

# 화장실 배수소음 저감 연구

이영일/현대산업개발(주) 설비부 부장

## □ 참고문헌

1. 소음진동편람, 1995, (사)한국소음진동공학회
2. 공동주택의 내부소음기준설정에 관한 연구, 1990, 대한주택공사
3. 급배수설비의 소음발생과 대책, 1996, 월간 설비기술
4. 공업화주택 외벽체의 환경성능평가, 1992, 한국건설기술연구원
5. 공동주택의 소음실태 사례 및 대책, 1994, 한국기술정보센터
6. 화장실 소음저감 방안 연구, 1998, 대한주택공사

## [1] 목적

화장실 급배수 설비소음은 입주자들의 생활패턴이 다양화됨에 따라 조용한 한밤중에도 발생된다.

특히 국내의 욕실 배수공법은 외국과는 달리 천장배관 공법을 적용하고 있어 아래층에 오배수음이 전달되기 쉬운 구조이다.

따라서 양변기 배수소음은 아파트 주민들의 불만도가 가장 높은 소음으로 거론되고 있다.

이에 기술연구소에서는 저소음 배관개발의 일환으로 삼중엘보를 개발하여 적용함으로써 소음저감과 원가절감을 실현하고 시공이 간편한 공법을 개발하였다.

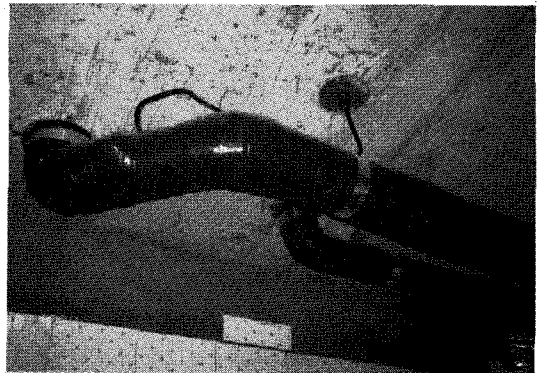
## [2] 장점 및 특성

(1) 화장실 소음원중 가장 문제시되는 양변기 배수소음을 최소화(평균 -4.2dB(A) 저감)시킨다.

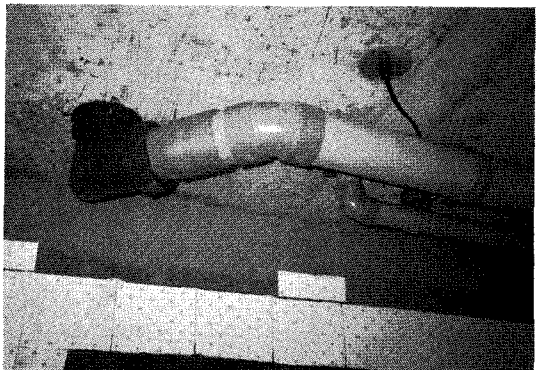
(2) 원가절감(-17% 절감)

(3) 작업이 단순하여 공정단축

(4) 유리면을 사용하지 않으므로 건강보호 및 자원절약

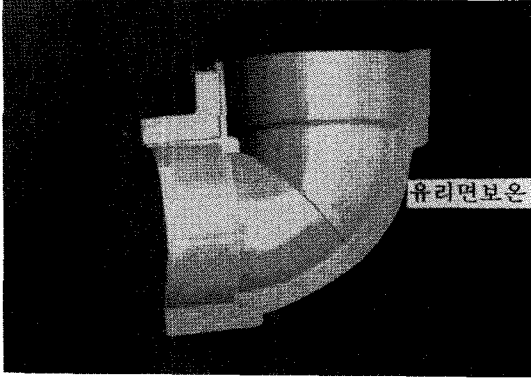


<사진 1> 기존공법(현장적용 실험)

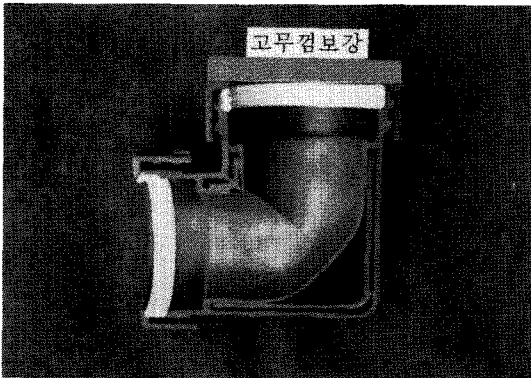


<사진 2> 신공법(현장적용 실험)

[3] 적용사례



<사진 3> 기존공법(FG2엘보+유리면)



<사진 4> 신공법(삼중엘보+고무겜)

[4] 화장실 소음실태 및 개선방안

공동주택 위층 화장실에서 발생하는 각 소음원이 아래층 세대에 기여하는 크기를 보면 변기 배수소음 > 욕조 급수소음 > 변기 급수소음 > 세면기 배수, 세면기 급수, 욕조 배수소음 등의 순서로 입주자가 주로 불만스럽게 생각하는 것은 변기 세정시 발생하는 배수소음이다.

이는 양변기 배수시에 사이폰 현상에 의해 발생하는 진동이 슬리브를 통하여 인접세대에 전달되거나(고체전달음), 배수관 엘보를 진동시켜 아래층 세대에 전달되기 때문이다.

지난 몇 년간 일부 현장에서는 엘보 부분을 진

흠보온으로 감아 소음을 줄이고자 하였으나 시간이 지남에 따라 진흠이 굳고 시공성이 용이하지 않아 현재 시공되고 있는 아파트 양변기 배수관은 유리면엘보를 대고 폴리머 테이프를 감고 있다.

공동주택의 양변기 배수음이 주로 배수관 엘보를 진동시켜 소음을 발생시키므로 배수관 곡관엘보를 삼중엘보로 개발하게 되었다. 삼중엘보 시공시 양변기 슬리브와 엘보관 사이의 틈새공간으로 발생하는 진동 마찰음을 줄이기 위해 고무겜을 채워 소음을 줄였다.

[5] 배수관 신공법 시공

- (1) 양변기 배수관 : 삼중엘보+고무겜+PVC 나관(무보온)
- (2) 세면기 배수관 : 엘보+PVC 나관(무보온)
- (3) 양변기 슬리브와 바닥 Floor Drain(종합욕가) 형상의 차이로 인하여 양변기 슬리브인 경우 소음이 전달된다. 따라서 양변기 슬리브와 삼중엘보 사이 틈새를 고무겜으로 충전시켜 진동 소음을 줄인다.

세면기 종합욕가는 콘크리트 단면결손 부위가 발생치 않아 고무겜 효과가 거의 없으므로 고무겜은 시공치 않는다.

[6] 삼중엘보 시공시 유의사항

- (1) 삼중엘보관을 가능한한 천정에 바짝 붙이고 고무겜을 양변기 슬리브와 삼중엘보 사이 틈새에 밀착하여 눌러붙여 시공한다.
- (2) 고정행가는 가급적 삼중엘보에 밀착시켜 하중에 잘 견디도록 시공한다.

[7] 소음차단 성능

(1) 13ℓ 세정시/13초 평균 소음도

구 분	기존공법	신 공 법	저 감
욕실천장공사전	54.5 dB(A)	49.9 dB(A)	-4.6 dB(A)
욕실천장공사후	48.4 dB(A)	44.2 dB(A)	-4.2 dB(A)

\* 주파수대역별 최대 소음저감은 천장공사전 1000Hz대역에서 -9.3dB(A) 저감시킴.

[8] 경제성 비교

구 분	기존공법	신 공 법	비 고
양변기 (세면기포함)	자재비 : 10,067원 인건비 : 7,650원	자재비 : 12,834원 인건비 : 1,800원	자재단가 98.4 (1.5m기준)
계	17,717원	14,634원	-3,083원/개소 (17% 저감)

\* 단위 세대별 절감액(32평 기준) 3,083/개소×2개소=6,166원/세대

\* 연간 절감액(20,000세대 기준) 6,166/세대×20,000세대=1억2천3백만원 절감

[9] 실험측정개요

(1) 장소 : 남양주 진건 현대아파트 현장(97.5.~98.4)

(2) 실험일시 및 측정유형

장 소	측정일시 및 유형
남양주현장	* 97년 5월 1) 기존암면 2) FG2나관(pvc pipe) 3) 삼중엘보+이중관
	* 97년 6월 1) 기존암면 2) 기존암면+찰흙보온 3) FG2 나관 4) 삼중엘보+나관 5) 기존엘보(암면)+나관 6) 기존엘보(찰흙)+나관
	* 97년 6월 1) 삼중엘보+나관 2) 삼중엘보+고무껍+나관 3) 기존엘보(찰흙)+나관
	* 97년 7월 1) FG2 나관 2)삼중엘보+나관 3) 삼중엘보+고무껍+나관 4) 기존엘보(찰흙)+나관 5) 삼중엘보+실리콘+나관
	* 97년 8월 1) 기존암면 2) 삼중엘보+고무껍+나관
	* 98년 2월 1) 기존암면 2)삼중엘보+고무껍+나관
	실험실 내부실험 (노벨산업 김해공장)

\* PVC PIPE (FG2 무보온관)을 나관이라 칭함

(3) 측정방법

1) 직상층에 양변기를 설치하고 전자저울로 양동이에 13ℓ와 8ℓ의 물을 정확히 달아 양변기 물탱크에 넣는다.

2) 소음측정은 주위가 조용한 야간시간대(22:00~24:00)를 택하여 측정하였으며 화장실 천장 작업을 하지 않은 상태에서 시행하였다(13ℓ와 8ℓ를 2회 연속 측정하여 오차를 줄임. 오차범위  $\pm 0.5\text{dB}$ ).

3) 소음측정기는 바닥에서 1.5m 높이에 설치하고 양변기 레바를 내린 후 13초간 등가소음도(Leq dB(A))을 측정하였다.

4) 기존 공법과 삼중엘보공법 비교측정은 욕실천장 전,후 작업을 대상으로 측정하였다.

5) 결로상태를 파악하기 위해 여름철과 겨울철을 대상으로 실험을 하였으며 여름철에는 각 얼음을 넣은 찬물로 최악의 조건을 가정하여 실험하였고, 겨울철은 실제 욕조에서 샤워시를 가정에 실험하였다.

(4) 측정기기

소음측정	<ul style="list-style-type: none"> <li>* 정밀소음계(NA-29E)</li> <li>* 1/1 OCTAVE 주파수분석계</li> <li>* 삼각대</li> <li>* 마이크로폰</li> <li>* 소음 프린터(CP-10)</li> </ul>
결로측정	<ul style="list-style-type: none"> <li>* DIGITAL 결로계</li> <li>* 온·습도 기록계</li> <li>* 막대온도계, 전기난로</li> </ul>
기타	<ul style="list-style-type: none"> <li>* 전자저울, 전등, 물통</li> <li>* 양변기 2Set(동서산업), 각얼음</li> </ul>

(5) 변기배수 소음

1) 배수관 유형별 소음도 비교

기존공법을 비롯하여 여러 가지 형태로 실험에 적용하였으며 13초 동안 13ℓ의 물을 배수하여 각각 평균등가소음과 최고발생소음을 분석하

였다.

욕실천장공사전

배수관 유형	소음도 (13초등가소음)	장·단점 비교
기존공법(암면보온)	54.5 dB(A)	시공불편
신공법(삼중엘보+고무겜)	49.9 dB(A)	시공간편
암면+찰흙(엘보부위)	52.9 dB(A)	시공불편, 찰흙탈락
FG2 나관(PVC관)	58.6 dB(A)	마찰소음이 큼
삼중엘보+나관	53.8 dB(A)	차음성 떨어짐
삼중엘보+실리콘+나관	50.8 dB(A)	시공성 불편

2) 배수량에 따른 소음도 변화

에너지절약과 환경보호 차원에서 양변기 세정 물을 절수하기 위해 앞으로 절수형 양변기 사용이 확대되므로 배수량에 따른 소음도도 측정하였다.

측정결과 기본형 13ℓ와 절수형 8ℓ의 양변기 물탱크 세정시 소음도의 차이는 절수형이 기본형보다 대부분 2dB(A) 정도 저감되는 것으로 분석되었으며 최대 피크 소음도는 별 차이가 없는 것으로 분석되었다.

3) 변기배수 소음측정 결과

\* 13초간 평균소음도/13리터 세정시

구 분	기존공법	신 공 법	저 감 치
욕실천장 공사전	54.5 dB(A)	49.9 dB(A)	-4.6 dB(A)
욕실천장 공사후	48.4 dB(A)	44.2 dB(A)	-4.2 dB(A)
주파수 1000Hz대 (천장공사전)	51.7 dB(A)	42.4 dB(A)	-9.3 dB(A)

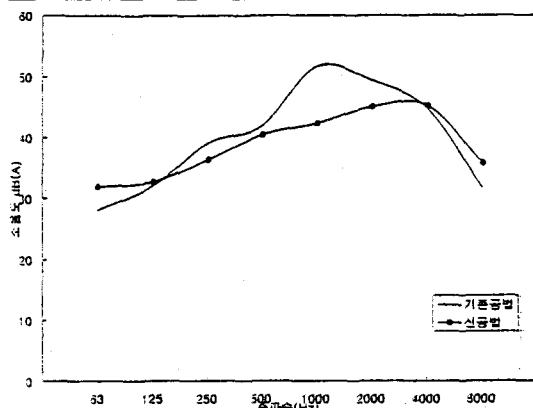
① 신공법이 기존공법보다 소음저감치는 욕실 천장공사 전에는 평균 -4.6dB(A), 천장공사 후에는 -4.2dB(A) 저감시켰다.

② 양변기 레바를 내린후 6~7초 때 최대소음이 발생함

③ 주파수 분석결과 신공법은 인간이 가장 잘 느끼는 주파수대인 1,000~2,000Hz에서 많은 소음을 저감시키고 있으며, 천장공사전 1,000Hz대에서 최대 -9.3dB(A) 저감시킨 것으로 분석되었다.

④ 욕실천장(밤라이트) 설치로 인한 소음차단 성능은 5.7~6.1dB(A) 정도로 분석된다.

4) 주파수대역별 소음비교(욕실 천장공사 전)



Hz	기존공법	신공법
63	28.1	31.9
125	32.1	32.8
250	39.1	36.4
500	42	40.5
1000	51.7	42.4
2000	49.4	45.1
4000	44.6	45.2
8000	31.8	35.8

(6) 세면기 배수 소음

1) 배수관 유형별 소음측정

구분	세면기배수	욕조물 + 세면기배수
기존(압면보온)	33.5 dB(A)	38.4 dB(A)
나관(PVC 무보온관)	33.6 dB(A)	38.2 dB(A)
나관+고무껍	33.5 dB(A)	37.2 dB(A)
삼중엘보	32.7 dB(A)	34.8 dB(A)
삼중엘보+고무껍	32.5 dB(A)	34.3 dB(A)

(입주직전 아파트의 등가소음비교)

① 세면기 배수소음은 유형별 실험결과 기존 압면보온과 PVC나관(FG2관)과의 세면기 배수 소음은 33.5dB(A)로 거의 비슷하게 분석되어 소

음 차이가 없었다.

또 배수설비 성능기준이 40dB(A) 이내로 모두 나타나 세면기 배수소음은 화장실 배수음에 큰 음원으로 영향을 미치지 않음을 알 수 있었다. 따라서 세면기 배수관은 PVC 무보온관으로 시공해도 문제가 없다고 본다(세면기 배수소음은 양변기 배수소음보다 10dB(A) 이상 작게 발생)

② 세면기 종합육가는 스텝 주위와 콘크리트 단면에 결손 부위가 없어 고무껍 보강 시공시 차음 효과가 거의 없었다.

삼중엘보관으로 시공한 경우는 수량이 적은 세면기에서는 소음차이가 비교적 적었으나 욕조 물과 세면대 물을 동시에 내려 보냈을 때는 소음 저감 효과는 다소 있는 것으로 분석되었다.

(7) 배수관 결로시험

결로상태를 파악하기 위해 여름철 실험은 양변기 배수관에 2시간 동안 직상층 물을 흐르게 한 후 측정하였으며 현장 수돗물과 각얼음을 넣은 찬물을 비교(최악 조건설정) 실험하였다.

겨울철 실험은 입주전 아파트 욕조에 45℃ 물을 채운 다음 30분후 측정하였다(목욕조건 설정 - 전기난로로 외기온도 높임)

측정시간대는 주로 낮에 실시하고 결로계와 육안으로 관찰하였다.

1) 결로실험 결과

결로현상은 노점온도보다 표면온도가 낮을 때 발생하며 주로 겨울철 배관 내의 수온이 차고 화장실 내부의 공기가 습한 조건에서 발생할 것으로 판단된다.

현장 여름철 수온에서는 결로가 발생치 않았으며 여름철 기온에서 최악조건시 배관내 수온과 외기온도의 차이가 18.5℃이상에서 결로가 발생(미세한 이슬 발생)하였으나 배관수온이 최저 2.0℃에서도 이슬방울이 물방울로 뭉쳐 밀로 떨어지지 않는 않았다.

욕상 배수수온이 가장 내려가는 겨울철 결로

계 절	배관 종류	수온 (배관내)	외기온도	상대습도	노점온도	표면온도	표면관찰
여름철 (비)	암면	20.0℃	13.5℃	74.0%	7.2℃	14.0℃	결로발생없음
	보온	21.0℃	13.9℃	74.4%	8.8℃	14.2℃	
여름철 (맑음)	PVC	21.5℃	27.5℃	55.0%	16.3℃	24.8℃	결로발생없음
	나관	20.3℃	26.0℃	57.8%	17.4℃	23.3℃	
여름철 (비)	PVC 나관	6.5℃	26.2℃	82.4%	22.1℃	20.8℃	미세이슬발생
		3.0℃	25.8℃	85.8%	22.9℃	18.2℃	작은이슬관찰
		7.0℃	25.5℃	86.2%	23.1℃	19.0℃	미세이슬발생
		2.0℃	25.6℃	81.7%	22.3℃	17.4℃	작은이슬관찰
겨울철 (맑음)	PVC 나관	4.8℃	26.6℃	77.5%	-	-	미세이슬발생

실험은 실제 욕조에 따뜻한 물을 받아놓고 목욕을 한다는 가정 하에 측정할 결과 미세한 결로현상이 생겼으나 물방울로 뭉쳐져 있을뿐 천장 아래로 떨어지지 않았다. 따라서 결로로 인한 문제점은 없다고 판단된다.

**[10] 욕실소음 발생원 및 관련법규**

(1) 욕실 배수소음 발생원

1) 욕실 배수설비 소음원

음원	소음원의 종류
배수계통의 발생음	* 변기세정음 및 배수음
	* 욕조, 세면기등의 배수음
	* 배수 수평관의 유수음
	* 배수 입상관의 유수음

(2) 급배수 소음관련 법규 검토

1) 국내

① 공업화주택 성능기준(주택건설촉진법 제 45조 및 건설부령 제533호) : 40dB(A) 이하  
 - 급배수설비의 소음방지 성능 : 한국산업규격이 정하는 소음도측정방법(KS A 0701)에 의하여 측정하되, 급배수 설비의 소음이 주택 각 실에 미치는 소음도가 40dB(A) 이하이어야 한다.

2) 한국

① 주택공사 급배수설비 소음설계 목표안

구 분	음원실	수음실	설계목표안
인접세대 (직하층)	화장실	침실	35 dB(A)
	화장실	거실	40 dB(A)
	부엌	침실	30 dB(A)
자기세대	화장실	침실	40 dB(A)
	화장실	거실	40 dB(A)
	부엌	침실	35 dB(A)

3) 일본

① 일본 건축학회 주택 급배수소음 허용기준

발생위치	수음세대	
	옆세대, 직상층	직하층세대
욕실	35 dB(A) N-30	35 dB(A) N-30

**[11] 공동개발 업체**

삼중엘보관 : (주)노벨산업(태양산업) (0525) 29-1181 최병모

고무껍 : (주)명성화전 (032)653-6111 이광조

**[12] 자재가격 및 인건비**

(1) 양변기 삼중엘보관(100φ개당) : 6,500원

(2) 양변기 고무껍(비닐포장 개당) : 800원

(3) 고무껍 모양 : 원형bar 길이 : 500mm, 두께 : 20mm

(4) 인건비(욕실 1개소, 삼중엘보관과 고무껍) : 1,800원

화장실배수소음 - 욕실천장공사전

구 분	시험일 배수량	배수평균음(최고음)/13sec dB(A)				
		5/22	6/12	6/18	7/29	8/20
기존암면 (유리섬유)	13L	57.6(64.2)	57.3(62.9)			54.3(58.5)
		58.2(63.7)	57.4(63.3)			54.5(59.8)
	8L	55.4(63.0)	55.7(60.9)			
		54.9(61.8)	55.3(61.1)			
기존암면 + 찰흙보온	13L		52.9(59.0)			
			53.3(63.3)			
	8L		50.6(57.1)			
		50.4(55.9)				
나관(FG2)	13L	58.5(63.0)	60.0(65.6)		58.6(62.2)	
		58.5(62.9)	60.0(66.1)		58.6(62.9)	
	8L		58.7(63.8)			
		52.9(63.1)				
삼중엘보 + 나관	13L		56.4(65.2)	56.6(63.9)	53.8(60.1)	
			56.3(63.4)	56.5(62.9)	53.4(60.4)	
	8L		54.2(63.2)	54.5(63.4)	엘보개선 (짧게)	
		54.2(63.8)	54.8(61.1)			
삼중엘보 + 이중관	13L	56.4(63.3)				
		56.0(64.1)				
	8L	54.4(63.7)				
	54.5(63.0)					
삼중엘보+고무겹 + 나관	13L			52.6(59.3)	50.7(55.4)	49.9(55.8)
				53.4(59.4)	50.3(55.1)	50.2(56.7)
	8L			51.6(59.0)		
			51.3(57.6)			
기존엘보+암면 + 나관	13L		57.1(62.0)			
	8L		55.6(60.3)			
기존엘보+찰흙 + 나관	13L		51.9(55.8)	52.0(55.9)	52.9(57.5)	
			51.9(55.4)		52.4(57.8)	
	8L		49.9(55.3)	50.6(56.0)		
		49.6(54.6)				
삼엘+실리콘 + 나관	13L				50.8(57.6)	
					50.7(56.5)	
압소음		24.4	26.9	34.9	34.5	37.0

**\* 얼음물 최악조건실험**  
97년 7월3일 비

배관종류	측정시간	수온 (°C)	대기온도 (°C)	상대습도 (%)	노점온도 (°C)	표면온도 (°C)	결로발생 여부	표면관찰
나관	15:00	6.5	26.2	82.4	22.1	20.8	2.2	미세이슬발생
	15:20	5.0	25.9	84.8	23.5	19.9	1.8	
	15:40	3.0	25.8	85.8	22.9	18.2	5.0	작은이슬발생
	16:00	7.0	25.5	86.2	23.1	19.0	1.7	미세이슬
	16:20	5.0	25.7	82.3	22.5	20.0	1.6	
	16:40	4.0	25.6	82.1	22.6	19.7	2.5	
	17:00	2.0	25.6	81.7	22.3	17.4	6.6	작은이슬발생 떨어지지는 않음
삼중엘보	16:20	5.0	25.7	82.3	22.5	23.3	-0.8	결로발생없음
	16:40	4.0	25.6	82.1	22.3	22.8	-1.1	
	17:00	2.0	25.6	81.7	22.0	21.9	-0.0	결로시작

**\* 현장수도물실험**  
97년 6월18일 맑음

배관종류	측정시간	수온 (°C)	대기온도 (°C)	상대습도 (%)	노점온도 (°C)	표면온도 (°C)	결로발생 여부	표면관찰
나관	21:00	21.5	27.5	55.0	16.3	24.8	-6.3	결로발생없음
	21:30	20.5	25.7	62.0	15.7	23.4	-6.8	결로발생없음
	22:00	20.3	26.0	57.8	17.4	23.3	-5.7	결로발생없음

**97년 5월13일 비**

배관종류	측정시간	수온 (°C)	대기온도 (°C)	상대습도 (%)	노점온도 (°C)	표면온도 (°C)	결로발생 여부	표면관찰
기존	20:40	20.0	13.5	74.0	7.2	14.0	-7.0	결로발생없음
암면	21:00	21.0	13.9	77.8	8.8	14.2	-6.0	결로발생없음
보온	21:30	20.5	14.2	74.4	10.8	13.8	-4.1	결로발생없음
	22:00		14.7	76.5	10.6	13.7		
	22:30		15.7	67.0	8.9	14.0		
	23:00		15.9	65.9	10.3	13.8		

**공사비분석**

배관길이(1.5m기준) (98.4)

적 용	구 분	기존공법	신 공 법
양 면 기	FG2(PVC 100 Ø)	3,750원	3,750원
	FG2엘보관	1,400원	
	삼중엘보관		6,500원
	고무껌		800원

세 면 기	FG2(PVC 50 Ø)	1,134원	1,134원
	FG2엘보관	650원	650원
인 건 비	암면자재비	2,773원	
	찰흙자재비	360원	
	암면, 찰흙인건비	7,650원	
	고무껌인건비		1,800원
합 계		17,717원	14,634원