

## 우리나라 하수도시설의 침투부하율 영향요소 분석

### Analysis of Factors Affecting Peak Loading Coefficient of Sewer Works in Korea

현인환 · 이영호

Inhwan Hyun · Youngho Lee

단국대학교 토목환경공학과

(2010년 10월 10일 접수 : 2011년 12월 5일 수정 : 2011년 12월 8일 채택)

#### Abstract

Although peak loading coefficient is one of critical design factors for sewer works, its detailed affecting factors were not analyzed because of limited data availability. This study analyzed the affecting factors on peak loading coefficient with plenty data obtained from several newly constructed sewer works. Simple and multiple regression analysis methods were adopted to analyze the relationships of each variable with or without data filtering. Drainage population, drainage area, population density, and daily sewage flow per person showed very weak relationships under diverse characteristics of cities. However, daily sewage flow per person showed stronger relationships with peak loading when daily sewage flow per person was splitted into two ranges. Population density (i.e., drainage population divided by drainage area) and daily sewage flow per person considerably were related with peak loading coefficient when daily sewage flow per person is less than about 400 Lpcd.

**Keyword :** peak loading coefficient, peak factor, sewage, regression analysis

#### 1. 서론

하수도 시설의 시설용량 설계에 있어서 침투부하율의 결정은 매우 중요한 요소 중의 하나이다. 우리나라 하수도 시설기준(환경부, 2011)에서는 '계획오수량은 생활오수량, 공장폐수량 및 지하수량으로 구분하여 1인1일최대오수량과 장래의 확장이나 신설을 고려하여 정해야 한다'고 설명하고, 생활오수량의 1인1일 최대오수량은 상수도 계획상의 1인1일최대급수량을 감안하여 결정해야 하며 계획1일 평균오수량은 계획1일 최대오수량의 70~80%를 표준으로 한다고 제시하고 있다. 또한, 계획시간최대오수량 같은 경우 계획 1일 최대오수량의 1시간당 수량의 1.3~1.8배를 표준으로 한다고 설명하고 있다. 이와 같이 하수도시설

의 침투부하율은 상수도시설의 침투부하율과 같다는 것을 전제로 하고 있다. 다만, 상수도시설기준과 달리 하수도시설기준에는 시간최대오수량의 시간계수에 관하여 Babbit 계수를 소개하고 있다.

이와 같이 하수도 설계량의 변화에 대해서는 상수도시설의 설계량의 변화에 따르는 것이 관행이나, 하수도시설의 유입량은 상수도사용량 이외에도 침입수, 침투수의 영향을 받게 된다. 따라서 하수도시설의 설계량 및 유량변동을 결정함에 있어서는 상수도사용량 및 침입수와 침투수의 영향을 고려할 필요가 있다.

본 논문은 하수발생량자료를 이용하여 하수도시설의 침투부하율의 변화에 영향을 주는 인자들을 파악하고자 한다.

## 2. 분석방법

### 2.1 침투부하율 영향요소 선정

일반적으로 우리나라에서는 각종 설계시에 침투부하율을 도시의 규모에 따라 대도시, 중도시, 소도시별로 다르게 적용하고 있다. 일본수도시설설계지침(2000)에서는 부하율을 일평균급수량을 일최대급수량으로 나눈 값으로 정의하고 있으며, 부하율은 일반적으로 소규모의 도시일수록 낮고, 도시의 규모가 클수록 높아지며, 도시의 특성, 기상조건 등에 따라 좌우된다고 밝히고 있었다. 다만, 계획부하율의 설정에 있어서는 장기적 경향을 파악하기 위하여 과거의 실적치나 같은 급수인구규모별 부하율, 또는 다른 유사 도시와 비교하여 기상에 의한 변동조건을 충분히 고려해서 결정해야 한다고 하고 있다. 미국 수도협회 매뉴얼(AWWA, 1989)에서는 침투부하계수 (peaking coefficients)라는 용어로 사용하고 있었으며, 자료의 기록년수가 적은 경우에는 통상 최근 2년 또는 3년동안의 침투부하율 중에서 가장 큰 값을 장래의 침투부하율로 채택하도록 제안하고 있었다. 미국에서는 침투부하율은 특별한 영향요소를 고려하기보다는 해당 지역의 실제 과거자료를 이용하는 것에 중점을 두고 있다. 丹保(1988)는 연간을 통해서 볼 때 일평균과 일최대의 비는 도시의 규모, 수요구조에 따라서 다른데, 일반적으로 대도시일수록, 또는 공업용수가 차지하는 부분이 높은 도시일수록 양자의 비율은 작아 진다고 설명하고 있다. 이 외의 문헌들을 살펴보면 영향요소에 대한 분석없이 단일한 값을 제시하는 경우도 있으나 반드시 해당지역의 실제자료를 이용하여 구하도록 기술하고 있다.(Kawamura, 1997; Mcghee, 1991). 검토한 문헌의 대부분은 침투부하율의 영향요소로서 도시의 규모나 특성에 연관성이 있다는 정도만 밝히고 있다. 구체적으로는 급수인구나 급수량 등의 급수규모의 영향이 있을 수 있다는 정도이며 이러한 영향요소에 대한 침투부하율의 구체적인 산정방법에 대해서는 제시하지 않고 있다.

국내외의 문헌에서 침투부하율의 영향요소로서 공통적으로 지적되고 있는 것은 도시규모에 따른 배수인구나 평균하수량이다. 일최대하수량과 일평균하수량의 비로 나타내는 침투부하율의 크기는 도시의 특성이나 기후 등에 따라 다르나 보통 배수구역이 클수록, 급수인구가 클수록 평균하수량에 대한 최대급수

량의 비는 작은 것으로 알려지고 있다. 따라서, 일반적으로 대도시나 공업도시에서는 침투부하율이 작고, 주택단지나 농촌같이 물 사용형태가 비슷한 지역에서는 큰 수치를 나타낸다. 이들은 침투부하율은 도시의 크기, 급수량의 크기 등과 상관관계가 있는 것으로 알려져 있지만, 경향이나 적용방법 등에 관해서 구체적으로 제시하고 있지 못한 실정이다(현인환, 2000). 국내의 문헌에서 제시되어 있는 주요한 영향요소인 배수인구, 배수면적, 인구밀도, 1인1일당하수량에 대하여 침투부하율 영향 요소를 분석하였다. 이러한 침투부하율의 영향요소들을 분석하여 확실한 상관관계를 밝혀 낼 수 있다면, 보다 합리적으로 침투부하율을 결정할 수 있다고 판단된다.

하수도시설에서 발생하는 유입수와 침입수는 침투부하율에 영향을 크게 줄 수 있다. 특히, 청천시에도 발생하는 물사용량이 낮은 시간대에서도 지속적으로 침입하기 때문에 기저유량을 증가시켜 결국 일평균급수량을 증가시켜서 침투부하율에 영향을 주게 된다.

따라서 본 연구에서는 하수발생량의 침투부하에 영향을 줄 수 있는 인자로서 도시의 규모를 나타내는 배수면적, 도시인구 및 사용량과 침입수량을 나타내는 1인1일당오수량을 검토의 대상으로 하고자 한다.

### 2.2 자료구성 및 보정

Table 1에 나와 있듯이 본 연구를 위하여 10개 도시의 77개 측정지점에서 자료를 수집하였다. 수집된 원시자료를 대상으로 자료의 유효성을 검토하여 이상자료를 제거하였다. 이상자료를 제거하고, 전체 유효자료율이 80% 이상, 계절별 최소 유효자료율이 60% 이상인 측정지점 중에서 측정지점별 급수인구, 급수면적 등이 확인된 것은 4개도시 15개 측정지점이었다. 따라서 본 연구에서는 대상자료의 신뢰성을 갖춘 15개의 자료만을 이용할 수 있었다.

강우에 의한 영향을 제외하기 위하여 청천일에 발생

Table 1 획득자료 정리

구분	초기자료수(개)	보정 후*자료수(개)
지역	10	4
처리구역	77	15
처리구역 (년도별)	313	23

하는 하수량만을 분석대상으로 하였다. ‘당일 누적강우량강우 3mm이상, 우천일 발생일로부터 2일까지’ (환경부, 2008)를 강우일로 판단하고 이런 강우일을 제외한 날의 자료를 청천일 자료로 선정하였다.

검정된 자료중에서도 다른 자료와 값이 특이한 자료들이 존재한다. 따라서 이러한 발생확률이 낮은 몇 개의 자료가 전체 분석에 미치는 영향을 최소화하고자 비초과확률분석방법을 이용하였다. 특히 1년중 가장 많이 발생한 일최대하수량 자료는 1년에 1개이고 침투부하율은 ‘일최대하수량/일평균하수량’으로 정의되므로, 일최대하수량이 특히하게 발생하면 침투부하율에 바로 영향을 미치게 된다. 따라서 특이자료에 민감하게 영향을 받기 때문에 특이자료에 의한 영향을 검토할 필요가 있을 것으로 판단되었다. 비초과확률 분석이란 자료치 계열을 이론적 확률분포형에 맞추어서 그 자료가 대표하는 사상의 생기빈도를 분석하는 방법이다. 비초과확률 기준값으로 기본자료와, ‘1/365 확률값’과 ‘1/자료수 확률값’을 함께 검토하였다.

### 2.3 분석방법

본 연구에서는 각 영향인자의 상관정도를 분석하기 위하여 비선형 함수와 선형 함수를 포함한 회귀분석을 실시하였다. 분석결과의 검토에 있어서는 회귀분석에서의 값과 함께 각 영향인자와 침투부하율과의 ‘상관여부’를 검토하였다. 상수도시설기준(2010)

Table 2. 결정계수의 해석

결정계수	상관성 해석
0.81 ~ 1.00	상관성이 아주 높다
0.49 ~ 0.81	상관이 높다
0.16 ~ 0.49	확실한 상관이 있다
0.04 ~ 0.16	얇은 상관이 있다
0.00 ~ 0.04	상관이 거의 없다

‘1.2.4 기초조사 해설’에서는 침투부하율과 결정인자 사이에 다음과 같은 관계가 있음을 제시하고 있다. ‘침투율은 평균급수량에 대한 최대급수량의 크기를 나타내는 것이며 일반적으로 소규모의 도시일수록 급수량의 변동폭이 커서 침투율 값이 커지고, 도시 규모가 커짐에 따라 최대와 평균급수량의 변동폭이 작아져서 침투율 값이 작아지는 경향이 있다. 침투율은 도시규모에 따라 변하는 외에 도시의 성격, 기상조건 등에 의해서도 좌우된다.’ 즉, 도시의 규모를 결정하는 배수인구, 배수면적과는 ‘상관성을 갖게 되어야 한다. 따라서 ‘상관성을 갖는지의 여부를 값의 크기와 함께 중요한 판단요소로 설정하였다. 회귀분석은 각 영향요소에 대한 단순회귀분석 및 다중회귀분석을 실시하여 상관성을 판단하였다. 분석후의 상관성을 판단하기 위한 결정계수 값의 해석은 Table 2을 참고하였다. (Kvalseth, 1985)

### 3. 분석결과

Table 3. 침투부하율과 요소간 단일회귀분석 결과 Case A

구분	측정지점수	R <sup>2</sup> 값	상관성 판단	
전체자료 (case A-1)	15	배수인구	0.0001	없음
		배수면적	0.0012	없음
		인구밀도	0.0168	없음
		1인1일평균하수량	0.1606	보통(-상관)
비초과확률 [‘1/365’ 제외] (case A-2)	15	배수인구	0.0493	얇음(-상관)
		배수면적	0.0369	없음
		인구밀도	0.0293	없음
		1인1일평균하수량	0.3109	보통(-상관)
비초과확률 [‘1/자료수’ 제외] (case A-3)	15	배수인구	0.0631	얇음(-상관)
		배수면적	0.0444	얇음(-상관)
		인구밀도	0.0244	없음
		1인1일평균하수량	0.2943	보통(-상관)

\* 80%,60일 이상인자료 (유효강우3mm,영향일2일 제외)-청천일

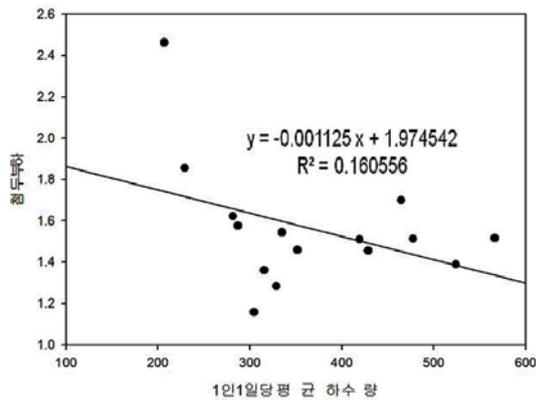


Fig. 1 case A-1(1인1일 평균하수량)

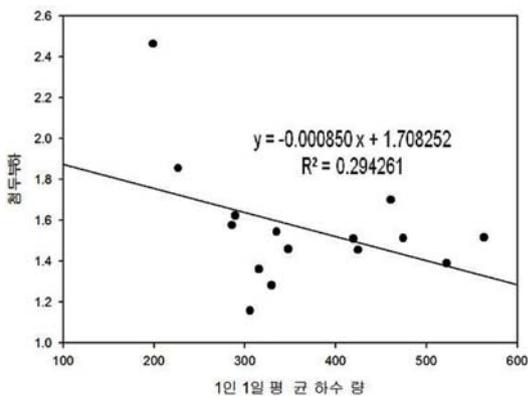


Fig. 2 case A-3(1인1일 평균하수량)

### 3.1 영향요소별 단일회귀 분석

자료의 신뢰성이 확인되고 유효자료율 80% 이상인 15개의 측정지점 전체를 대상으로 영향인자의 검토 대상으로 채택한 배수인구, 배수면적, 인구밀도, 1인1일평균하수량으로 단일회귀분석을 실시하였다. 전체자료를 이용하여 각각의 인자에 대한 단일회귀분석의 결과는 Table3에 나타나 있다. Fig1에서 보는 바와 같이, 대부분의 인자와는 작지만 ‘-’의 상관을 갖는 것으로 나타나 상수도시설기준에서 제시하고 있는 침투부하율의 도시규모와의 관계를 만족하고 있다. 다만, 1인1일평균하수량에 대한 값이 0.1606로서 다른 요소에 비해 크게 나타났으나, 높은 상관성은 보이지 않았다.

상관성이 낮게 나타나는 원인을 파악하기 위하여 우선 특이자료에 의한 영향정도를 분석하였다. 이 분석에서는 비초과확률분석을 이용하였다. 우선 1년에 1회미만으로 발생할 수 있는 특이자료에 의한 영향을

배제하기 위하여 ‘1/365’ 즉 초과확률 99.73%를 초과한 자료를 제외하여 분석한 결과에서는 전체자료를 이용한 결과보다는 값이 약간 증가하여 1인1일당하수량에 대하여 0.3109를 나타냈다. 또한 자료의 검정 과정에서 삭제된 경우의 수를 반영하기 위하여 ‘1/자료수’의 확률을 초과한 자료를 제외하여 분석한 결과에서도 Fig2에서 보는 바와 같이, 이 1인1일당하수량이 0.2943로 나타났으나 여전히 강한 상관성은 확인되지 않았다. 1인1일당하수량에 대해 분석한 결과 비초과확률을 적용할 경우에 전체자료를 이용한 경우보다 더 높은 상관성이 확인되었다. 따라서 비초과확률의 적용은 상관성분석에서 유효한 결과를 갖는다는 것을 확인할 수 있었으나, 단일회귀분석에서는 하나의 요소와 침투부하율과는 강한 상관성을 갖는 인자를 찾을 수가 없었다.

### 3.2 1인1일평균하수량 규모별 단일회귀분석

분류식오수관거의 하수발생량에서는 오수량 이외에도 청천일에 침입수가 발생하기도 한다. 침입수는 지하수위에 따라 발생량이 결정되기 때문에 침입수의 시간당 변동폭은 오수량보다는 아주 작게 발생하는 특성을 갖고 있다. 따라서 침입수의 영향을 확인하기 위하여, 1일1인당 급수량을 기준으로 침입수가 적은 경우와 많은 경우 등 두가지 그룹으로 나눠서 분석을 실시하였다. 본 연구에서는 우리나라의 평균 1일1인당급수량이 전체 평균 332 Lpcd, 시지역 평균이 441 Lpcd (환경부, 2009)인 점을 고려하여, 1일1인당 하수량을 기준으로 나눠서 침투부하율 영향요소와의 관계에 대하여 검토하였다. 회귀분석에서는 자료수가 작을수록 상관관계가 높게 나타나는 특성이 있다. 따라서 대상구분에서는 연구의 대상으로 채택된 지역이 총15개 지역뿐이기 때문에 group으로 구분함에 있어서는 한 group에 최소 6개 이상의 자료가 포함될 수 있도록 1일1인당 하수량을 400 Lpcd를 기준으로 나눠서 분석하였다. 즉, 400 Lpcd를 기준으로 두 개의 group으로 나누고, 침투부하율의 검토요소로 선정할 배수인구, 배수면적, 인구밀도, 1인1일평균하수량에 대한 침투부하율과의 단일회귀분석을 실시한 결과를 Table 4에 나타내었다.

Table 4와 Fig.3에서 보는 바와 같이 전체자료를 이용한 400 Lpcd 미만인 group인 Case B-1의 경우에는

1인1일당하수량에 대해서만 값이 0.6811로 상관성이 높게 나타났다. 배수면적과 침투부하율과의 관계는 값이 0.1651로 매우 낮고, ‘+’ 상관성을 보이고 있기 때문에, 유의한 상관관계를 갖는다고 판단할 수 없었다. 또한, 배수인구나 인구밀도와의 상관성은 값이 각각 0.0029 및 0.0323으로 아주 낮은 값을 나타내었다.

400 Lpcd 이상인 group에서 전체자료를 이용한 경우(Case B-2)에는 Case A의 경우와 같이 모든 요소에 대해 아주 낮은 상관성을 나타내어 침투부하율이 어떠한 인자와도 상관성이 있다고 할 수 없었다.

소수의 특이 자료에 의한 영향을 검토하기 위해 실시한 ‘1/365(99.73%)’ 비초과확률을 적용한 분석(Case B-3)에서도 Case B-1과 유사한 결과를 나타내었다. 400 Lpcd 미만의 지역에서 1인1일당하수량과의 관계가 값이 0.6029로 제일 큰 값을 나타내었으며 1인1일당하수량과 침투부하율과는 ‘-’ 상관을 나타내었다. 그러나 전체자료를 이용한 경우보다는 값이 약간 낮게 나타났음을 알 수 있다. 배수인구, 배수면

적 그리고 인구밀도와의 상관관계는 값이 각각 0.0213, 0.0389 및 0.0389로 상관성이 거의 없는 것으로 나타났다. 400 Lpcd 이상인 group에 대한 분석(Case B-4)에서는 인구밀도와의 값이 0.4485로 전체 자료를 이용한 경우보다 상승하였으나, ‘+’ 상관을 보이고 있어 이 두 요소와는 유의한 상관성이 있다고 판단할 수 없다.

또한, ‘1/자료수’ 비초과확률을 적용한 분석에서도 ‘1/365(99.73%)’ 비초과확률분석에서와 거의 유사한 결과를 나타내었다. 즉, 400 Lpcd 미만의 group(Case B-5)에 대해서 1인1일평균하수량만이 값이 0.5664이면서 ‘-’ 상관을 보이고 있어, 이 두 요소와는 어느 정도의 상관관계가 있다고 판단된다. 그러나, 다른 인자에 대해서는 아주 상관성이 낮은 것으로 나타났다. 400 Lpcd 이상인 group(Case B-6)에서는 Case B-5와 비슷한 결과를 나타내었다.

전체적으로 판단해 보면, 1인1일하수량 400 Lpcd를 기준으로 group화한 경우, 400 Lpcd미만인 group에

Table 4. 단일회귀분석 Case B

구 분				측정지점수	R <sup>2</sup> 값	상관성 판단
전체자료	400 Lpcd 미만	Case B-1	배수인구	9	0.0029	없음
			배수면적		0.1651	보통(+상관)
			인구밀도		0.0323	없음
			1인1일평균하수량		0.6811	높음(-상관)
	400 Lpcd 이상	Case B-2	배수인구	6	0.0550	알음(-상관)
			배수면적		0.0761	알음(-상관)
			인구밀도		0.0084	없음
			1인1일평균하수량		0.0290	없음
비초과확률 [‘1/365’ 제외]	400 Lpcd미만	Case B-3	배수인구	9	0.0213	없음
			배수면적		0.0389	없음
			인구밀도		0.1527	알음(-상관)
			1인1일평균하수량		0.6029	높음(-상관)
	400 Lpcd 이상	Case B-4	배수인구	6	60.1388	알음(-상관)
			배수면적		0.1973	보통(-상관)
			인구밀도		0.4485	보통(+상관)
			1인1일평균하수량		0.1039	알음(-상관)
비초과확률 [‘1/자료수’ 제외]	400 Lpcd미만	Case B-5	배수인구	9	0.0285	없음
			배수면적		0.0206	없음
			인구밀도		0.1790	보통(-상관)
			1인1일평균하수량		0.5664	높음(-상관)
	400 Lpcd 이상	Case B-6	배수인구	6	0.1681	보통(-상관)
			배수면적		0.1912	보통(-상관)
			인구밀도		0.4688	보통(+상관)
			1인1일평균하수량		0.1657	알음(-상관)

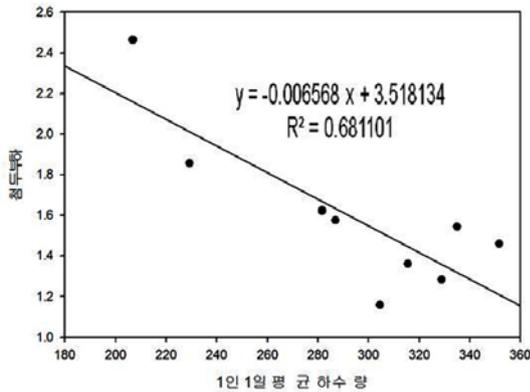


Fig. 3 case B-1(1인1일당 평균하수량)

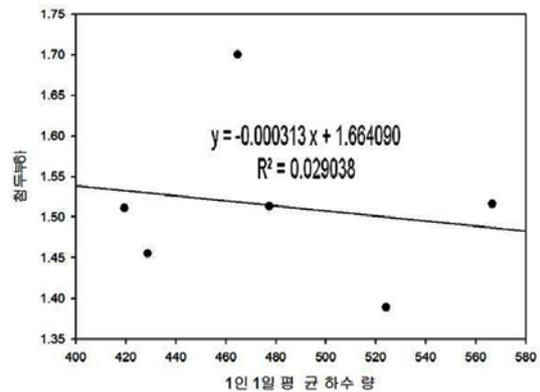


Fig. 4 case B-2(1인1일당 평균하수량)

서 1인1일평균하수량이 가장 상관관계가 높은 것으로 나타났으며, 400 Lpcd 이상인 group에서는 비초과확률을 적용한 경우 어떠한 인자와도 상관성이 있다고 판단할 수 없었다.

### 3.3 다중회귀분석

단일 인자의 회귀분석에서 침투부하율과 밀접한 상관관계를 갖는 인자가 1인1일당하수량만이 어느 정도의 상관성이 있고, 그 이외의 영향인자들에 대해서는 침투부하율과 상관성이 있음을 확인할 수 없었기 때문에, 단일회귀분석에서 어느 정도의 상관성을 갖고 있는 것으로 파악된 '1인1일당하수량'을 고정적인 인자로 포함시키고, 이 인자와 다른 인자 즉, 복수의 인자들에 의한 침투부하율과의 상관성을 파악하기 위하여 다중회귀분석을 실시하였다.

전체자료를 이용하여 분석한 다중회귀분석결과 (Case C)를 Table 5 ~ Table 7에 나타내었다. 1인1일당하수량과 인구밀도를 영향요소로 선정할 경우, Table 5에서 보듯이 전체자료를 이용한 경우와 비초과확률을 적용한 경우 모두 두 인자에 대해 '상관을 나타내었으나, 조정값은 최대 0.2036으로 여전히 낮은 값을 나타내었다. 전체자료를 이용한 경우에 조정 (adjusted) 값은 0.0256이었으나, '1/365(99.73%)'의 비초과확률을 적용한 경우에는 조정값이 0.2036으로 크게 향상되어 전체자료를 이용할 때에는 특이자료에 의한 영향을 충분히 고려해야 함을 알 수 있었다.

또한, 1인1일당하수량과 배수면적을 영향요소로 선정하고(Case C-2), 특이자료를 배제하지 않고 전체자료를 이용한 경우에는 조정값이 0.0234로 매우 낮게 나타났으며, 특히 배수면적에 대해서는 '+' 상관을

Table 5. 다중회귀분석결과 Case C-1

구분	지점수	인구밀도와 1인1일당 하수량			
		R <sup>2</sup>	조정R <sup>2</sup>	상관관계	
				인구밀도	1인1일당하수량
전체자료	15	0.1648	0.0256	"-" 상관	"-" 상관
비초과확률 [ '1/365' 제외]	15	0.3174	0.2036	"-" 상관	"-" 상관비
초과확률 [ '1/자료수' 제외]	15	0.2990	0.1822	"-" 상관	"-" 상관

Table 6. 다중회귀분석결과 Case C-2

구분	지점수	인구밀도와 1인1일당 하수량			
		R <sup>2</sup>	조정R <sup>2</sup>	상관관계	
				인구밀도	1인1일당하수량
전체자료	15	0.1629	0.0234	"+" 상관	"-" 상관
비초과확률 [ '1/365' 제외]	15	0.3181	0.2044	"-" 상관	"-" 상관
비초과확률 [ '1/자료수' 제외]	15	0.3058	0.1901	"-" 상관	"-" 상관

Table 7. 다중회귀분석결과 Case C-3

구분	지점수	인구밀도와 1인1일당 하수량			
		R <sup>2</sup>	조정R <sup>2</sup>	상관관계	
				인구밀도	1인1일당하수량
전체자료	15	0.1657	0.0266	“+” 상관	“-” 상관
비초과확률 [‘1/365’ 제외]	15	0.3243	0.2117	“-” 상관	“-” 상관
비초과확률 [‘1/자료수’ 제외]	15	0.3166	0.2027	“-” 상관	“-” 상관

보여 이들 인자와의 상관성이 거의 없음을 알 수 있다. 비초과확률을 적용한 경우에는 특이자료의 영향을 삭제한 이유로 두 인자 모두 ‘-’ 상관을 나타내었으나 조정값은 최대 0.2044로 낮은 값을 나타내었다. 다중회귀분석에서도 하수량 구분기준에 따른 변화를 파악하기 위하여 group당 최소 6개 이상의 측정지점이 확보되는 1인1일당하수량 400 Lpcd를 기준으로 2개의 group으로 나누어 분석한 결과를 Table 8 ~ Table 10에 나타내었다. 이 분석에서도 단일회귀분석에서 어느 정도의 상관성이 있는 것으로 파악된 ‘1인1일당하수량’ 을 고정적으로 포함시키고, 이 인자와 다른 인자 즉, 복수 인자에 의한 상관성을 분석하였다.

1인1일당하수량과 인구밀도를 영향요소로 선정한 경우(Case D-1), Table 8에서 보듯이 400 Lpcd 미만 인 지점들에서는 두 인자 모두 침투부하율과 ‘-’ 상관을 갖는 것으로 나타났으며, 조정값은 전체자료를 이용한 경우 0.5838이었으나, ‘1/365’ 비초과확률을 적용한 경우가 보다 높은 값인 0.6043, ‘1/자료수’ 비초과확률을 적용한 경우는 0.5897을 나타내었다. 400 Lpcd 이상인 경우에는 전체자료를 이용한 경우와 비초과확률을 적용한 경우 모두 조정값이 매우 낮게 산정되어 이 두 인자들과 침투부하율과는 상관이 없음을 나타내고 있다.

Table 8. 다중회귀분석결과 Case D-1

구분	지점수	인구밀도와 1인1일당 하수량				
		R <sup>2</sup>	조정R <sup>2</sup>	상관관계		
				인구밀도	1인1일당하수량	
전체자료	400 Lpcd 미만	9	0.6879	0.5838	“-” 상관	“-” 상관
	400 Lpcd 이상	6	0.0321	-0.6131	“+” 상관	“-” 상관
비초과확률 [‘1/365’ 제외]	400 Lpcd 미만	9	0.7032	0.6043	“-” 상관	“-” 상관
	400 Lpcd 이상	6	0.4858	0.1430	“+” 상관	“-” 상관
비초과확률 [‘1/자료수’ 제외]	400 Lpcd 미만	9	0.6923	0.5897	“-” 상관	“-” 상관
	400 Lpcd 이상	6	0.5456	0.2427	“+” 상관	“-” 상관

Table 9. 다중회귀분석결과 Case D-2

구분	지점수	배수면적과 1인1일당 하수량				
		R <sup>2</sup>	조정R <sup>2</sup>	상관관계		
				인구밀도	1인1일당하수량	
전체자료	400 Lpcd 미만	9	0.7822	0.7096	“+” 상관	“-” 상관
	400 Lpcd 이상	6	0.1486	-0.4190	“-” 상관	“-” 상관
비초과확률 [‘1/365’ 제외]	400 Lpcd 미만	9	0.6094	0.4792	“+” 상관	“-” 상관
	400 Lpcd 이상	6	0.4398	0.0663	“-” 상관	“-” 상관
비초과확률 [‘1/자료수’ 제외]	400 Lpcd 미만	9	0.5671	0.4228	“+” 상관	“-” 상관
	400 Lpcd 이상	6	0.5284	0.2140	“-” 상관	“-” 상관

Table 10. 다중회귀분석결과 Case D-3

구분		지점수	배수인구와 1인1일당 하수량			
			R <sup>2</sup>	조정R <sup>2</sup>	상관관계	
					인구밀도	1인1일당하수량
전체자료	400 Lpcd 미만	9	0.7312	0.6416	"+" 상관	"-" 상관
	400 Lpcd 이상	6	0.0880	-0.5200	"-" 상관	"-" 상관
비초과확률 [ '1/365' 제외]	400 Lpcd 미만	9	0.6032	0.4710	"-" 상관	"-" 상관
	400 Lpcd 이상	6	0.2569	-0.2385	"-" 상관	"-" 상관
비초과확률 [ '1/자료수' 제외]	400 Lpcd 미만	9	0.5688	0.4251	"-" 상관	"-" 상관
	400 Lpcd 이상	6	0.3547	-0.0756	"-" 상관	"-" 상관

#### 4. 결 론

1. 도시의 침투부하율을 결정함에 있어서는 해당 도시의 1인1일당 하수발생량의 규모를 파악한 후 결정할 필요가 있을 것으로 판단된다. 1인1일당 하수발생량의 규모가 침입수의 영향으로 일정량(본 연구에서는 400 Lpcd) 이상인 경우에는 인구밀도나 1인1일당하수량만으로는 침투부하율의 크기를 결정할 수 없을 것으로 판단된다. 이러한 지역의 침투부하율을 분석하는 경우에는 침입수의 영향을 조사할 필요가 있을 것으로 판단된다.
2. 단일회귀분석을 수행하는 경우에는 하수발생량의 침투부하율에 가장 큰 영향을 미치는 인자는 1인1일당평균하수량인 것으로 나타났다.
3. 다중회귀분석을 수행하는 경우에는 인구밀도(배수인구/배수면적)와 1인1일평균하수량을 영향인자로 고려하는 것이 바람직한 것으로 분석되었다.
4. 침투부하율의 영향요소를 결정하기 위해서는 전체자료를 이용하는 경우와 함께 비초과확률분석을 통하여 특이자료를 삭제한 후 분석하고 이들 결과를 동시에 검토하는 것이 적절할 것으로 판단된다.

#### 참고문헌

김정년, (1983) **통계학**, 경문사 pp.417-419  
 원태연, 정성원 (2001) **통계조사분석, SPSS 아카데미**, pp.302-303.  
 이제인, (2004) 우리나라 상수도시설의 침투 부하 영향요소 분석, **상수도 학회지**  
 현인환, (2000) 일최대부하율의 확률분포 특성, **대한상수도학회 추계학술발표회논문집**, pp.31-34.  
 환경부, (2008) **국내실정에 맞는 침입수/유입수(L/I)산정방법 및 적용방안 연구**  
 환경부 (2009) **상수도 통계**  
 환경부 (2010) 상수도시설기준, **한국상수도협회**, pp.1-28.  
 환경부 (2011) 하수도시설기준, **한국상수도협회**, pp.1-20.  
 일본수도협회(2000), **수도시설계획·설계 지침 및 해설**.  
 丹保憲仁(1980) **新體系土木工學, 上水道, 日本土木學會**  
 Mcghee, Terend J. (1991) **Water Supply and Sewerage**, 6th ed.  
 AWWA (1989) **Distribution Network Analysis for Water Utilities(M32)**, AWWA.  
 Kawamura, S. (1997) **Integrated Design of Water Treatment Facilities**, pp. 12-49, McGraw Hill Publishing Co.  
 Kvalseth, T,O (1997) **Cautionary Note about** , pp. 279-285, **The American statistician**.

#### 감사의 글

이 논문은 2006학년도 단국대학교 대학연구비 지원으로 연구되었음.