오 · 배수관 소음 · 진동 저감방안의 시공 사례

근린생활시설 천정에 오 · 배수 수평주관이 위치하여 배수시에 소음 · 진동에 의한 환경 피해를 최소화한 시공 사례에 대해 소개하고자 한다

김 윤 증
한신공영(주) 건축부(kimyzz@hanmail.net)

머리말

최근의 건축물은 지가 부담의 가중으로 가급적 최소한의 대지에 최대한의 고층으로 건설하려는 경향이 뚜렷하다. 본고의 대상건축물의 경우도 예외는 아니어서 한정된 대지에 대한 용적율이 허용하는 최고층을 계획하다 보니, 배관전용 공간으로써의 중층(mezzanine)을 두지 못하고 부득이 근린생활시설(2층)의 천정에 오 · 배수 수평주관을 설치하도록 설계되었다.

이에 따라 준공 후 있을지도 모르는 오 · 배수관에서의 소음 및 진동 등에 의한 민원 발생의 원인을 사전에 제거하고, 환경친화적인 건축물이 되도록 하기 위하여 특별히 방음, 방진 대책을 적용하였다.

그 주요 내용으로써, 첫째는 오 · 배수관의 재질 선정에 특별한 기준을 적용하여 플랜지형주철관을 채택한 것이며, 둘째는 연결부위에서 "누수 발생 제로"를 실현하기 위한 철두철미한 시공관리를 행하였으며, 셋째는 방진행거 사용을 통한 진동 전달을 최소화 한 것과, 끝으로 단위 세대에는 오 · 배수 수직관(2중 PVC)에 섹스티아를 설치하여 배수 소음의 최소화를 시도하였다는 것 등이다.

대상 건물의 1, 2층은 업무시설 및 근린생활시설, 3층으로부터 17층까지는 오피스텔(A,B동 630호)로서 오 · 배수 소음 및 진동은 배관이 어느 부분을 통과하느냐에 문제가 될 소지가 많았다. 이러한 예상을 토대로 한 시공결과가 만족할 수 있었음은 철저한 계획의 중요성을 입증하는 것이다.

오 · 배수 설비 등 건축설비에 의한 소음, 진동 방지는 기본설계 단계에서부터 충분한 검토가 있어야 하며, 또한 이 검토 결과는 시공 과정에서 빠짐없이 반영되어야만 한다.

실질적으로 쾌적한 환경 조성 및 효율적인 유지관리를 추구한다면, 설계나 시공시부터 진정으로 이러한 목표를 지향하지 않으면 안 된다는 것이다.

건축개요

- 건물명 : 수서○○사이룩스 오피스텔
- 소재지 : 서울시 강남구 수서동
- 연면적 : 50,113.01(m^2)
- 건물구조 : 철근콘크리트조
- 건물현황

동	층	용 도	비 고
A(동관)	B4층	기계실, 주차장	
	B1 ~ B3층	주차장	
	1층 ~ 2층	판매시설, 업무시설	
	3층 ~ 17층	오피스텔	315호
B(서관)	B1 ~ B3층	주차장	
	1층 ~ 2층	판매시설, 업무시설	
	3층 ~ 17층	오피스텔	315호

오 · 배수 소음의 발생원 및 특성 분석

소음 방지 설계의 대상음

오배수 계통에서 발생하는 소음은 발생원의 측면에서 보면 밸브, 변기, 트랩 그리고 관의 연결부와 분기부 등에서 유체의 흐름에 의해 발생한 진동 및 공기전달음이 주된 원인이다. 또한 발생소음이 음원실만이 아니고 인접실 등 타 공간까지 미치는 영향의 정도는 배관 방법, 배관 자료, 파이프 샤프트의 위치, 실내 마감 그리고 음의 방사면적 등에 따라 달라진다.

이와 같이 소음이 실내에 방사되기까지의 과정에는 다양한 종류의 건축적이고 설비적인 요인이 종합되어 작용하고 있으나, 수압과 유량 등 사용상의 요인도 소음의 발생량에 많은 관계가 있다.

일반적으로 설비설계 혹은 소음방지 설계의 대상이

되는 오 · 배수 소음에는 다음과 같은 소음원이 있다.

- 변기 세정시 배수되는 물의 흐름에 의해 변기나 배수 관벽 등으로부터 실내에 직접 방사되는 소음(공기 전달음)
- 변기나 배수관로에서 발생한 소음.진동이 건물 구조체를 통해 벽이나 바닥 등의 실내 표면으로부터 실내에 방사되는 소음(구조 전달음)

이들 오 · 배수 소음은 개개의 소음원 또는 소음을 발생하는 개개의 요소만에 의해 결 정 되는 것이 아니고, 건축 및 설비설계조건이 각각에 관련되어 복합화된 결과로서 발생한다.

소음원의 특성

• 기구 주변의 오.배수 소음

기구 주변의 오.배수 소음으로서는 다음과 같은 소음의 영향이 있다.

- 수면 및 기구를 두드리는 음 : 배수시 물의 흐름에 의해 욕조, 세면기 및 수면 등에 의해 부딪혀 발생하는 음
- 관내의 흐름에 의한 음 : 오 · 배수 수직관에 있어서 간헐적으로 배수되는 물과 공기가 서로 섞이는 등의 매우 불규칙적인 흐름에 의해 발생하는 음
- 트랩에서 발생하는 음: 배수 수직관내에 물막힘이 발생하여 관내압력이 급속하게 변동함으로서 트랩의 봉수가 오르내리거나 또는 회전할 때 발생하는 음

• 관로계의 발생 소음

- 진동 및 캐비테이션에 의한 발생 소음 : 배수관의 중간에 밸브류가 존재하는 경우에 진공현상이 일어나는 경우가 있는데, 이 현상에 의해 배관이 진동하여 발생하는 것이다. 이러한 발생소음의 저감으로는 유속 및 적절한 배관의 고정방법에 대한 배려가 필요하다.

오 · 배수 소음의 저감 대책

오배수시에 발생하는 소음을 방지하거나 줄이기 위해서는 기본 설계 단계부터 이를 고려하는 것이 기본적으로 필요하다.

기본적인 방지대책

-건물구조체에 직접 접촉하지 않도록 배관 지지부와 벽 및 바닥의 관통부에 완충재를 사용하고 또한 매립배관을 피하는 것이 좋다.

-아주 조용해야 할 Room의 벽에 오 · 배수관을 고정하는 것은 피한다. 부득이하게 고정하는 경우에는 관벽으로부터 소음 및 진동의 전달을 줄여줄 수 있도록 방진처리를 한다.

-오 · 배수 입상관은 파이프 샤프트 내에 둔다. 파이프 샤프트 내에 배관을 지지할 경우에는 해당 부분의 Pipe를 방진고무나 유리면 커버등의 방진재를 감싼 후 절연 U밴드 등을 사용하여 벽에 고정시킨다.

-매립배관 공법은 가능한 한 채용하지 않는다. 부득이하게 오 · 배수관을 벽이나 바닥에 매립할 경우에는 구조체와 직접 접촉하지 않도록 방진고무나 유리섬유 또는 암면으로 만든 배관용 피복재로 감싸고 방식테이프를 감은 후 몰탈등으로 되메운다.

-오배수 배관이 벽이나 바닥 등을 관통할 경우에도 구조체와 직접 접촉하지 않도록 방진재를 충진시킨다.

PIPE LAGGING 시공 대책

급수 · 급탕관에서 관벽으로부터 쿵쿵 거리는 방사음이 문제가 되어 산출식에 의거한 수격방지기와 과대한 압력이 걸리지 않게 감압변을 설치하여 배관류 및 수전류, 피팅류 등의 내구년한 증대와 수격음을 저감하였으나, 오 · 배수관과 위생도기에서는 대부분의 경우 커다란 문제를 야기시키지 않고 통상적으로 사용하여 왔지만, 최근에는 입주민과 업계간에 민사소송등의 분쟁이 발생하고 있고, 또한 관련업체와 연구소등에서 많은 연구 · 노력의 결과로 적용 가능한 소음 저감 방안이 발표되고 있지만, 현실에서는 등한시되고 있고, 문제가 발생되고 나서야 대응하는 등 후진성을 면치 못하고 있는 상황에서 대응 방안으로 다음과 같은 방법을 적용하였다. 첫째는 오.배수 소음은 발생된 소음이 오.배수관을 투과하여 방출되는 경우와 둘째는 배관 벽이 수류 등에 의해 진동하여 소음이 방사되는 경우로 크게 두가지로 대별 된다.

대책으로는 문제가 되는 배관을 래깅(Lagging)하는 것이 일반적이며, 래깅(Lagging)은 다음의 3단계로 시공한다.

- 문제가 되는 배관벽을 재진 재료(아스팔트 댐핑 시트 등)를 부착하여 관벽의 진동을 저감시킨다.
- 재진재료 외부를 흡음재료(Glass Wool 등)로 감싸 배관에서 방사되는 소음을 흡수한다.
- 흡음재료 외부를 차음재료(납판 등)로 감싸 외부

로 전달되는 소음을 차단시킨다.

상기한 방법으로 래깅한 파이프의 형상은 다음과 같다.

본 사업소 지상 2층(근린생활시설)의 경우 오.배수관의 발생 소음이 매우 크게 예상되어 상기 방법에 의한 래깅(Lagging)작업을 하였으며, 기 시공되었던 사례에 비추어 현 분양이 완료된 상황에서 적용할 수 있는 최선의 방법인 래깅공법을 적용하면 오.배수관 소음을 저감시킬 수 있을 것으로 사료 되었다.

소음 대책 계산

시공자재 : 재진시트(2t) +G/W(48k-50t) + 납판(1.0t) + 보온테이프 마감

기 시공된 사업장(○○ 아파트)의 오 · 배수관 공사 전,후 소음측정값 비교

<표 1> 오 · 배수관 1.5m 떨어진 지점 단위 : dB(A)

항 목	중심 주파수 대역 (Hz)						O.A	비 고
	125	250	500	1K	2K	4K		
공사전 측정소음도	56.5	73.7	77.4	69.0	65.5	54 0	79.7	
공사후 측정소음도	25.6	33.1	32.4	34.0	31.4	26.8	39.6	40.1dB 정도 감음됨.

* O.A는 OVER ALL의 약자로서 중심 주파수 대역별로 Log값을 취한 합성값 ; 소음측정기로 측정

<표 2> APT ROOM 침실바닥 0.35m 상부 지점 단위 : dB(A)

항 목	중심 주파수 대역 (Hz)						O.A	비 고
	125	250	500	1K	2K	4K		
공사전 측정소음도	26.0	31.2	37.2	30.3	26.2	14.8	39.4	유체의 흐르는 소리가 뚜렷하고 심하게 들림
공사후 측정소음도	17.3	23.0	17.5	15.1	12.0	11.9	26.3	암소음과 같은 수준으로 저감됨 (전혀 소음을 느끼지 못함)

<표 3> 소음 대책 계산

No.	항 목 \ 중심주파수대역 (Hz)	125	250	500	1K	2K	4K	비 고
1	오 · 배수관 측정소음도 [dB(A)]	56.5	73.7	77.4	69.0	65.5	54.0	○○ 아파트 측정소음도 값
2	A-보정값	+16.1	+8.6	+3.2	0	-1.2	-1.0	dB(A) 청감보정값
3	오 · 배수관 측정소음레벨 LS(dB)	72.6	82.3	80.6	69.0	64.3	53.0	1항 + 2항
4	실내허용소음레벨 LE(dB)	52	45	40	36	34	33	NC-35
5	필요투과손실(dB)	20.6	37.3	40.6	33	30.3	20	LS - LE
6	재진시트(2t) + GLASS WOOL (48k-50t) + 납판 (1.0t)의 예상투과손실(dB)	30.9	40.6	45.0	35.0	34.1	27.2	실제 측정한 투과손실값 기준
7	차음시트 공사후 추가필요감음량(dB)	0	0	0	0	0	0	
8	설계내역 천정의 예상 평균투과손실(dB)	7	8	9	10	13	16	* 설계내역 : 석고보드(9.5t) * 전등으로 투과되는 소음을 감안하여 평균투과 손실값을 예상함
9	판 정	OK	OK	OK	OK	OK	OK	만족함

• 8번 항의 설계내역에 따른 평균투과손실 값은 전등의 총면적 및 투과손실 값에 따라 약간의 차이가 있을 수 있으므로 안전율을 준 값임.

• 상기 내역대로 시공시 실내허용 소음레벨이 일반사무실 기준{NC-40/45dB(A)}보다 훨씬 조용한 환경조건을 만족시킬 수 있다고 사료 됨.

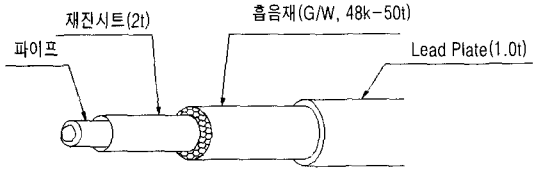
• **소음대책 계산**

- 작업 순서 : 재진 시트(2t)+G/W(48k-50t)+ 납판(1.0t)+보온 테이프 마감

오배수관 계통도 및 시공도

오 · 배수 계통도

- 통기방법은 배수입관과 신정통기관을 겸용한 섹스티아 통기방식을 적용



[그림 1] 오배수 파이프의 래깅

- 입상관은 2중관(방음보온 제외)인 PVC관과 섹스티아를 사용하여 유수음을 최소화 시킴
- 횡주관(주철관)은 연결부가 플랜지 타입으로서 누수확율을 최소화 시킴
- 오.배수 횡주 주철관은 근린생활시설 2층 천정에 있음

오 · 배수 래깅 작업

- 오 · 배수 횡주관, 지관 및 1층 세대용 오.배수관(2중 PVC관) 래깅 작업
- 시공 순서 : 재진시트(2t) +G/W(48k-50t) + 납판(1.0t) + 보온 테이프 마감
- 근린생활시설의 2층 입상 메인 오.배수 주철관 래깅 작업
- 체육시설 샤워장 2층 오.배수(2중PVC)관 래깅 작업(업무시설 1층 천정부위에 시공)

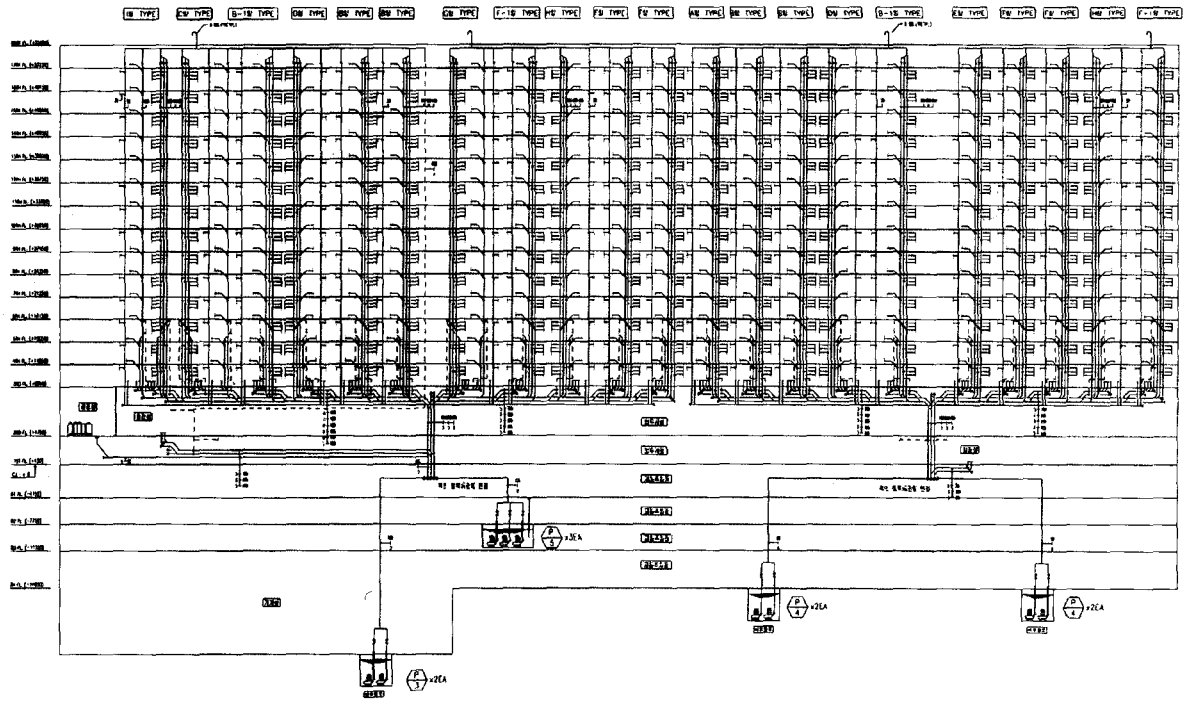
소음측정 현황

소음측정은 지시소음계의 A특성 값으로 모든 장비의 기동 전 · 후를 측정하여 허용소음과 비교 측정하였으며 소음측정 현황은 **표 4**에 나타내었다.

측정방법

측정시간은 오피스텔의 특성상 사용 시간대가 다르고 피크 시간을 예측하기 어려워 사용시간대가 많다고 생각되는 오후 시간(PM ; 17 : 00 ~ 19 : 00)을 택하여 2층 동,서관 근린생활 실(room) 중앙 6개소에서 각각 냉난방 공조기(AHU : 인버터 제어)를 가동시킨 상태와 중지시킨 상태(암소음 측정)에서 측정

[그림 3] 오배수관 래깅 작업도



[그림 2] 오배수 계통도

하였고, 소음 측정은 국내에서 지명도가 높다고 평가되는 T.A.B. 전문회사에 의뢰하였다.

측정결과

소음측정 결과는 오피스텔 95% 입주한 상태로서 측정 결과 **표 4**에서 알 수 있듯이 오·배수 관로에서의 소음 측정치는 기준치보다 양호하고, 냉난방 공조기(AHU : 인버터 제어)를 가동시킨 상태에서의 매장 및 업무시설의 소음도는 ASHRAE 규제치인 45dB(A)보다 양호하게 측정되었다.

문제점 및 대책

문제점

시공상의 공법 개선으로 소음은 법적 기준값 이내로 낮추었으나, 오·배수 관로가 막혔거나 누수로 인하여 보수를 요할 시 건물 사용주에게 많은 정신적, 육체적 피해를 줄 뿐만 아니라, 천정 텍스의 파손, 컴퓨터등의 사무용 기기의 손상, 오·배수 배관 작업 공간의 협소(천정 공간 900mm에 공조덕트, 스프링클러배관, 전기 BUS 덕트, 급수·급탕·난방관·응축수배관 등의 존재)와 간섭, 래깅(Lagging) 작업으로 인한 정확한 누수지점의 파악이 어려워 유지보수의 어려운 점과 고비용이 소요되고, 최악의 경우에는 법정 소송까지 가는 문제점이 있다.

대책

- 오·배수 주철관의 정밀시공으로 누수 방지 및 적정 구배 시공
- 주철관의 품질 확보 ; 배관 내면의 조도 유지 및 내구성 향상
- 근린생활시설 상부 중층(mezzanine)의 시공으로 위험발생 가능성 해소
- 오배수관 래깅(Lagging)작업의 모듈(Module) 화등의 공법 개선으로 유지관리 용이
- 업무 공간 상부의 반자안에 충분한 공간을 확보하여 누수의 피해가 없도록 배관라인에 물받이 및 배수 유도관 시공
- 사용자의 부주의 제거 ; 분해되지 않는 잔존물(헝겁, 플라스틱류, 셀룰로이스, 고형물 등) 오배수관내 투기 방지
- 주철관의 진동 전달 방지을 위한 방진행거(고무제품) 설치시 배관과 오.배수의 자중으로 인한 처짐 방지 대책 수립하여야 하며, 입상 PVC관과 횡주 주철관의 연결 부위 이탈로 누수 및 배수 불량이 발생되므로 주관에 방진 가대를 시공하여 처짐을 방지
- 건축설비 배관은 내구연한이 있으므로 세월의 흐름에 따라 설비 시스템과 자재는 노후화된다. 이러한 사유로 가장 안전한 방법은 배관 설치 장소에 중층(mezzanine)을 설치한다면 소음.진동 및 누수로 인한 피해 등의 문제점은 발생하지 않을 것으로 사료된다.

〈표 4〉 소음측정 현황

구 분	측정점	용 도	소 음 dB(A)		비 고
			암 소 음	장비가동시 소음	
2층(동관)	A	근린생활	33.0	40.0	
2층(동관)	B	근린생활	32.0	39.0	
2층(동관)	C	근린생활	31.0	38.5	
2층(동관)	D	근린생활	30.0	40.5	
2층(동관)	E	근린생활	33.0	41.5	
2층(동관)	F	근린생활	32.0	40.5	
2층(서관)	A	근린생활	32.0	39.0	
2층(서관)	B	근린생활	31.5	38.5	
2층(서관)	C	근린생활	31.5	39.5	
2층(서관)	D	근린생활	31.0	43.2	
2층(서관)	E	근린생활	31.0	39.5	
2층(서관)	F	근린생활	32.5	39.0	

맺음말

소음 저감 방지 대책의 일환으로 시공된 설비 시스템이 환경법의 소음값이 법적 기준 이하라고 하여 결코 만족해서는 안될 것으로 사료되며, 쾌적하고 업무능율이 배가 되는 건축물을 짓겠다는 엔지니어의 자부심과 긍지를 가지고 임해야 겠으며, 또한 환경분쟁 발생으로 건축주, 시공자, 사용자 모두 피해가 없도록 사전에 면밀한 계획 및 검토, 시공이 이루어져야 한다.

최근 환경법의 규제 강화와 쾌적한 생활 환경의 욕구 증대로 과거의 안일한 시공상태에서 벗어나 사용자에게 최상의 서비스를 제공한다는 의무감을 갖어야 하며, 사업주체는 경제성만을 추구하는 단계에서 벗어나 초기투자비를 증대시키고 유지관리비를 최소화 시킬 수 있는 소음.진동 방지 대책을 추구하여 Life Cycle Cost 차원에서 최상의 환경친화적인 건축물을 사용자에게 공급하는 것이 공급자 및 시공자의 책무라고 사료된다.