양변기 자체에 대해서 기존에 시판되고 있는 제품들에 대한 성능시험을 거쳐서 상대적으로 저소음형인 제품을 선정, 설계에 반영토록 하였다. 그리고, 양변기 하부에 방진시스템을 적용함으로써 하부세대의 욕실이나 침실에 미치는 영향을 최소화하였다. 또한 배수관에 대해서 기존에 적용하던 배수관에서 저소음형 배수관을 적용하였

* ㈜대우건설기술연구소 건축연구팀 주임연구원, 정회원
** ㈜대우건설기술연구소 건축연구팀 책임연구원, 정회원

으며, 마지막으로 천장텍스에 대해서도 개선책을 마련하였다.

2. 검토 대상별 개요

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

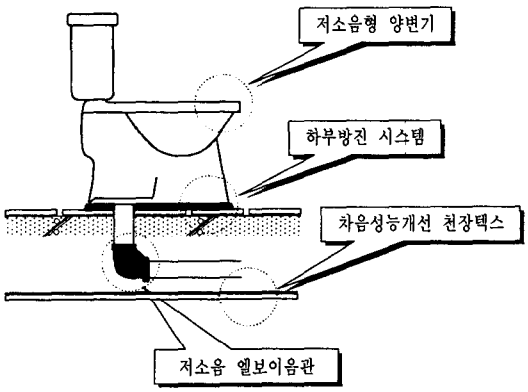

Fig. 1 검토 대상 요소

Table 1 예상 효과

항 목	예상 효과
저소음형 양변기 선별	자기세대 및 하부세대 욕실 소음 저감
양변기 하부방진 시공	하부세대 침실 소음 저감
저소음 엘보이음관 적용 및 유리 보온면 배제	하부세대 욕실 소음 저감 시공성 증대, 환경보호면 유리
차음성능개선 천장텍스	하부세대 욕실 소음 저감

3. 요소별 저감 방안

3.1 저소음형 양변기

화장실 소음저감을 위한 최적의 방안으로 양변기구 자체의 소음 저감이 가장 효과적이라 판단하는 바, 저소음형의 양변기구 개발이 요구되어진다. 그러나, 현실적으로 양변기 개발에 따른 Molding 가격이 수 천만원에 달하고, 대량 수요가 발생되는 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.

양변기는 배수타입에 따라 다음 네 가지로 분류하며 현재에는 보통 Siphon Type과 Vortex Type이 사용되고 있다.

■ Wash down Type ; 물의 낙차를 이용해서 오물을 배출시키는 형태

■ Siphon Type ; 사이폰 작용을 이용해서 오물을 배출시키는 형태로 유속을 높이기 위해 배수관로의 내경이 작고(44φ) 절수를 위해 6ℓ 유량을 사용

■ Siphon jet Type ; 舊 Type으로 13ℓ의 유량을 사용하고 내경이 크기(53φ) 때문에 배수효과는 제일 양호

■ Vortex Type ; 사이폰 작용에 회전운동을 첨가하여 흡입효과, 세정효과를 증대시킨 것으로 다른 타입과 달리 진공방식이 아니기 때문에 저소음형으로 분류

당사 아파트에 적용되고 있는 업체의 10여종에 이르는 양변기에 대해서 실험실 시험을 수행해 본 결과 **Fig. 2**와 같은 결과를 보여주었다. 배수 지속시간동안의 평균소음도(Power Average)를 비교 평가인자로 볼 때 Siphon Type에 비해 Vortex Type 양변기가 최대 12dB(A)까지 조용함을 보였다. 대체적으로 Vortex Type이 조용한 것으로 나

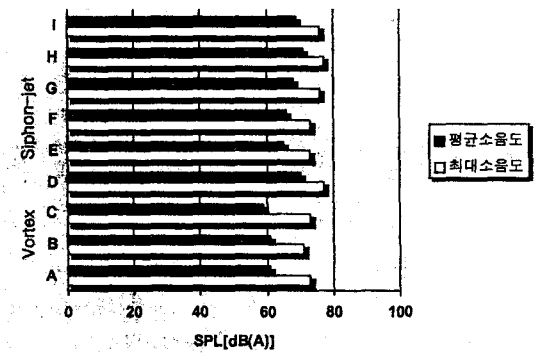

Fig. 2 양변기 배수타입별 소음도

타났으나, Vortex Type이라 하더라도 Siphon Type 보다 오히려 소음도가 높은 제품이 있는 것으로 나타나 가격대를 고려하여 적절한 제품 선정이 요구되어진다.

3.2 양변기 하부방진

소리에너지는 그 전달경로와 매질에 따라 공기전달음과 고체전달음으로 대별할 수 있으며, 공기전달음은 차폐성만 강화할 수 있으면 저감이 비교적 쉽다. 그러나 고체전달음은 구조체를 따라 진동에너지의 형태로 전달되기 때문에 전달경로 파악이 어렵고 전달된 진동에너지량이 얼마만큼 소리에너지량으로 변환될 수 있는가하는 문제 등 판단하기 어려운 사항이 많아 이에 대처하는데 소극적일 수밖에 없다.

양변기 배수시 발생되는 배수진동에 의한 소음발생도 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 자체에서 저감을 기하는 것이므로 양변기 자체에 배수진동 저감을 위한 대책을 강구하고자 하였다.

3.2.1 양변기 배수진동 검토

양변기 배수시 하부세대의 바닥이나 벽체에서 발생되는 진동량을 검토 평가하고자 기존 백시멘트 시공방식으로 설치되어 있는 아파트에서 시험을 하였다. 평상시의 암진동 상태와 배수시 상태를 상호 비교하여 소음으로 방사되리라 예상되는 진동량을 체크하여 방진시공시의 타당성을 검토하고자 하는 것이 목적이다. **Table 2**가 그 결과로써 욕실 바닥 진동량이 암진동에 비해 16dB 이상 차이를 보였으며 어느 조건에서건 대부분 이 이상의 차이를 보이고 있다. 그리고, 이 표는 욕실에서의 진동가속도레벨로써 욕실과 인접된 침실의 경우도 마찬가지로 벽체나 바닥의 진동이 암진동에 비해 확연히 대비됨을 보였다.

Table 2 양변기 배수 진동도

위 치	진동가속도 레벨 [dB]	암진동도 [dB]
바닥진동	53	37
하부세대 벽체진동 I	43	33
하부세대 벽체진동 II	43	34

3.2.2 하부방진 시공안

대부분의 경우 진동저감을 위해서는 방진고무(혹은, 방진패드)라 하여 천연 혹은 합성 고무재를 사용하며 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.

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

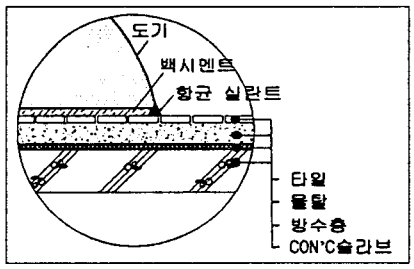

Fig. 3 기존의 양변기 설치 상세도

Fig. 4에 기존방식과 개선시키고자 하는 방진시공방식을 함께 도시하였다. 기존의 백시멘트는 사용치 않고 10mm정도 두께의 발포고무재를 삽입하

고 그 둘레는 내곰팡이성(항균성) 실리콘 마감을 하는 방식이다. 실리콘에 대해서는 욕실 바닥에 습기가 항상 있는 상태이므로, 발포고무의 부식문제를 방지하기위해 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 등으로 메꾸어주는 방식이었다. 그러나 방진시공 방식에서는 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 주어야 한다.

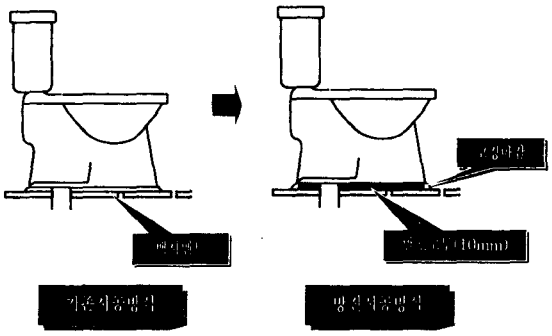

Fig. 4 양변기 하부방진 시공안

3.2.3 현장적용 시험

방진고무에 대한 각종 물성시험 및 Mock-up room에서의 샘플 시공시험을 거쳐 기존시공방식일 때와 비교해 방진시공을 했을 경우 소음저감 효과가 충분하다고 판단하고 실제 아파트 현장에서 적용시험을 수행하였다. 시험결과의 재연성을 위해 총 6세대에 샘플시공을 한 후 수 차례에 걸쳐 시험하였다.

본 시험에서 주안점을 둔 것은 하부세대 욕실에서의 소음저감이 아니라 하부세대 욕실과 인접된 침실내에서의 소음저감이다. **Table 3**에 침실에서의 진동과 소음도 비교를 정리하였고, **Fig. 5**에는 소음 주파수 특성을 도시하였다. Overall 값으로는 5-6dB(A)의 소음저감을 보였는데, 양변기 배수시의 주파수 특성이 500Hz에서 2kHz 대역까지가 레벨값이 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 보여 암소음에 묻힐 정도이므로 귀 귀울여 듣지를 않으면 배수가 이루어지고 있는지 모를 만큼 조용한 결과를 보였다.

여기에서 사용되는 발포고무 재질의 방진재는 일정 규격의 탄성계수 및 감쇠계수 등 기본적인 물성값을 지닌 것을 사용하여야 하며 이에 대해서는 **Table 4**에 정리하였다.

Table 3 침실에서의 진동과 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*

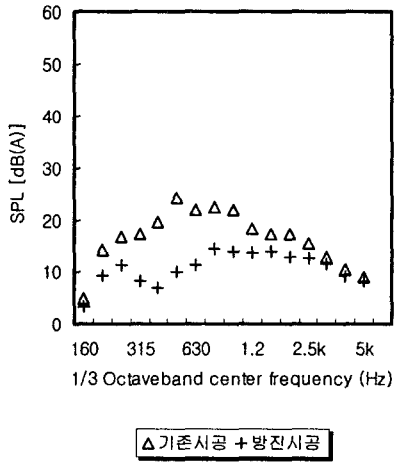

Fig. 5 침실내 소음 주파수 특성 비교

Table 4 방진고무의 물성시험표

물 성		단 위	권장 기준치	시 험
두 께		mm	10±0.5	-
동탄성 계수		N/m^3	29.6×10^6	JIS A 6321
감쇠 계수		-	0.22	JIS A 6321
겉보기 밀도		g/cm^3	0.13	KS M 3014-96
인장 강도		kg_f/cm^2	4.2	KS M 3014-96 (A)법
신장율		%	78	KS M 3014-96 (A)법
스프링 경도		-	26	KS M 6660-96
반발 탄성		%	58	KS M 6518-96
내약품성 (무게 감소율)	산성	%	0.10 (변색 및 형태 변화 없음)	2% H_2SO_4 수용액
	염기성	%	0.10 (변색 및 형태 변화 없음)	2% NaOH 수용액

3.3 저소음 엘보이음관

양변기 배수시 하부세대 욕실에 미치는 영향을 최소화하는 방안으로서 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 **Table 5**와 같이 기존 방식과 비교하여 최대 7dB(A), 평균 5.2dB(A)의 소음감소를 얻을 수 있었다. **Fig. 6**에는 주파수 특성을 도시하였는데, 배수소음의 주된 주파수 대역인 1-2kHz 대역에서 차음효과를 많이 보았다.

Table 5 저소음 엘보 이음관의 효과

	수원 T아파트	서울 H아파트
소음저감량	4-6 dB(A)	4-7 dB(A)

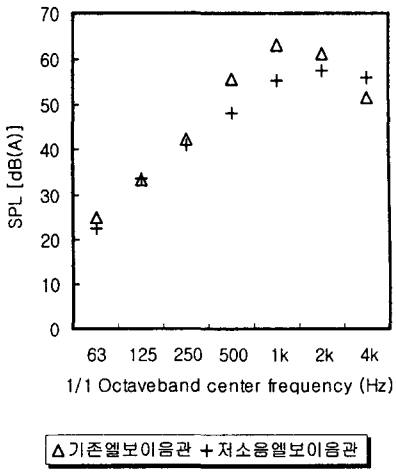

Fig. 6 주파수 특성 비교

3.4 천장재 개선안

양변기 배수관을 저소음형으로 교체하여 소음저감효과를 보았으나 일정량 이상의 소음전달은 있을 수밖에 없고 이를 더욱 저감시키고자 욕실내 천장텍스 부분에 대한 차음성능 개선방안을 검토하였다. 당사 아파트의 경우 기존에는 압축 석면판인 밤라이트재를 3mm 두께로 하여 시공하였고, 최근 들어서는 10mm 두께의 하니컴 형태의 PVC 판넬로 천장재를 교체하였다. 이 제품은 현재 타 건설사에서도 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 발생되는 배수소음을 차단시키는 차음성능 면에서는 취약함을 나타내고 있고 이는 잔향실 차음시험 결과를 보면 알 수 있다.(**Fig. 8** 참조) 따라서, 본 장에서는 하니컴판넬의 우수한 시공성, 단열성을 유지하면서 음향성능면에서도 우수한 효과를 보이도록 하기 위해서 기존 제품을 이용하되 변경개선을 고려하였다.

Fig. 7에 나타낸 것은 기존 하니컴판넬에 2mm 정도 두께의 차음시트(고무재)를 부착한 시공도이다. **Fig. 8**의 그래프를 보면 기존의 밤라이트재에 비해 PVC 하니컴판넬이 전주파수 대역에 걸쳐서 차음성능이 떨어짐을 나타내고 있으며, 하니컴판넬에 차음시트를 부착하여 시험한 결과 거의 밤라이

크재와 동등한 성능을 보이고 있다. 이 시험은 잔향실 시험결과이고 실제 현장에서도 비슷한 경향을 나타낸다. 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 겹의 두께를 달리하여 차음성을 높이는 방안을 들 수 있다.

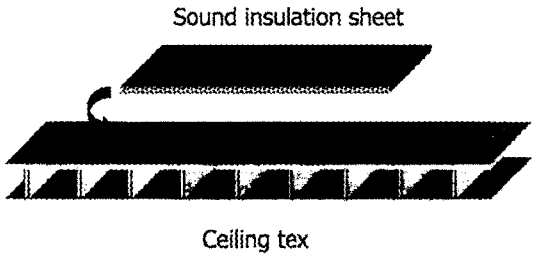

Fig. 7 천장재 개선안

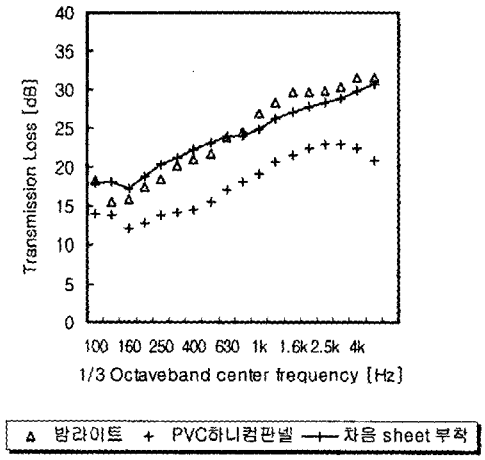

Fig. 8 차음성능 비교 그래프

4. 종합검토

상기의 방안들에 대한 개개의 시험이 아닌 종합적인 적용시험을 하였다. 양변기는 양쪽에 동일한 제품을 사용하였으며, 배수시 하부세대 욕실과 침실 동시에 측정하여 각각 3세대에 대한 평균값을 취하였다. 시험결과는 **Table 6**과 같다. 우선 욕실의 소음도를 비교해보면 기존방식이 54dB(A), 개선방식이 45dB(A)로 약 9dB(A)의 소음 저감을 가져왔다. 소음 저감에 크게 기여한 것은 저소음 엘보이음관과 차음시트를 부착한 천장텍스이다. 침실에서는 기존방식은 34-36dB(A), 개선방식은 30dB(A) 미만, 작게는 24dB(A)까지 조용했으며 이는 침실내 암소음 수준과 동등한 것으로 배수에 의한 소음영향이 거의 없다고 봐도 무방할 정도다. 여기서는 양변기 하부방진으로 인해 대부분 소음 저감이 이루어졌다.

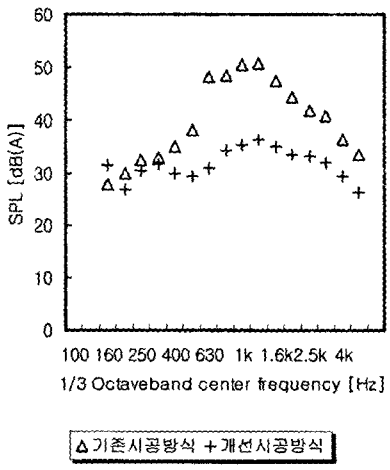

Fig. 9 욕실에서의 소음도 비교

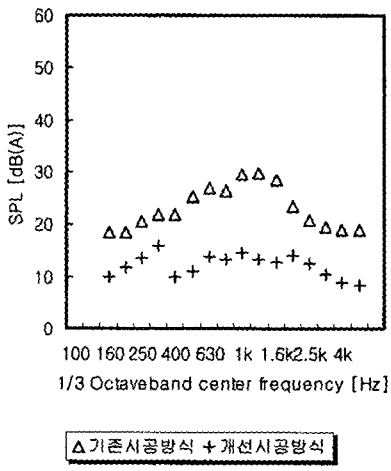

Fig. 10 침실에서의 소음도 비교

Table 6 소음도 비교

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

5. 결 론

이상과 같은 연구검토를 통한 결과는 다음과 같다.

1) Vortex 타입의 양변기가 대체적으로 저소음형이긴 하나 Siphon 타입의 양변기에서도 보다 정숙한 제품이 있으므로 경제성을 고려한 선별이 요구된다.

2) 양변기 하부에 방진시공을 함으로써 하부세대 침실에서 약 5dB(A) 이상의 소음저감 효과를 보였다.

3) 저소음 엘보이음관의 적용으로 최대 7dB(A) 이상의 소음저감 효과를 나타내었으며 시공성의 증대를 가져왔다.

4) 천장재의 차음성능 개선으로 3-4dB(A) 정도의 효과는 있으나 단가 상승이 요구된다.

5) 동일한 양변기 사용시 기존의 일반 시공방식에 비해 개선 시공방식의 경우 욕실에서 약 9dB(A), 침실에서 5dB(A) 이상의 소음저감 효과를 보여 보다 정숙한 화장실을 조성할 수 있었다.

참 고 문 헌

1) 소음진동공학회, 소음진동편람, 1995

2) 일본건축학회, 실무적 소음대책지침 응용편, 1987

3) Noise and Vibration Control, LEO L. BERANEK, 1971