

우리나라 상수도시설의 첨두부하 영향요소 분석

Analysis of the Affecting Factors to the Peak Factor in Water Supply Facilities

현인환* · 이제인

Hyun, In-hwan* · Lee, Che-in

단국대학교 토목환경공학과

(2003년 10월 17일 접수: 2004년 1월 26일 최종수정논문 채택)

Abstract

This study is to analyze the affecting factors to the peak factor in the drinking water supply facilities. The peak factor is a very important element to determine the capacity of the water supply facilities.

Several factors such as Population served, average day water demand, ratio of domestic water use, ratio of affairs & business water use and water use per capita per day were selected as the affecting factors in this study. In this study, peak factor characteristics for Korean facilities were compared with those for Japanese ones.

As a result, non-exceedance probability was suggested as the designing method for the peak factor. Also, the 50% non-exceedance probability values and the 90% values based on the 1998-1999 data were suggested in this study.

Key words: peak factor, water use

주제어: 첨두부하, 상수사용량

1. 서론

상수도의 시설용량의 기준이 되는 것은 일최대급수량이다. 수도시설의 설계에서 일최대급수량은 해당 지역의 장래 일평균급수량과 그 때의 첨두부하를 곱한 값으로 결정된다. 그러나, 첨두부하에 관한 한 아직까지 우리나라의 경우 신뢰성 있는 자료가 축적되

어 있지 못한 경우가 많다. 이러한 이유로 대부분의 수도시설설계에서는 도시의 인구규모의 정도에 따라서 일정한 값을 관행적으로 사용하고 있는 실정이다. 일최대부하율 또는 첨두부하는 수도시설의 규모를 결정하는데 일평균급수량의 산정과 같은 정도의 영향을 주는 인자로서, 합리적인 시설규모의 결정을 위해서는 이 값의 산정에 신뢰성을 기해야 하며 이 값에 영

*Corresponding author Tel: +82-2-709-2554, Fax: +82-2-794-9377, E-mail: iihyun@dankook.ac.kr (Hyun, I.H.)

향을 미치는 요소를 파악하여 이를 세밀히 분석할 필요가 있다. 이것은 향후 합리적인 수도시설의 설계에서 중요한 기초 단계라고 할 수 있다. 본 연구에서는 우리나라의 상수도시설 일최대부하율 산정방법에 영향을 미치는 요소들을 선정하고, 이들의 영향관계를 실제 조사자료를 중심으로 분석하였다.

2. 연구배경 및 내용

2.1. 일최대부하율의 정의와 국내외 산정기준

일최대부하 또는 부하율과 관련하여 우리나라의 상수도시설기준(환경부, 1997)에서는 부하율 또는 첨두부하라는 용어에 대한 공식적인 정의는 하지 않고 있으며, 다만 '일평균급수량은 일최대급수량의 70~85%를 표준으로 한다'고만 설명하고 있다. 일반적으로 우리나라에서는 각종 설계시에 첨두부하를 도시의 규모에 따라 대도시, 중도시, 소도시별로 다르게 적용하고 있다.

일본의 경우, 수도시설설계지침(日本水道協會, 2000)에서는 부하율(일평균급수량 일최대급수량 100%)을 정의하고 있으며, 부하율은 일반적으로 소규모의 도시일수록 낮고, 도시의 규모가 클수록 높아지며, 도시의 성격, 기상조건 등에 따라 좌우된다고 밝히고 있었다. 다만, 계획부하율의 설정에 있어서는 장기적 경향을 파악하기 위하여 과거의 실적치나 같은 급수인구규모별 부하율, 또는 다른 유사도시와 비교하여 기상에 의한 변동조건을 충분히 고려해서 결정해야 한다고 하고 있다.

미국수도협회 메뉴얼(AWWA M32, 1989)에서는 첨두부하(peaking coefficients: 일최대급수량 일평균급수량)라는 용어로 사용하고 있었으며, 자료의 기록년수가 적은 경우에는 통상 최근 2년 또는 3년 동안의 첨두부하 중에서 가장 큰 값을 장래의 첨두부하로 채택하도록 제안하고 있었다. 미국에서의 첨두부하는 특별한 영향요소를 고려하기보다는 해당지역의 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 국내외 문헌들을 살펴보면

영향요소에 대한 분석없이 단일한 값을 제시하는 경우 있으나 반드시 해당지역의 실제자료를 이용하여 구하도록 기술하고 있다(Kawamura, 1997; McGhee, 1991). 검토한 문헌의 대부분은 첨두부하의 영향요소로서 도시의 규모나 특성에 연관성이 있다는 정도만 밝히고 있다. 구체적으로는 급수인구나 급수량 등의 급수규모의 영향이 있을 수 있다는 정도이며 이러한 영향요소에 대한 첨두부하의 구체적인 산정방법에 대해서는 제시하지 않고 있다. 본 연구에서는 이러한 영향요소가 실제로 영향을 미치고 있는지와 이의 영향요소가 있는지를 수집된 자료의 범위내에서 밝히고자 한다.

2.2. 첨두부하 영향요소의 선정

국내외의 문헌에서 첨두부하의 영향요소로서 공통적으로 지적되고 있는 것은 도시규모에 따른 급수인구나 평균급수량이다. 일최대급수량과 일평균급수량의 비로 나타내는 첨두부하의 크기는 도시의 특성이나 기후 등에 따라 다르나 보통 배수구역이 클수록, 급수인구가 클수록 평균급수량에 대한 최대급수량의 비는 작은 것으로 알려지고 있다. 따라서, 일반적으로 대도시나 공업도시에서는 첨두부하가 작고, 주택단지나 농촌과 같이 물사용 형태가 비슷한 지역에서는 큰 수치를 나타낸다. 이들은 첨두부하는 도시의 크기, 급수량의 크기 등과 상관관계가 있는 것으로 알려져 있지만, 경향이나 적용방법 등에 관해서 구체적으로 제시하고 있지 못한 실정이다(현인환, 2000). 첨두부하와 관련한 영향요소는 대표적으로 국내외 문헌에서 제시되고 있는 주요한 영향요소를 열거하면 다음과 같다.

급수 규모: 급수인구, 일평균급수량 등

물사용 패턴: 가정용수사용비율, 영업업무용수사용비율, 1인1일당 평균사용량 등

기후: 기온, 기상 등

기타: 대규모 단수, 물값 등

이러한 첨두부하의 영향요소들을 분석하여 확실한 상관관계를 밝혀 낼 수 있다면, 보다 합리적으로 첨두부하를 결정할 수 있다고 판단된다. 그러나, 이들 요소에 관한 국내의 자료의 기록은 그렇게 많지 않거

나, 자료가 있는 경우에도 그 신뢰성에 대한 검증이 필요한 실정이다.

2.3. 분석방법

우리나라의 경우 2000년 이전에는 첨두부하를 산출할 수 있는 구체적인 자료를 통계적으로 산출하지 않고 있다. 다만, 2001년도 상수도통계에서는 처음으로 정수장 일최대생산량을 수록하고 있다. 다만, 이들 자료에서도 정수장의 공급지역과 개별 급수단위와 일치하지 않는 경우가 있어 별도의 분석이 필요한 것으로 판단된다.

본 연구에서는 각 지자체와 광역상수도 시설에 대해서 직접 조사를 실시하여 급수단위별 1998년과 1999년 전국의 첨두부하자료를 수집하여 이를 바탕으로 분석을 실시하였다. 분석은 자료수의 한정으로 인해 1998년과 1999년을 통합 분석하였다. 또한, 2001년의 상수도 통계의 정수장 일최대급수량 자료도 급수단위와 일치되는 자료는 활용하여 비교 검토를 실시하였다. 1998년과 1999년의 분석자료는 본 연구를 위해 우리나라의 전국단위의 급수시설을 직접 조사한 자료로서, 자료의 수집과정에서 해당 자료의 신뢰성에 대한 기초적 검증을 실시하였다. 본 연구에서는 그 특성을 비교하기 위하여 우리나라 상수도통계에 수록된 2001년 자료와, 일본 수도통계 1997년과 2000년의 자료도 함께 분석하였다.

일최대자료는 1년간의 급수 또는 생산량 자료 중 최대치이므로 각 급수단위나 정수장의 유량계의 상태, 자료의 축적상황, 답변자의 자세, 적용기준 등에 따라 크게 달라질 수 있다. 그러나, 본 연구에서는 조사의 한계성으로 인하여 이러한 영향을 합리적으로 판단할 수 없어서 외형상 크게 이상이 없는 모든 자료를 검토대상에 포함하였다. 첨두부하 영향요소로는 기존의 설계에서 고려되고 있는 첨두부하의 영향요소인 급수지역의 규모인 급수인구와 평균급수량 외에 1인당 물사용량, 용수사용비율, 기온, 수도요금 등의 영향요소의 상관성을 분석하였다.

본 연구에서는 각 영향인자의 상관정도를 분석하기 위하여 비선형함수와 선형함수를 포함한 회귀분석을 실시하였다. 회귀분석은 각 영향요소에 대한 단순회귀분석으로 상관성을 판단하였다. 일반적으로 상관성분석에서는 다중회귀분석기법도 이용되나, 본 연구

Table 1. 결정계수의 해석

결정계수 R ²	상관성 해석
0.81~1.00	상관이 아주 높다
0.49~0.81	상관이 높다
0.16~0.49	확실한 상관이 있다
0.04~0.16	얕은 상관이 있다
0.00~0.04	상관이 거의 없다

에서는 추후 적용의 간편성을 위해 첨두부하에 영향을 주는 영향인자를 찾기 위하여 단순회귀분석을 이용하였다. 분석후의 상관성 판단여부는 결정계수 R²값을 이용하여 판단하였다. 결정계수 R²의 해석은 Table 1을 참고하였다(원태연, 2001). 회귀분석은 전체자료에 대해서 분석한 후, 규모별 평균값에 대해서도 분석하였다. 상관성의 판단은 전체자료를 이용한 경우에만 적용하였다. 규모별 평균값을 사용하여 상관성을 분석하는 경우, 수치상의 상관성은 좋아지나, 규모별로 분산되어 있는 특성이 나타나지 않기 때문에 실제로는 적용할 수 없다. 따라서 본 연구에서는 상관성 분석을 전체자료에 대한 분석을 기준으로 하였으며, 규모별 평균값에 대한 상관분석은 참고적으로 이용하였다.

3. 분석결과

3.1. 급수규모에 따른 특성

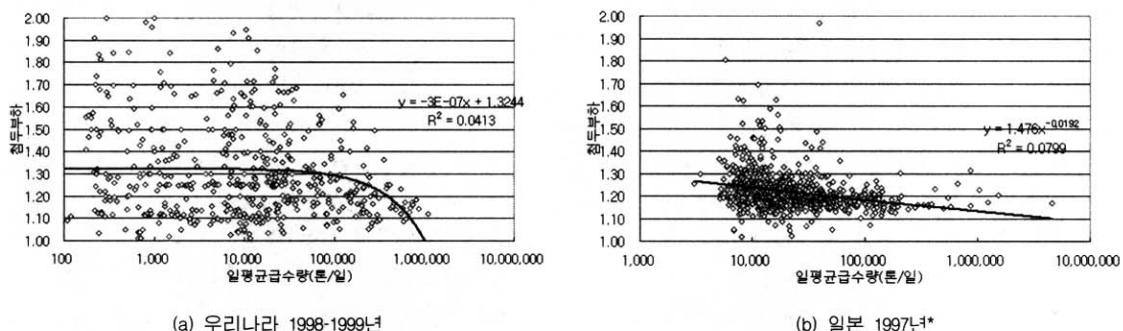
3.1.1. 일평균급수량에 따른 특성

우리나라의 급수지역별 연간일평균급수량을 첨두부하의 상관성에 대한 분석결과를 Table 2에 나타내었다. 표에서 보듯이 1998-1999년도 자료의 경우에는 R²값이 0.041로 얕은 상관성이 확인되었지만, 2001년 상수도통계에서는 0.003으로서 특별한 상관성이 확인되지 않았다. 다만 Fig. 2에서와 같이 규모별 평균값을 산출한 후 회귀분석을 실시한 결과에서는 R²값이 1998-1999년 자료에 대해서는 0.828로서 아주 높은 상관성이 있었으며, 2001년 상수도통계 자료에 대해서는 0.588로서 높은 상관성을 나타내었다. 즉, 1998-1999년도 자료의 경우, 규모별 평균값에 대해서는 일평균급수량이 증가할수록 첨두부하가 감소하는 경향이 있는 것으로 나타났다. 비슷한 규모를 갖는 도시 자료의 평균값을 이용하는 경우에는 평균급수량과 첨

Table 2. 평균급수량에 대한 첨두부하 분석결과

구분	분석자료	최적 회귀식	결정계수 R ²	상관성 판단
우리나라	1998-1999년	전체자료	선형함수	알음(-상관)
	조사자료	규모별 평균	선형함수	아주 높음(-상관)
	2001년 상수도통계	전체자료	로그함수	없음
		규모별 평균	로그함수	높음(-상관)
일본*	1997년 수도통계	전체자료	거듭제곱	알음(-상관)
		규모별 평균	로그함수	높음(-상관)
	2000년 수도통계	전체자료	거듭제곱	알음(-상관)
		규모별 평균	로그함수	높음(-상관)

* 3,000톤/일은 전체자료 분석에서 제외됨.

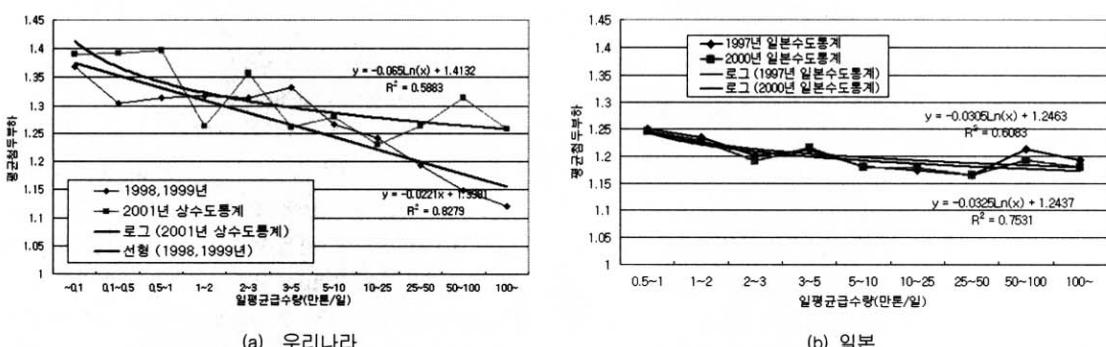


(a) 우리나라 1998-1999년*

* 평균급수량 5,000톤/일 이하는 전체자료 분석에서 제외

(b) 일본 1997년*

Fig. 1. 평균급수량 규모에 따른 첨두부하와 회귀분석(X축은 로그축)



(a) 우리나라

(b) 일본

Fig. 2. 년간일평균급수량 규모에 따른 첨두부하 평균값에 대한 회귀분석

두부하는 상관성을 갖지만, 개개의 도시에 대해서는 그 특성이 너무 다양하기 때문에 전체자료를 이용하여 첨두부하를 예측할 수 없는 것으로 판단된다.

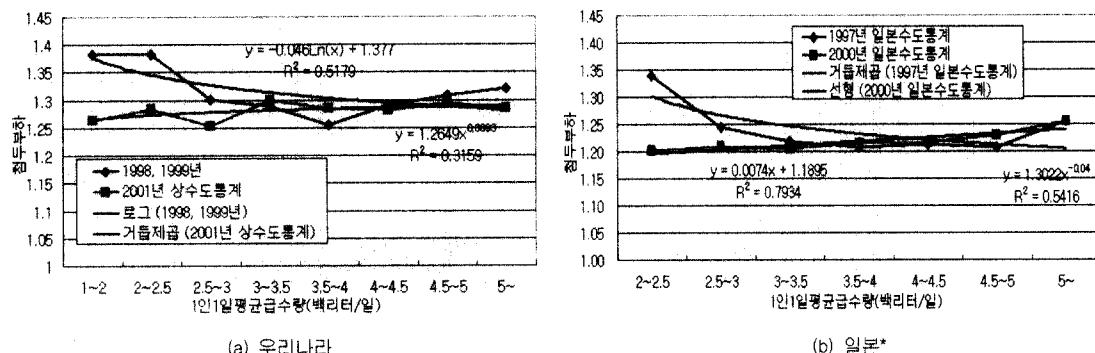
일본의 경우에도 우리나라와 비슷한 결과를 보였으나, 도시규모별 평균값을 이용한 분석에서는 우리

나라보다 상관성이 더욱 크게 나타났다. 다만, 우리나라의 1998-1999년의 평균값을 이용한 경우가 2001년도의 상수도통계를 이용한 경우보다 R²값이 크게 나타난 것은 1998-1999년도의 자료는 본 연구과정에서 각 지자체에서 제출된 자료를 세부 분석한 후, 신

Table 3. 1인 1일당 평균급수량에 대한 첨두부하 분석결과

구분	분석자료	최적 회귀식	결정계수 R ²	상관성 판단
우리나라	1998-1999년	전체자료	거듭제곱	없음
	조사자료	규모별 평균	로그함수	있음(-상관)
	2001년 상수도통계	전체자료	거듭제곱	없음
		규모별 평균	거듭제곱	있음(+ 상관)
일본	1997년 수도통계	전체자료	선형함수	없음
		규모별 평균	거듭제곱	높음(-상관)
	2000년 수도통계	전체자료	지수함수	없음
		규모별 평균	선형함수	높음(+ 상관)

* 자료수가 적어 1인1일평균급수량 100~200리터/일는 분석에서 제외



* 1인 1일평균급수량 100~200리터/일 자료수가 적어 분석에서 제외

Fig. 3. 1인 1일평균 급수량 규모에 따른 첨두부하 평균값과 회귀분석

뢰성이 의심되는 경우에는 검증과 보정절차를 거쳤던 것도 어느 정도 영향을 끼쳤을 것으로 판단된다. 참고로 일본의 경우에는 수도통계에 평균급수량 3,000 톤/일 이하의 개별자료는 제시하지 않고 규모별 평균값만 제시하여 전체자료 분석에서는 이 부분이 제외되었다.

3.1.2. 1일 1일당 평균급수량에 따른 특성

1인 1일당 평균급수량에 따른 특성을 분석하기 위해 1인 1일당 평균급수량 규모에 따른 첨두부하의 상관성을 분석하여 Table 3에 나타내었다. 1998-1999년의 자료를 통한 분석의 경우 전체자료에 대한 결정계수 R²값이 1998-1999년 자료는 0.009, 2001년 상수도통계의 자료를 이용한 분석에서는 0.000으로 나타나 상관성이 없는 것으로 평가되었다. 다만 규모별 평균값을 이용하여 회귀분석을 한 결과, R²값이 1998-1999년의 자료에서는 0.426, 2001년은 0.319로 확실한

상관이 있는 것으로 나타났지만, 분석자료의 회귀분석의 경향이 1998-1999년의 조사자료는 (-)상관을 타나내고 있으나, 2001년 상수도통계자료를 이용한 해석에서는 (+)상관성을 나타내고 있다. 따라서, 규모별 평균값을 이용하는 경우에도 평균급수량과 첨두부하의 사이에는 상관성을 인정하기 어렵다. 따라서 우리나라의 1인 1일당 평균급수량과 첨두부하와는 특별한 상관특성을 갖지는 않는 것으로 판단하였다.

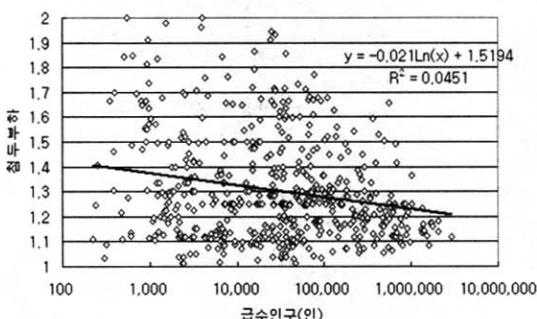
일본의 경우에도 우리나라와 유사한 분석결과를 나타났다. Table 3을 살펴보면, 전체자료에 대한 회귀분석의 결과 결정계수 R²값이 낮아 회귀함수식으로 나타낼 수는 없다. Fig. 2에 나타내었듯이 규모별 평균값에 대해서는 R²값이 1997년은 0.542와 2000년은 0.793으로 상관성이 높은 것으로 나타났지만, 우리나라와 마찬가지로 두 회귀함수의 경향이 서로 반대로 나타났다. 따라서, 일본의 경우에도 우리나라와 같이 1인1일평균급수량에 대한 첨두부하의 상관성이 있

Table 4. 급수인구에 대한 첨두부하의 분석결과

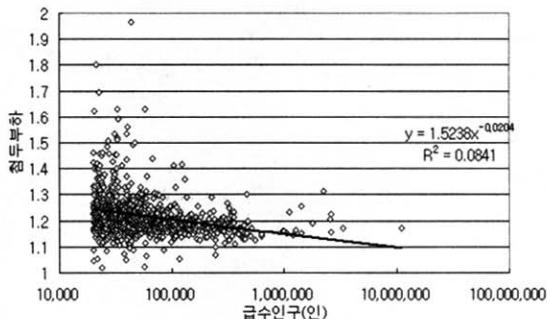
구분	분석자료	최적 회귀식	결정계수 R ²	상관성 판단
우리나라	1998-1999년 조사자료	전체자료 규모별 평균	로그함수 로그함수	알음(-상관) 아주 높음(-상관)
	2001년 상수도통계	전체자료	로그함수	없음
		규모별 평균	로그함수	높음(-상관)
일본	1997년 수도통계	전체자료 규모별 평균	거듭제곱 거듭제곱	알음(-상관) 아주 높음(-상관)
	2000년 수도통계	전체자료	거듭제곱	알음(-상관)
		규모별 평균	거듭제곱	아주 높음(-상관)

* 급수인구규모 30~50만은 자료수가 적어 분석에서 제외

* 급수인구규모 20000 이하는 전체자료 분석에서 제외



(a) 우리나라 1998-1999년



(b) 일본 1997년*

Fig. 4. 급수인구 규모에 따른 첨두부하와 회귀분석(X축은 로그축)

다고 판단할 수 없었다.

3.1.3. 급수인구규모에 따른 특성

일반적으로 우리나라의 상수도시설 설계시 적용하는 첨두부하는 도시의 규모에 따라 적용하고 있다. 이러한 경우 도시의 규모는 급수인구의 크기로 결정하고 있다. 우리나라의 급수인구별 평균 첨두부하 분석을 Table 4에 나타내었다. 분석결과 전체자료에 대한 회귀분석에서는 1998년, 1999년 자료에 대한 결정 계수 R^2 값이 0.045로서 약한 상관관계가 있는 것으로 나타났다. 하지만, 2001년 상수도통계 분석에서는 R^2 값이 0.021으로서 회귀함수로서 나타낼 수 없다. Fig. 5에서 알 수 있듯이 급수인구 규모에 따른 첨두부하의 평균값에 대한 회귀분석에서는 1998년, 1999년 자료와 2001년 상수도통계 모두 R^2 값이 0.691과 0.587로 높은 상관관계를 나타내었다. 1998, 1999년의 조사자

료에 대해서는 급수인구에 따라 첨두부하가 감소하는
상관특성이 존재한다고 판단하였다.

일본의 경우에는 우리나라와 비슷한 결과이나 상관성은 높은 것으로 분석되었다. 또한 급수인구 규모별 평균값을 이용하는 분석에서는 우리나라보다 상관성이 더욱 크게 나타났다.

또한 우리나라의 경우, 1998-1999년의 평균값을 이용한 경우가 2001년도의 상수도통계의 자료를 이용한 경우보다 R^2 값이 크게 나타난 것은 1998-1999년도의 자료는 본 연구과정에서 각 지자체에서 제출된 자료를 세부 분석한 후, 신뢰성이 의심되는 경우에는 검증과 보정절차를 거쳤던 것도 어느 정도 영향을 끼쳤을 것으로 판단된다.

3.2 사용율도 비율에 따른 투석분석

3.2.1. 가정용수 사용비율에 따른 특성

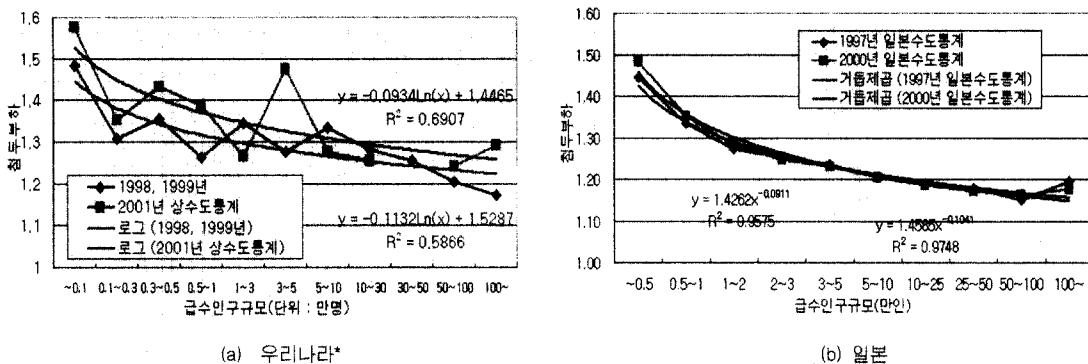


Fig. 5. 급수인구 규모에 따른 첨두부하 평균값과 회귀분석

Table 5. 용수사용비율(%)에 대한 첨두부하의 분석결과

구분	분석자료	최적 회귀식	결정계수 R ²	상관성 판단
가정용수	1998-1999년 조사자료	전체자료	로그함수	0.009 없음
사용비율	2001년 상수도통계	규모별 평균	로그함수	높음(-상관)
		전체자료	선형함수	알음(+ 상관)
		규모별 평균	지수함수	0.808 아주 높음(+ 상관)
영업업무	1998-1999년 조사자료	전체자료	거듭제곱	0.002 없음
용수사용	2001년 상수도통계	규모별 평균	지수함수	0.163 있음(-상관)
비율		전체자료	거듭제곱	0.023 없음
		규모별 평균	지수함수	0.320 있음(-상관)

가정용수사용비율에 대한 첨두부하의 상관성 분석 결과 Table 5에서 알 수 있듯이 1998-1999년의 전체 자료에 대한 회귀분석의 R²값은 0.009로서 상관성이 없는 것으로 판단되나, 규모별 평균값 자료를 이용한 경우에는 확실한 상관성이 있는 것으로 판단 되었다. 2001년의 상수도통계자료를 이용한 분석에서는 R²값이 0.04로 약한 상관성을 나타나는 것으로 분석되었으며, 규모별 평균에 대한 분석에서도 R²값이 0.808로서 2001년의 상수도통계 자료를 이용한 경우에는 가정용수 사용비율이 증가할수록 첨두부하가 커지는 상관특성이 존재한다고 판단하였다.

3.2.2. 영업업무용수 사용비율에 따른 특성

영업업무용수 사용비율이 첨두부하와 갖는 상관성을 분석하였다. 회귀분석 결과 전체자료에 대한 결정계수 R²값이 1998-1999년 조사자료에서는 0.002, 2001년 상수도 통계의 경우 0.023로 거의 상관성이 없는 것으로 판단하였다. 다만, 평균값에 대한 회귀

분석의 적용에서는 R²값이 1998-1999년 조사자료에서는 0.032, 2001년 상수도 통계의 경우 0.32로 약한 상관성을 나타내고 있다. 영업업무용수의 사용비율에 따른 첨두부하의 상관특성이 존재한다고 판단할 수 없었다.

3.3. 기타 영향에 따른 특성분석

본 절에서는 첨두부하의 영향을 미치는 요소를 확대하여 수도요금, 기상조건에 대해서 분석을 실시하였다. 1998, 1999년의 경우에는 관련자료를 충분히 확보하지 못하여 2001년 상수도통계에 대해서만 수도요금, 기상조건 등을 고려한 첨두부하의 상관특성을 분석하였다.

3.3.1. 수도요금에 따른 특성

2001년 상수도통계의 정수장 일최대생산량을 급수 지역별로 고려하여 첨두부하를 산출한 후 대상급수지역의 수도요금과의 상관성을 분석하였다. 분석결과

Table 6. 수도요금(원/톤)과 첨두부하의 상관성 분석결과(2001년 상수도통계)

구분	분석자료	최적 회귀식	결정계수 R ²	상관성 판단
전체 수도요금단가	전체자료	선형함수	0.006	없음
	규모별 평균	선형함수	0.037	얕음(+상관)
가정용수요금단가	전체자료	선형함수	0.003	없음
	규모별 평균	거듭제곱	0.005	없음(+상관)
업무영업용수요금 단가	전체자료	선형함수	0.027	없음
	규모별 평균	선형함수	0.127	얕음(+상관)

Table 7. 기온과 첨두부하의 상관성 분석결과(2001년 상수도통계)

구분	분석자료	최적 회귀식	결정계수 R ²	상관성 판단
년중최고기온	전체자료	로그함수	0.003	없음
	규모별 평균	로그함수	0.116	얕음(+상관)
년중최고기온/ 년간평균기온	전체자료	선형함수	0.038	얕음(+상관)
	규모별 평균	지수함수	0.504	높음(+상관)

Table 6에서와 같이 전체수도요금과 가정용수요금의 분석에서는 첨두부하와의 의미있는 상관성을 나타내는 값이 없는 것으로 조사되었다. 영업업무용수의 요금단가의 분석에서는 전체자료에 대한 회귀분석에서 0.027의 R²값을 나타내어 거의 없는 것으로 나타났다. 다만 평균값이 커지는 경향이 나타났지만 회귀분석에서 R²값이 0.127로 약한 상관을 나타내었다. 따라서 수도요금과 첨두부하와의 상관특성은 없는 것으로 판단하였다.

3.3.2. 기상특성에 따른 특성

기온이나 기상 자료는 첨두부하가 발생하는 당일의 자료가 필요하나, 기준 통계자료를 가지고는 분석 할 수가 없었다. 다만, 그해의 년중최고기온과 년중최고기온과 년간평균기온의 비를 조사하여 이의 상관성을 분석하는 것으로 하였다. 2001년의 상수도통계에서의 일최대급수량을 급수단위별로 조정하여 첨두부하를 산정한 후 각 급수지역의 2001년도 년중최고기온과의 상관특성을 분석하였다. Table 7에서의 분석결과와 같이 년중최고기온과 첨두부하와의 의미있는 상관성을 나타내는 값이 없는 것으로 조사되었다. 회귀분석의 결과에서도 매우 낮은 상관특성을 나타내었다. 따라서 기상특성에서 년중최고기온과 물사용의 첨두부하의 상관특성은 없는 것으로 판단되었다.

년간최고기온을 평균기온으로 나눈 값에 대해서의

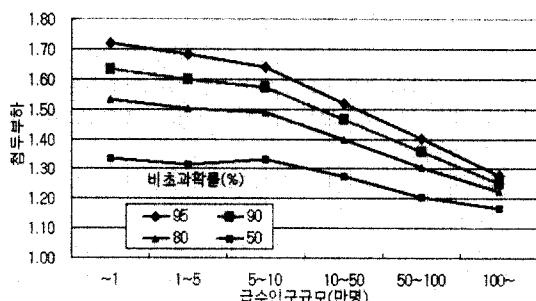
분석결과에서는 전체자료에서 결정계수 R²값이 0.038로 약한 상관특성이 존재하는 값에 근접하였고, 규모별 평균값에 대한 회귀분석에서는 R²값이 0.504로 상관성이 있는 것으로 분석되었다. 평균기온에 비해 년중최고기온이 클수록 첨두부하가 커지는 상관특성이 있는 것으로 판단하였다.

3.4. 첨두부하의 초과률분석

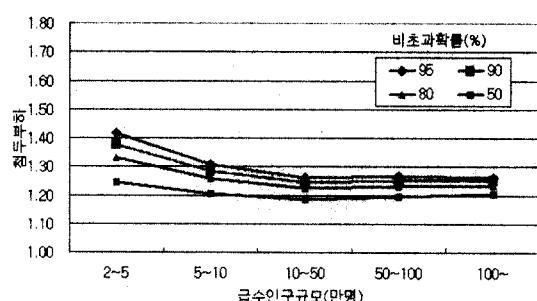
앞에서 살펴본 바와 같이, 대상지역의 크기와 관련된 급수인구와 일평균급수량의 경우는 첨두부하와 상관성이 있음을 확인할 수 있었다. 특히, 규모별 평균값에 대해서는 높은 상관을 나타내었지만, 전체자료에 대한 분석에서는 상관성이 아주 낮게 나타나 이 경향을 그대로 이용하여 설계를 위한 첨두부하를 결정하기는 어렵다고 판단된다. 즉, 이러한 규모별 평균값 자료를 기초로 하여 구성된 함수식 또는 값을 이용하는 경우에는 과소설계 또는 과대설계의 가능성이 대단히 많게 된다. 따라서 상수도를 공급하고 있는 도시의 경우에는 필수적으로 해당도시의 자료를 이용하여 첨두부하를 결정할 필요가 있다. 다만, 신설의 경우에는 해당지역의 자료가 없기 때문에 가능한 유사한 도시특성을 가진 기존 지역의 자료를 이용할 필요가 있다. 만일, 유사한 특성을 가진 도시의 자료를 구할 수 없는 경우에는, 통계값을 이용할 수밖에 없다.

Table 8. 급수인구 규모별 첨두부하의 초과확률

구분	자료	인구규모	초과확률			
			50%	80%	90%	95%
우리나라	1998년, 1999년 조사자료	1만 이하	1.332	1.525	1.625	1.709
		1~5만	1.319	1.489	1.578	1.651
		5~10만	1.263	1.383	1.446	1.498
		10~50만	1.225	1.332	1.388	1.434
		50~100만	1.151	1.816	1.204	1.219
		100만 이상	1.099	1.124	1.137	1.147
일본	1997년 수도통계	2~5만	1.244	1.332	1.378	1.415
		5~10만	1.206	1.257	1.284	1.306
		10~50만	1.185	1.244	1.245	1.262
		50~100만	1.194	1.232	1.252	1.269
		100만 이상	1.206	1.235	1.250	1.263
	2000년 수도통계	2~5만	1.238	1.342	1.396	1.441
		5~10만	1.206	1.287	1.329	1.364
		10~50만	1.181	1.239	1.269	1.293
		50~100만	1.162	1.199	1.218	1.234
		100만 이상	1.177	1.288	1.254	1.276



(a) 우리나라 1998, 1999년 조사자료.



(b) 일본 1997년 수도통계

Fig. 6. 급수인구 전체자료에 대한 초과확률 분석 예

Table 8과 Fig. 6에는 상관성이 확인된 우리나라의 1998-1999년 자료를 기초로 하여 초과확률에 따른 첨두부하를 계산한 결과를 수록하였다. 초과확률이 확률형으로 정규분포형을 적용할 경우, 확률 변수에 대해서 특정값 이상의 값이 생길 확률이 얼마인가를 나타내는 것으로서 본 연구에서는 확률형으로 정규분포형을 적용하였다. 또한, 우리나라의 사례와 함께 상관특성이 있다고 판단된 일본의 1997년과 2000년 자료에 의한 첨두부하의 초과확률을 급수인구규모별로 분석하였다.

우리나라의 경우 초과확률 95% 수준을 고려하면,

100만 이상 도시는 1.28이고 인구규모가 적을수록 첨두부하는 커져, 1만 이하의 도시는 1.72의 분포를 갖는 것으로 나타났다. 평균값을 의미하는 초과확률 50% 수준을 고려하는 경우에는 1.17~1.33의 범위를 나타내고 있다. 따라서, 설계하고자 하는 지역의 상수도공급의 신뢰성 기대치에 따라 초과확률의 범위를 결정하고 이에 따른 첨두부하를 결정할 수 있다고 판단된다. 다만, Fig 6에서 볼 수 있듯이, 초과확률별 첨두부하의 변화경향은 우리나라와 일본의 경우가 각각 조금 다른 경향을 보이고 있다.

본 연구에서 제시된 경향은 주어진 자료에 한정된

것으로서, 향후 장기간동안 신뢰성 있는 자료가 축적되는 경우에 보다 합리적인 제시가 가능할 것으로 판단된다. 또한, 첨두부하에 영향을 줄 수 있는 요소로서 단수의 계절별 발생빈도 등이 검토될 수 있으나, 본 연구에서는 자료취득이 어려워 분석대상에서는 제외하였다. 일본과 우리나라의 첨두부하의 변동경향이 다르게 나타나는 것은 이러한 영향도 있을 것으로 판단되었다.

4. 결론

1. 급수단위의 규모와 관계된 급수인구와 평균급수량과 첨두부하와의 상관성을 분석한 결과, 우리나라의 1998~1999년 조사자료와 일본의 1997년과 2001년 수도통계자료에서는 급수규모가 클수록 첨두부하가 작아진다는 경향을 확인하였다. 또한 평균급수량보다는 급수인구가 첨두부하와의 상관성이 보다 높았다.

2. 우리나라의 경우 1998~1999년 조사자료에서는 가정용수사용비율에 따른 상관성이 없는 것으로 나타났지만, 2001년 자료에서는 가정용수사용비율이 커질수록 첨두부하가 커지는 매우 약한 상관관계가 있는 것으로 분석되었다. 영업업무용수사용 비율과는 명확한 상관성을 판단할 수 없었다.

3. 우리나라의 2001년 상수도통계 자료를 이용하여 수도요금과 첨두부하의 상관성 분석결과, 첨두부하와 수도요금과의 상관성은 없는 것으로 판단하였다. 이 외에 년중최고기온과 첨두부하와의 상관성은 판단할 수 없었으나, 최고온도비(년중최고기온/년간평균기온)와는 약한 상관이 있는 것으로 분석되었다.

4. 본 연구에서는 수집된 자료를 기초로 하여, 우

리나라의 급수인구 규모에 따른 초과학률을 제시하였다. 초과학률 95% 수준을 고려하면, 100만 이상의 도시는 1.28에서 1만이하의 도시는 1.72의 분포를 갖는 것으로 나타났으며, 규모별 평균치를 의미하는 초과학률 50% 수준을 고려하는 경우에는 1.17~1.33의 범위를 나타내고 있다.

감사의 글

본 논문은 2002년도 단국대학교 연구비에 의해 연구되었으며 지원에 감사드립니다.

참고문헌

- 원태연, 정성원 (2001) 통계조사분석, SPSS아카데미, pp. 302-303.
한국수자원공사 (1995~1999) 수도관리연보.
현인환 (2000) 일최대부하율의 확률 분포 특성, 대한상하수도학회 추계학술발표회논문집, pp. 31-34.
환경부 (1995~2001) 상수도 통계.
환경부 (1997) 상수도 시설기준, 한국수도협회, pp. 1-37.
丹保憲仁 (1988) 新體系土木工學 上水道編, 日本土木學會.
日本水道協會 (1997, 2000) 水道統計 施設・業務編, 日本水道協會, pp. 1202-1261.
日本水道協會 (2000) 日本水道施設設計指針·解說, 日本水道協會, pp. 13-51.
Mcghee, Terence 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.