

공동주택 세대화장실의 적정

배수부하단위 분석

김남웅 · 이종성 · 이영선 / 대한주택공사 주택연구소

1. 서론

현행 공동주택의 오배수·통기 시스템의 설계는 미국의 NPC(National plumbing code) 및 일본의 HASS 206(급배수 설비규준)과 경험적인 방법에 의존하고 있으며, 이러한 방법이 공동주택의 위생기구 이용 패턴과 오배수의 배출 형태 등을 고려할 때 국내의 제반 여건에 적합한지의 여부 등에 대한 연구와 조사가 이루어지지 못하고 있는 실정이다.

또한, 오배수 배관의 최적화를 위해서는 최대배수 부하량과 화장실 기구 이용실태를 조사·분석하여 세대 배수부하단위 적용기준에 대한 재검토가 이루어져야 하며, 배관내의 유동특성에 대한 해석과 더불어 현장실험을 통해 배관내의 압력분포 특성을 파악해 봉수가 파괴되지 않도록 적절한 배관경을 결정하고 오배수 배관시스템에 적합한 통기방법을 선정해야 한다. 그러나, 현재 국내 실정으로는 수직관의 환상유동에 대해 정확한

지배방정식을 세우기가 어렵고 국내에서 실험실험을 할 수 있는 장소 및 실험장치의 부재로 인해 객관적인 연구결과를 제시하지 못하고 있는 실정이다.

따라서, 본 논문에서는 현 실정에서 접근이 가능한, 세대화장실의 기구배수부하단위에 대한 분석을 위해 공동주택 입주자들을 대상으로 화장실 위생기구의 사용 형태에 대한 설문조사와 현장실측을 통한 화장실 위생기구의 사용 실태, 동시 사용빈도를 측정하였으며, 그 결과를 토대로 오배수 배관시스템 설계기준에 대한 개선 방안을 마련하고 기구 배수부하단위의 변경에 따른 경제성을 비교 분석하고자 한다.

2. 설문조사

2.1 설문조사단지 선정 및 조사 방법

설문조사단지의 선정은 경기도 일대에 물 사용량이 가장 많고, 설

문조사의 편의상 세대 화장실이 1개인 전용 18평 이하의 주택과 화장실이 2개인 22평형 주택이 같이 건설된 단지를 대상으로 한 결과, 시흥시화 주공 1단지가 적절한 것으로 판단되어 본 단지를 조사 대상 단지로 선정하였다. 설문조사는 예비조사후 본 조사를 실시는 방법으로 수행되었으며, 사전 설문내용의 타당성과 신뢰성 검증 및 설문내용 숙지를 위한 예비조사를 거쳐 1999년 7.16~7.22까지 총 200세대에 대해 1주일 동안 화장실의 위생기구 사용패턴을 설문지에 기록하도록 하였다.

2.2 설문조사 결과

설문조사의 데이터는 200세대 설문 중 약 19%정도가 미기록 및 설문내용을 잘못 인식하여 기록상의 오류가 발생하였기 때문에, 실제 데이터 분석에 사용된 설문지수는 162세대(24평 85세대, 32평 77세대)분을 기준으로 분석하였다.

2.2.1 가족원 구성 특성

조사대상 단지의 세대 가족 구성원에 대한 조사 결과 세대 평균 가족수는 24평의 경우 3.7명, 32평 경우 4.1명으로 큰 평수가 가족수가 많았으며, 자녀수는 24평이 1.6명, 32평이 1.9명으로 높게 조사되었다. 또한 남편 및 부인의 나이와 자녀의 나이도 32평이 24평보다 높았으며 맞벌이부부 비율은 32평 거주세대가 24평 거주세

대에 비해 약 2배 이상 많은 것으로 조사되었다. <표 2.1>에 조사 결과를 나타낸다.

며 양변기의 경우 세대당 1일 사용횟수가 7.26회에 달하였다. 배수기구의 동시 사용빈도는 양변

음이 양변기+바닥배수, 그리고 세면기+바닥배수와 욕조+바닥배수는 거의 같은 사용빈도를 나타내는 것으로 조사되었다. 위생기구의 배수부하단위를 기준으로 분석하여 보면 fuD의 값이 1인 경우가 전체의 38.85%를 차지하여 가장 높았으며 다음은 fuD4 → fuD2 → fuD5 → fuD3 → fuD6의 순으로 나타났다. fuD가 7인 경우(변기+욕조+바닥, 변기+욕조+세면기)는 0.51%, fuD가 8인 경우(변기+욕조+바닥+세면기)는 0.27%로 모두 1%미만으로 극히 적은 것으로 조사되었다.

<표 2.1> 설문조사 세대의 가족구성원 특성

세대	구분	가족수	자녀수		어른나이(세)		자녀나이		맞벌이 비율(%)
			자녀수(명)	비율(%)	남편	부인	순서	나이	
24평 (화장실1개) 총 85세대	3.7		0	12	남편	38	1	8세	12
			1	23					
			2	59	부인	34	2	6세	
			3	5					
			4	1					
평균자녀수			1.6명						
32평 (화장실2개) 총 77세대	4.1		0	5	남편	40	1	11세	25
			1	11					
			2	73	부인	37	2	8세	
			3	9					
			4	1					
평균자녀수			1.9명						

2.2.2 화장실 1개 세대인 경우 위생기구 사용패턴

기+세면기가 가장 높았으며, 다

2) 오배수 분리배관의 경우

오배수 분리배관의 경우는 현행 시스템에 해당되는 경우로 오수와 배수가 별도 분리되어 배출되므

1) 오배수 통합배관의 경우

화장실의 오배수 통합배관의 경우 기구배수부하단위 값은 1에서 8까지 나타날 수 있으며, 이들 조합에 대한 1주일 총 사용횟수 및 비율을 <표 2.2>에 표시하였다. 총 사용횟수는 1주일간 85세대에서 fuD값들의 조합별로 사용된 위생기구의 총 사용횟수이고, 세대하루평균은 한 세대가 하루에 위생기구를 사용한 평균이다. 조사결과 배수기구 사용빈도는 양변기가 가장 높았고, 다음이 세면기 → 바닥 → 욕조의 순으로 나타났으

<표 2.2> 오배수 통합배관의 경우 위생기구 사용횟수 및 fuD별 사용비율

fuD	사용된 위생기구	총사용 횟수	세대하루평균 사용횟수	비율 (%)	총비율 (%)
1	세면기	2,993	5.03	23.18	38.85
	바닥	2,024	3.40	15.67	
2	욕조	1,141	1.92	8.84	11.48
	세면기+바닥	342	0.57	2.65	
3	세면기+욕조	144	0.24	1.12	3.78
	욕조+바닥	344	0.58	2.66	
4	세면기+욕조+바닥	35	0.06	0.27	33.70
	변기	4,317	7.26	33.43	
5	변기+세면기	932	1.57	7.22	9.94
	변기+바닥	352	0.59	2.73	
6	변기+욕조	64	0.11	0.50	1.46
	변기+바닥+세면기	125	0.21	0.97	
7	변기+세면기+욕조	40	0.07	0.31	0.51
	변기+욕조+바닥	26	0.04	0.20	
8	변기+세면기+욕조+바닥	35	0.06	0.27	0.27

로, <표 2.2>에서 배수관에 연결된 위생기구 즉, 양변기를 제외한 세면기, 욕조, 및 바닥배수와 관련되는 항목에 대해 fuD조합별로 분석하였다. 오배수 분리배관의 경우 배수관에 대한 사용비율은 1fuD인 경우의 사용비율이 가장 높았으며, 2fuD인 경우가 2.81%, 3 및 4인 경우가 각각 0.93%, 0.12%로 1%미만인 것으로 조사되었으며, 그 결과를 <표 2.3>에 나타낸다.

변기가 가장 높았으며 다음이 세면기→바닥→욕조의 순으로 나타났으며 양변기의 경우 세대당 1일 사용횟수가 8.26회로 조사되었으며, 배수기구의 동시 사용빈도는 양변기+세면기가 가장 높았으며, 다음이 양변기+바닥배수, 세면기+바닥배수, 욕조+바닥배수의 순으로 나타났다.

위생기구의 배수부하단위를 기준으로 분석하여 보면 fuD의 값이 1인 경우가 전체의 38.57%를 차

지하여 가장 높았으며 다음은 fuD4 → fuD5 → fuD2 → fuD3 → fuD6의 순으로 나타났으며, fuD가 7인 경우(변기+욕조+바닥, 변기+욕조+세면기)는 0.60%, fuD가 8인 경우(변기+욕조+바닥+세면기)는 0.16%로 모두 1%미만으로 극히 적은 것으로 조사되었다. 조사결과를 <표 2.4>에 표시하였다.

2) 공용화장실 오배수 분리배관의 경우

현행 배관시스템에 해당되는 경우로 오수와 배수가 별도로 분리되어 배출되므로, <표 2.4>에서 양변기를 제외하고 배수관에 연결된 위생기구 세면기, 욕조 및 바닥배수와 관련되는 항목에 대해 fuD조합별로 분석하였다. 이 경우 배수관에 대한 사용비율은 fuD값이 1

<표 2.3> 오배수 분리배관의 경우 배수관에 대한 위생기구 사용횟수 및 fuD별 사용비율

fuD	총 사용횟수	세대당 하루평균 사용횟수	비율(%)
1	6,301	10.59	73.29
2	1,672	2.81	19.45
3	554	0.93	6.44
4	70	0.12	0.81

2.2.3 화장실 2개인 경우의 위생기구 사용패턴

세대 내에 화장실이 2개인 경우는 전용 22평 이상의 주택으로 가족 공용화장실과 부부전용 화장실로 구분 설치된다. 공용 화장실에는 양변기, 세면기, 욕조(샤워) 및 바닥배수구가 설치되며 부부전용화장실의 경우에는 양변기, 세면기, 샤워 및 바닥배수구가 설치된다.

1) 공용화장실 오배수 통합배관의 경우

세대 화장실이 1개인 경우와 마찬가지로 배수기구 사용빈도는 양

<표 2.4> 오배수 통합배관의 경우 위생기구 사용횟수 및 fuD별 사용비율

fuD	사용된 위생기구	총사용 횟수	세대당 하루평균 사용횟수	비율 (%)	총비율 (%)
1	세면기	2945	5.46	24.07	38.57
	바닥	1775	3.29	14.51	
2	욕조	720	1.34	5.88	8.74
	세면기+바닥	349	0.65	2.85	
3	세면기+욕조	197	0.37	1.61	4.12
	욕조+바닥	307	0.57	2.51	
4	세면기+욕조+바닥	51	0.09	0.42	36.81
	변기	4454	8.26	36.40	
5	변기+세면기	768	1.42	6.28	9.49
	변기+바닥	393	0.73	3.21	
6	변기+욕조	75	0.14	0.61	1.51
	변기+바닥+세면기	110	0.20	0.90	
7	변기+세면기+욕조	41	0.08	0.34	0.60
	변기+욕조+바닥	32	0.06	0.26	
8	변기+세면기+욕조+바닥	20	0.04	0.16	0.16

인 경우의 사용비율이 75.56%로 가장 높았으며, 2fuD인 경우가 16.11%, 3인 경우가 7.41%, 4인 경우가 0.91%로 1%미만인 것으로 조사되었으며, 그 결과를 <표 2.5>에 나타내었다.

2. 6)에 나타낸다.

2.3 설문조사결과와 의미

본 설문조사에서는 설문대상자들이 화장실을 사용할 때 몇 개의

<표 25> 오배수 분리배관의 경우 배수관에 대한 위생기구 사용횟수 및 fuD별 사용비율

fuD	총 사용횟수	세대당 하루평균 사용횟수	비율(%)
1	5881	10.91	75.56
2	1254	2.33	16.11
3	577	1.07	7.41
4	71	0.13	0.91

3) 부부전용 화장실 오배수 통합배관의 경우

부부전용 화장실의 오배수 통합배관의 경우 총fuD값은 6으로 4fuD의 경우가 46.23%로 가장 높으며 1, 5, 2, 6fuD의 순서로 낮아진다. 오배수 배관 분리배관의 경우 fuD값별 사용비율은 fuD가 1인 경우(세면기, 바닥)는 88.5%, fuD가 2인 경우(세면기+바닥)는 11.5%를 차지한다. 위생기구 조합별로 fuD에 따른 사용비율을 <표

위생기구를 동시에 사용하는지를 파악하기 위한 것으로 조사 대상 세대 대부분이 욕실의 위생기구를 한번에 3개 이상 사용하는 횟수는 아주 작은 것으로 나타났다. 이것은 유닛 화장실에서의 위생기구 최고사용빈도는 50%~75%로 규정하는 NPC 설계기준의 타당성을 증명하는 내용으로 이 기준을 공동주택의 오배수배관시스템 설계에 적용할 수 있다는 사실을 확인할 수 있었다.

<표 26> 오배수 통합배관의 경우 위생기구 사용횟수 및 fuD별 사용비율

fuD	사용된 위생기구	총사용 횟수	세대당 하루평균 사용횟수	비율 (%)	총비율 (%)
1	세면기	594	1.10	20.83	34.97
	바닥	403	0.75	14.14	
2	세면기+바닥	142	0.26	4.98	4.98
4	변기	1318	2.45	46.23	46.23
5	변기+세면기	191	0.35	6.70	12.66
	변기+바닥	170	0.32	5.96	
6	변기+세면기+바닥	33	0.06	1.16	1.16

3. 현장실험

3.1 실험목적

앞장에서 기술한 설문조사결과에 대한 상대도수 파악과 세대 화장실에서 위생기구의 동시사용율이 많지 않을 것이라는 예측을 만족시키는 자료이다. 그러나 이 결과만으로는 위생기구의 동시사용율을 고려한 세대 화장실에서의 적정 fuD값을 찾아낸다는 것은 불가능하다. 그 이유는, fuD값을 정하는 변수가 기구사용빈도, 평균유량, 1회 사용시의 총 유량이며, 기구의 평균유량과 1회 사용시의 총 유량이 각 위생기구에 따라 정해져 있을 경우 동시사용율을 고려한 적정 fuD값을 구하기 위해서는 각 위생기구에 대한 사용시간을 알아야 하나 설문조사에서는 사용시간을 조사할 수 없었기 때문이다. 따라서, 세대 화장실 위생기구의 사용빈도 및 사용시간대, 그리고 동시사용갯수 등을 보다 세부적으로 파악하여 적정 fuD값을 분석하기 위해 현장실험을 실시하였다.

3.2 실험방법 및 내용

3.2.1 실험대상세대 선정 및 실험기간

설문조사결과 화장실이 1개인 세대와 2개인 세대 모두 위생기구

의 총사용횟수 및 동시사용 비율이 거의 동일하게 나타났기 때문에 실측대상 세대를 화장실이 1개인 세대로 한정하였다. 실험대상 세대는 측정장치의 설치와 철거작업의 용이성 및 측정작업으로 인한 입주 세대에 불편을 고려하여 약 2년 된 분당의 K아파트와 '99년 3월 입주한 수원 J아파트의 1층 세대 총 26세대를 실험대상 세대로 선정하였다. 측정기간은 '99. 8. 9 ~ '99. 8.14까지 측정시스템의 예비테스트를 거쳐, '99. 8.30 ~ '99. 11.30 까지 약 3개월에 걸쳐 본 측정을 진행하였다.

3.2.2 실험방법

분당 K아파트 총 6세대와 수원 J아파트 14세대 총 20개 세대를 선정하여 측정 대상 세대 욕실의 기구 오배수관(변기, 세면기, 욕조, 바닥배수)에 flow switch sensor를 설치하여 1세대 당 1주일 동안의 화장실 위생기구 사용 실태를 측정하였다. 센서에서의 감지 결과는 배수관내에 유체가 흐를 때 5Volt의 출력신호를 보내고 물이 멈출 때 0Volt 신호를 발생시키게 되며 각 센서에는 측정 거리를 조절하여 측정 감도를 조절할 수 있는 기능이 갖추어 있다. 센서에서 보내진 신호는 Converter를 통해 데이터 로거에 전송되고 이는 컴퓨터에 내장된 NetDAQ이라는 구동소프트웨어에 의해 1초 간격으로 컴퓨터의 하드

디스크에 저장된다. 이렇게 저장된 데이터들은 범용 데이터베이스 프로그램을 통해 분석되어져 각 위생기구의 동시사용횟수, 시간별 배수빈도, 지속시간 등을 나타내는 기본자료들이 된다.

1) 장비사양

〈표 3.1〉 측정장비사양

장비명	제조사	모델 및 사양	갯 수
컴퓨터	대우	486DX	1대
Data Logger	FLUKE	NetDAQ 2640	1set
Flow 센서	독일 TURCK	BC-M30-AZ3X	8set
Converter	신우 FA	MR-CPD	8set
NetDAQ 소프트웨어	FLUKE	NetDAQ Logger	1set

실험에 사용된 장비 및 소프트웨어는 컴퓨터를 비롯해, 데이터 로거, flow 센서, 신호 변환용 Converter 등 하드웨어와 수집된 데이터를 축적하기 위한 구동소프트웨어로 이루어지며 실험장비별 사양은 〈표 3.1〉과 같다.

2) Flow 센서

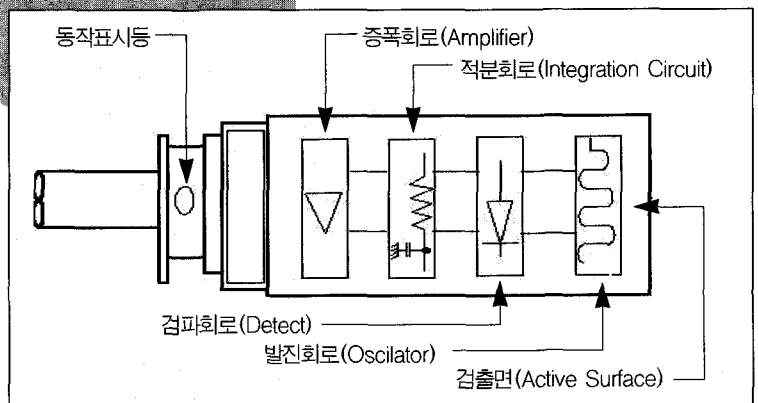
[그림 2.1]에 Flow 센서의 구조를 보인다. 검출면에 유체가 흐르는 것이 감지되면, 발진회로에서 기전력 혹은 전장이 발생되고, 검파회로에서 이를 검출하여 적분회로를 거쳐 증폭회로에서 증폭된 신호가 동작표시등에 불을 켜게

하고, 또한 이 신호는 convertor를 통해 0 Volt~5 Volt 신호로 변환되어 데이터 로거를 거쳐 구동소프트웨어에 의해 하드디스크에 저장된다.

3) 측정시스템 개략도

[그림 3.2]에 세대의 지하 오배

〔그림 2.1〕 Flow 센서 구조



수관에 설치된 측정시스템 개략도를 보인다. 세대 오배수 횡지관의 경우 배관구배가 약 1/50으로 완만하여 유속이 느려지므로 배관내 유체의 지속시간을 센서가 제대로 감지하지 못하기 때문에 Flow센서를 기구 배수수직관에 설치하였다.

4) Flow sensor 설치

[그림 3.3]과 [그림 3.4]에 변기, 세면기, 욕조, 바닥의 기구배수관에 Flow sensor를 설치한 사진을 보인다. 본 측정에 사용된 센서의 감도가 예민하기 때문에 센서를 브라켓에 매달아 철제 클

램프로 브라켓을 기구배수관에 단단히 고정하였다. 그리고 감도조절은 감도조절레버를 좌우로 조절함으로써 물의 흐름상태를 감지할 수 있도록 하였다.

3.3 측정결과

3.3.1 가족구성원 특성

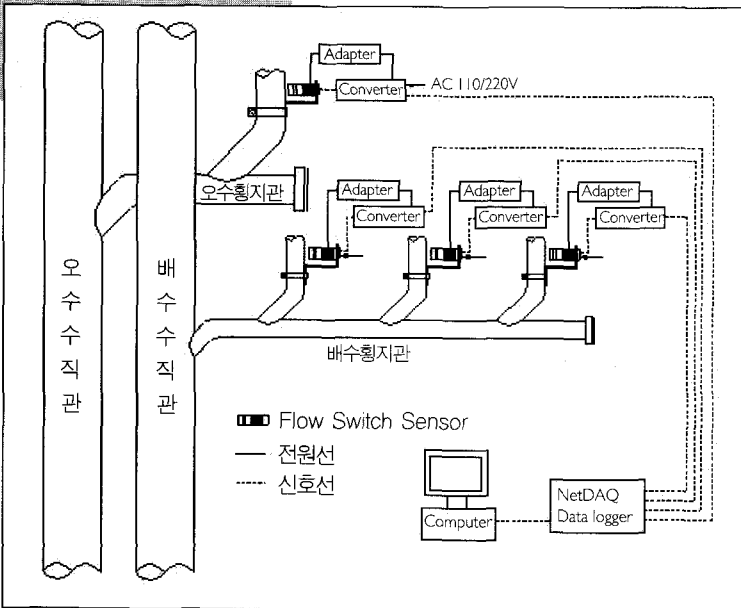
조사대상세대의 가족 구성원에 대한 조사 결과 세대 평균 가족수는 3.5명, 자녀수 및 기타 가족수는 이 1.6명으로 조사되었다. 또한 남편 및 부인의 평균 나이는 각각 38세, 35세, 자녀의 나이는 자녀 1이 6.6세, 자녀 2가 4.4세로 나타났다으며, 맞벌이부부 비율은 약 20%로 조사되었다. <표 8>에 조사결과를 나타내었다.

3.3.2 위생기구 사용 및 배수패턴

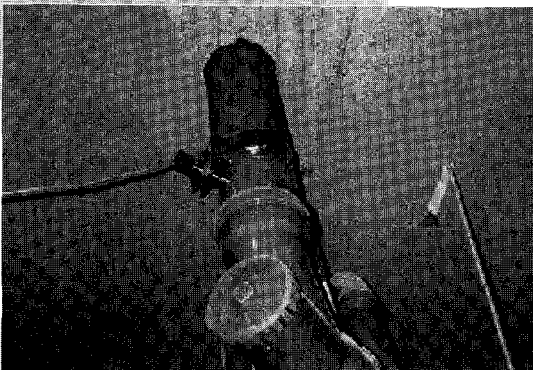
1) 오배수 통합배관의 경우 위생기구 사용패턴

<표 3.3>에 오배수 통합배관의

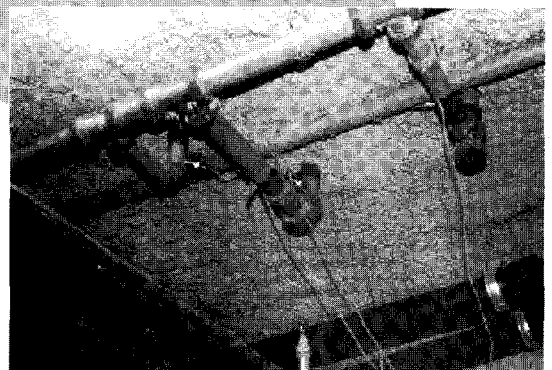
[그림 32] 측정시스템 개략도



[그림 33] Flow sensor 설치 (양변기)



[그림 34] Flow sensor 설치 (욕조 세면기 바닥)



〈표 32〉 현장실측세대의 가족구성원 특성

세대	구분	가족수	자녀수		어른나이(세)		자녀나이		맞벌이 비율(%)
			자녀수(명)	비율(%)	남편	부인	순서	나이	
24명 (화장실1개) 총 15세대	3.5 (3.7)		0	13(12)	남편	38(38)	1	6.6세 (8세)	20 (12)
			1	27(23)					
			2	60(59)	부인	35(34)	2	4.4세 (6세)	
			평균자녀수	1.6명 (1.6)					

※()안은 설문조사결과에 대한 가족구성원 특성임.

경우 현장실측과 설문조사에 의한 위생기구의 세대 하루평균 사용횟수 및 비율을 비교하였다. 세대 하루평균 위생기구 사용횟수는 실험에 의한 결과가 설문조사에 의한 결과보다 다소 높게 나타나고 있다. 이는 화장실에 들어가 위생기구를 사용할 경우, 예를 들어 세면기를 한번 사용하고 욕조를 사용하고 다시 세면기를 사용할 경우는 세면기를 총 두 번 사용한 것이 되지만 설문조사시 응답자들이 이를 제대로 숙지하지 못해 세면기를 한번만 사용했다고 표시하는 결과로 추측해 볼 수 있다. 그러나 총 사용비율은 fuD 값이 3과 5의 경우만을 제외하고는 거의 비슷한 비율로 나타나고 있으며, 특히 fuD 7과 8에 대해서는 설문조사나 현장 실측결과가 비슷한 값을 나타내고 있다.

2) 오배수 분리배관의 경우 배수에 대한 위생기구 사용패턴

오배수 분리배관의 경우는 오수배관과 배수배관이 별도로 분리 설치되게 되므로, 〈표 3.3〉에서 배

수관에 연결된 위생기구, 즉, 세면기, 욕조, 세면기와 관련되는 항목에 대해 fuD값별로 분석하였으며,

그 결과를 〈표 3.4〉에 나타내었다.

오배수 분리배관 경우 또한, 위생기구의 세대당 하루평균 사용회수는 높게 나타나고 있다. 그러나, 관심부분인 fuD 4인 경우는 1.94%로 설문조사 결과 값보다 조금 높지만 전체적으로 볼 때 아주 작은 값을 나타내고 있다.

3) 요일별 위생기구별 배수횟수 [그림 3.5]는 요일별 각 위생기구의 배수횟수를 나타낸다. 변기

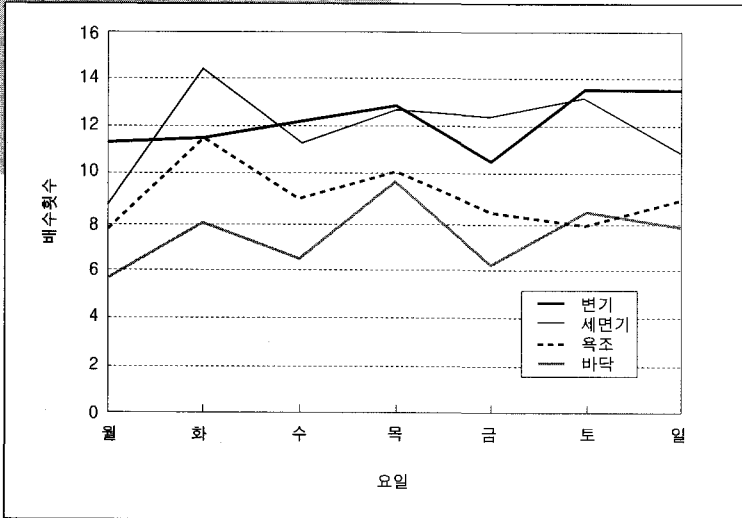
〈표 33〉 오배수 통합배관의 경우 1일 세대 위생기구의 사용횟수 및 비율

fuD	사용 위생기구	위생기구사용횟수		비율(%)		총 비율(%)	
		현장실측	설문조사	현장실측	설문조사	현장실측	설문조사
1	세면기	8.42	5.03	24.9	23.18	34.83	38.85
	비대	3.39	3.40	10.03	15.67		
2	욕조	5.1	1.92	15.08	8.84	18.54	11.48
	세면기+비대	1.17	0.57	3.46	2.65		
3	세면기+욕조	1.05	0.24	3.11	1.12	9.02	3.78
	욕조+비대	2.0	0.58	5.92	2.66		
4	세면기+욕조+비대	0.45	0.06	1.33	0.27	32.74	33.70
	변기	10.62	7.26	31.41	33.43		
5	변기+세면기	0.79	1.57	2.34	7.22	3.25	9.94
	변기+비대	0.31	0.59	0.92	2.73		
6	변기+욕조	0.3	0.11	0.89	0.50	1.01	1.46
	변기+비대+세면기	0.04	0.21	0.12	0.97		
7	변기+세면기+욕조	0.04	0.07	0.12	0.31	0.5	0.51
	변기+욕조+비대	0.13	0.04	0.38	0.20		
8	변기+세면기+욕조+비대	0	0.06	0	0.27	0	0.27

〈표 34〉 오배수 분리배관의 경우 1일 세대 위생기구의 사용횟수 및 비율

fuD	위생기구사용횟수		비율(%)	
	현장실측	설문조사	현장실측	설문조사
1	12.9	10.59	55.7	73.29
2	6.6	2.81	28.50	19.45
3	3.21	0.93	13.86	6.44
4	0.45	0.12	1.94	0.81

[그림 35] 위생기구별 요일별 배수횟수



와 세면기로 배수된 횟수가 요일별 평균으로 보면 약 12~13회로 가장 많고, 욕조로 배수된 평균 횟수가 약 9회, 바닥으로 배수된 횟수가 7~8회로 가장 작게 나타났다. 여기서 배수횟수라고 표시한

이유는 실제로는 실측된 데이터의 위생기구 사용횟수는 배수된 횟수를 의미하기 때문이다. 즉, 마개를 열어놓고 세면기를 사용할 경우, 한번 사용하고 물을 잠그고 연속해서 다시 한번 사용하면 측정 결

과는 두 번 사용한 것으로 되기 때문이다.

4) 시간당 위생기구별 배수된 횟수

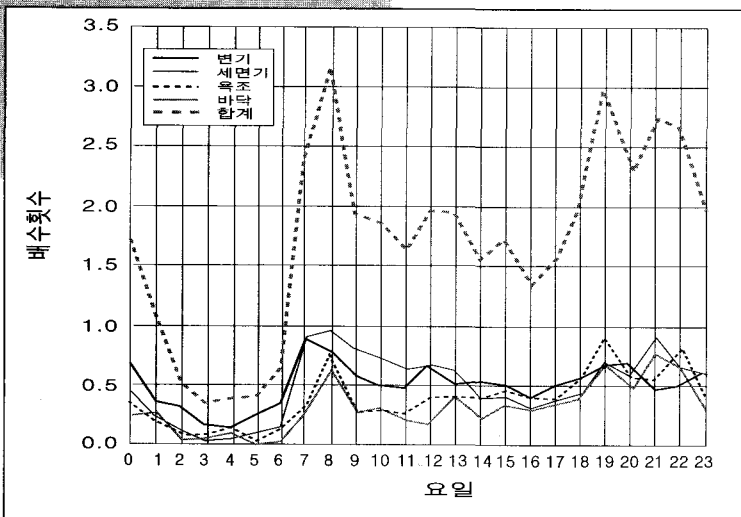
[그림 3.6]은 시간당 위생기구별 하루평균 배수횟수를 나타낸다. 직장인들의 출근시간인 아침 8시 시간대와 퇴근시간인 저녁 7시 시간대에 가장 많이 사용되는 것으로 나타났으며, 낮 시간 또한 주부들의 사용횟수도 많음을 볼 수 있다.

이 결과로 미루어 볼 때 출·퇴근 시간대에 수직관 및 지하 수평관에서 배수부하가 가장 크게 발생되므로, 사용빈도가 가장 큰 이 시간대에서의 배수부하를 기준으로 오배수 배관설계가 이루어져 할 것으로 판단된다.

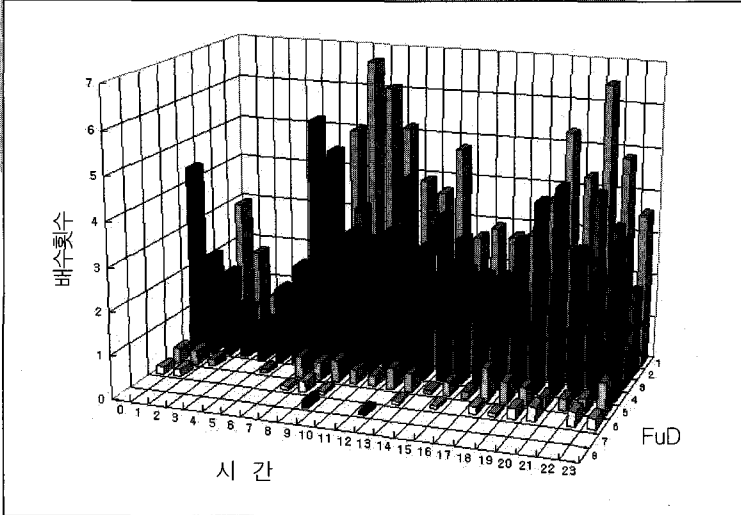
5) fuD 조합별 일주일 동안의 평균 사용횟수

[그림 3. 7]은 오배수 통합배관의 경우 fuD조합별 시간에 따른 일주일 동안의 평균 사용횟수를 나타낸다. 일주일 동안 8fuD를 사용하는 경우는 한번도 없으며, 7fuD를 사용한 경우는 0.3회 6fuD를 사용한 경우는 2.3회 정도로 아주 낮게 나타나고 있다. [그림 8]은 오배수 분리배관의 경우 fuD 조합별 시간에 따른 일주일 동안의 위생기구 평균 사용횟수를 나타낸다. 4fuD인 경우는 1주일 동안 총 3.1회로 전체 사용횟수

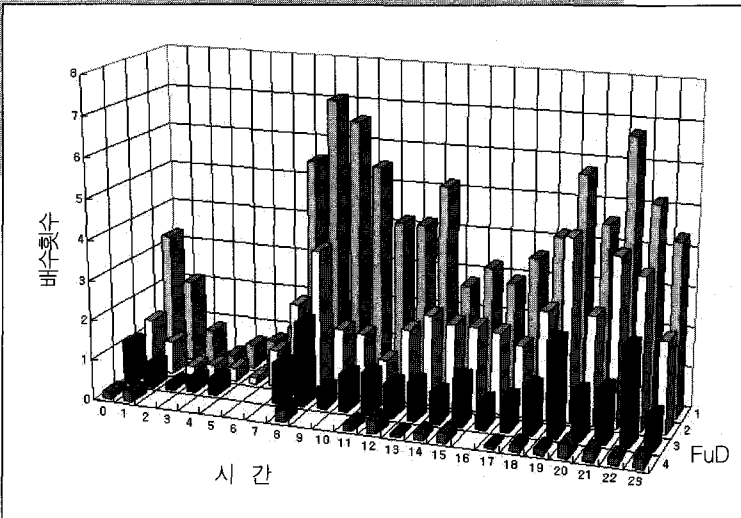
[그림 36] 시간당 위생기구별 배수 횟수



[그림 37] 오배수 통취배관의 경우 fuD 조합별 일주일 동안의 평균 사용횟수



[그림 38] 오배수 분취배관의 경우 fuD 조합별 일주일 동안의 평균 사용횟수



중 1.95%로 낮게 나타나고 있다.

3.4 적정 fuD값 분석

3.4.1 적용 가능한 확률함수

배수계통에서 기구가 동시에 사

용될 확률은 사용되는 형태가 불규칙하다면, (식 1)의 Poisson분포 확

률과 일치하게 되고, 기존 연구¹⁾에서는 동시사용개수의 추정은 이 확률의 누적치가 99%이상인 것을 동시사용개수로 하고 있다.

$$P(x) = \frac{m^x}{x!} e^{-m} \dots\dots\dots (1)$$

$$m = \sum_{i=0}^x \frac{f_i i}{f_s} \dots\dots\dots (2)$$

f_s : $f_0 + f_1 + \dots + f_x$

f : 동시사용빈도[sec]

x : 동시사용기구수

위의 확률분포는 표본의수가 5개 이하로 작고, 사용시간이 아주 작을 때 유용하며, 또한, 어떠한 상황이 상대적으로 작은 간격을 가진 시간과 공간의 연속체에서 불규칙하게 발생하는 불연속적인 사건에 대해 응용이 가능하다.²⁾

따라서, 본 논문에서도 Poisson 확률을 이용하여 각 세대의 동시기구사용 기구수의 확률누계를 구하여 그 값이 99%이상인 것을 동시사용개수로 결정하도록 한다.

3.4.3 Poisson 확률함수에 의한 위생기구의 동시사용개수 분석

위생기구의 동시사용개수 분석을 위해서는 측정된 데이터 중 어느 시간을 대상으로 하느냐 하는 것이 아주 중요하다. 왜냐하면, 시

1) 空氣調和・衛生工學會學術講演會論文集 73-10-1 “高層集合住宅の排水通氣系統の實驗的 研究(I)” p.163
 2) Brice Carnahan, “Applied numerical methods”, p.543

간에 따라 위생기구의 사용빈도의 차이가 많으며, 설계를 할 때에는 항상 최대 피크부하를 기준으로 설계해야 되기 때문이다. 여기서 주의해야 할 점은 앞에서는 한번에 몇 개의 위생기구가 사용되었고, 그 도수분포가 중요한 관건이었지만, 실제 설계에서는 가장 중요한 것이 언제 최대부하가 발생하고 그때의 위생기구의 사용빈도 및 동시사용율은 얼마나 하는 것이다.

예를 들어 아침 8시 시간대에 가장 많은 배수부하량이 발생한다고 할 경우, 그때의 위생기구 사용은 욕조 3회, 세면기 3회, 바닥 2회와 욕조와 바닥을 동시에 사용하는 것이 2회였다. 그런데 오후 2시쯤 욕조를 청소하기 위해 욕조와 세면기 그리고 바닥으로 물을 동시에 1번 흘려 보냈을 경우에 설계에서 기준으로 삼아야 하는 것은 아침 8시다. 그 이유는, 설계시 고려하여야 피크부하가 발생하는 부분은 세대 횡지관이 아니라 수직관과 지하횡주관이다. 즉, 오배수 수직관과 지하오배수 횡주관에 부하가 가장 많이 걸릴 때는 위생기구를 동시에 3개를 사용하는 점심시간이 아니라 위생기구를 여러번 사용하여 최대부하가 발생하는 아침이라는 점이다. 실험을 통해서 나타났듯이, 오배수부하량이 가장 큰 경우가 아침 7~9시와 저녁 7~8시까지 시간대이므로, 이 시간대 중 일정 범위를 최대

〈표 3.5〉 배수관에 연결된 위생기구 동시사용개수에 대한 Poisson 확률 분포

동 호	시 간	동시사용 개수[개]	동시사용 빈도 [sec]	Poisson 확률	누 계
107-103	오전 7:30~8:30	0	3116	0.855701795	0.8557018
		1	429	0.133346863	0.98904866
		2	33	0.010389943	0.9994386
		3	22	0.0005397	0.9999783
		합계	3600	0.999978301	
	오후 7:00~8:00	0	2386	0.680261648	0.68026165
		1	1055	0.262089696	0.94235134
		2	145	0.050488668	0.99284001
		3	14	0.006484054	0.99932407
		합계	3600	0.999324066	
107-104	오전 7:30~8:30	0	2578	0.725947357	0.72594736
		1	903	0.232504806	0.95845216
		2	107	0.037233061	0.99568522
		3	12	0.003974974	0.9996602
		합계	3600	0.999660199	
	오전 7:30~8:30	0	2573	0.724335932	0.72433593
		1	918	0.233598338	0.95793427
		2	84	0.037667732	0.995602
		3	25	0.004049281	0.99965128
		합계	3600	0.999651283	
309-102	오전 7:30~8:30	0	3415	0.94333545	0.94333545
		1	160	0.055027901	0.99836335
		2	25	0.00160498	0.99996833
		3	0	3.1208E-05	0.99999954
		합계	3600	0.99999954	
	오후 7:00~8:00	0	2824	0.759994225	0.75999422
		1	564	0.208576193	0.96857042
		2	212	0.028621289	0.99719171
		3	0	0.002618318	0.99981002
		합계	3600	0.999810024	

피크부하 발생시간대로 선정하여 위생기구 동시사용율을 분석할 경우, 이는 여타 조건에서도 오배수 배관시스템의 성능을 충분히 보장할 수 있을 것으로 판단된다.

〈표 3.5〉와 〈표 3.6〉에 현행 배

수배관과 오배수통합배관시의 위생기구가 동시 사용될 경우에 대한 확률분포를 나타낸다.

이들의 결과에서 보듯이 Poisson 확률 분포를 분석해본 결과, 세대 화장실내에서 위생기구

의 동시사용개수는 위생기구가 3 : 기구 동시 사용개수에 대한 개(배수계통만)와 4개일 때 모두, Poisson 확률의 누적치가 99%이

상인 경우는 기구를 2개 사용할 때로 나타났다. 즉, 이 결과는 기구들이 불규칙하게 사용된다고 했을 때, 세대 화장실에서 임의의 시간에 기구가 3개 사용되는 경우는 1%미만이라는 의미이다. 이것은 현행의 오배수 분리배관시스템 및 통합 배관시스템 모두 최대 동시사용 위생기구의 수를 2개로 설계해도 무방하다는 의미이다.

그때의 배수부하단위값을 보면, 배수계통의 경우는 욕조와 기타 다른 배수기구에서 배수될 때가 가장 큰 fuD값을 가지게 되며 그 값은 3fuD가 되고, 오배수통합배관방식 일 경우, 양변기와 욕조를 사용할 경우가 가장 크게 되며 그 값은 6fuD가 된다. 이것은 NPC에서의 규정하고 있는 유닛 화장실에 대한 배수부하단위와 일치한다.

4. 배수부하단위 적용에 따른 경제성 분석

세대 배수부하단위 조정에 따른 경제성 검토결과를 <표 4.1>에 나타내었으며, 이는 세대 화장실에서 현재 오배수 배관 설계시 적용하고 있는 기구배수부하단위중 양변기를 제외한 욕조, 바닥배수, 세면기를 기준으로 하여 배수 배관 계통의 화장실 기구배수부하단위를 조정하였을 경우의 공사비 변동을 나타낸 것이다. 세대 화장실의 배수부하단위를 3fuD로 적용

<표 36> 오배수배관 통합시의 위생기구 동시사용개수에 대한 Poisson 확률분포

동 호	시 간	동시사용 개수[개]	동시사용 빈도 [sec]	Poisson확률	누 계
107-103	오전 7:30~8:30	0	3101	0.85214379	0.85214379
		1	444	0.13634301	0.9884868
		2	33	0.01090744	0.99939424
		3	22	0.00058173	0.99997597
		4	0	2.3269E-05	0.99999924
	합계	3600	0.99999924		
	오후 7:00~8:00	0	2376	0.67837465	0.67837465
		1	1065	0.26324705	0.94162171
		2	145	0.05107724	0.99269895
		3	14	0.00660694	0.99930588
4		0	0.00064096	0.99994685	
합계	3600	0.99994685			
107-104	오전 7:30~8:30	0	2519	0.71196806	0.71196806
		1	951	0.24187137	0.95383944
		2	118	0.04108454	0.99492398
		3	12	0.00465244	0.99957642
		4	0	0.00039513	0.99997156
	합계	3600	0.99997156		
	오전 7:30~8:30	0	2573	0.72433593	0.72433593
		1	918	0.23359834	0.95793427
		2	84	0.03766773	0.995602
		3	25	0.00404928	0.99965128
4		0	0.00032647	0.99997776	
합계	3600	0.99997776			
309-102	오전 7:30~8:30	0	3407	0.94124148	0.94124148
		1	168	0.0569974	0.99823888
		2	25	0.00172575	0.99996463
		3	0	3.4835E-05	0.99999947
		4	0	5.2736E-07	0.99999999
	합계	3600	0.99999999		
	오후 7:00~8:00	0	2824	0.75999422	0.75999422
		1	564	0.20857619	0.96857042
		2	212	0.02862129	0.99719171
		3	0	0.00261832	0.99981002
4		0	0.00017965	0.99998967	
합계	3600	0.99998967			

하였을 경우 15층 아파트에서는 19천원/호, 20층 아파트의 경우 9천원/호 정도의 공사비가 절감되며 25층에서는 현행 기준과 비교할 때 공사비의 변화가 없는 것으로 분석되었다. 또한 세대 화장실 배수부하단위를 2fuD로 적용하였을 때 15층 및 20층 아파트에서는 3fuD적용시와 동일하며 25층

fuD의 값이 1인 경우가 전체 측정 결과의 약 34.8%로 가장 높게 측정되었으며 4fuD가 약 32.7%, 2fuD가 약 18.5%, 3fuD가 약 9%로 조사되었다. 7fuD 이상인 경우는 모두 0.5%이하로 극히 작은 것으로 조사되었다.

한편, 세대별 욕실 위생기구의 동시사용율을 파악하기 위해 현장

하여도 무방할 것으로 판단된다.

2) 오배수 분리배관 방식의 경우 세대화장실 배수부하단위

현행 오배수 배관시스템 설계기준인 오배수 분리배관방식에서 양변기를 제외한 세면기, 욕조, 바닥 배수를 대상으로 하여 실측된 화장실의 기구배수부하단위는 1fuD인 경우가 전체의 55.7%로 가장 높게 나타났으며 2fuD가 28.5%, 3fuD가 약 13.9%, 4fuD가 약 1.9% 순으로 측정되었다.

한편, 세대별 욕실의 배수계통에 대한 위생기구의 동시사용율을 파악하기 위해 현장실험 데이터 중 배수부하단위가 가장 큰 것으로 나타난 아침 7:30~8:30과 저녁 7:00~8:00에 대해 Poisson 확률분포를 분석한 결과, 위생기구를 2개 이하 사용할 경우에 대한 Poisson 확률의 누적 값은 99% 이상, 3개 이상 사용할 확률은 1% 미만으로 나타났다.

따라서, 현행시스템의 배수계통에 대한 세대화장실의 배수부하단위는 위생기구를 2개 사용할 경우의 최대 값인 3fuD(욕조:2fuD+세면기 또는 바닥배수:1fuD)를 적용하여도 무방할 것으로 판단된다.

〈표 41〉 세대배수부하단위 조정시 배수관의 공사비 비교

단위 : 천원

구분	세대배관	수직관	지하횡주관	호당공사비	증감액	
fuD=4	15층	637	1,368	1,647	189	현행기준
	20층	819	1,776	1,647	171	"
	25층	1,046	2,282	1,647	166	"
fuD=3	15층	637	1,229	1,374	170	-19
	20층	819	1,596	1,647	162	-9
	25층	1,046	2,282	1,647	166	0
fuD=2	15층	637	1,229	1,374	170	-19
	20층	819	1,596	1,647	162	-9
	25층	1,046	2,051	1,647	157	-9

- * 주기 1) 제집비 포함
- 2) 세대배관 및 수직관은 1개 수직관 계통에 대한 공사비임.
- 3) 지하횡주관은 2개 수직관 계통 공사비임.

에서는 9천원/호 정도의 공사비가 절감될 수 있을 것으로 예상된다.

5. 결론

1) 오배수 통합배관 방식의 경우 세대화장실 배수부하단위

세대 화장실 배수부하단위는 설문조사 결과와 실측결과에서 거의 유사한 결과로 나타났으며 현장실측결과에 의하면, 배수부하단위

실험 데이터 중 배수부하단위가 가장 큰 것으로 나타난 아침 7:30~8:30과 저녁 7:00~8:00에 대해 Poisson 확률분포를 분석한 결과, 위생기구를 2개 이하 사용할 경우에 대한 Poisson 확률의 누적 값은 99% 이상, 3개 이상 사용할 확률은 1% 미만으로 나타났다.

따라서, 통합시 세대화장실의 배수부하단위는 위생기구를 2개 사용할 경우의 최대 값인 6fuD(변기 : 4fuD+욕조 : 2fuD)를 적용