

주택 대변기용 상수에 대한 우수대체 효과에 따른 연구

조 성 우[†]

부산대학교 산업건축학과

The Study on the Effect of Exchanging Water Supply on the Rainwater in Closet of Detached House

Sung-Woo Cho[†]

Department of Architectural Engineering, Pusan National University, Miryang 627-702, Korea

(Received December 26, 2008; revision received February 24, 2009)

ABSTRACT: The purpose of this study is to investigate the effect exchanging water supply on the rainwater in detached house. It is difficult to decide water supply amount for a closet in detached house. Therefore, to obtain water supply for closet in detached house, it used regression equation using 1,569 data of frequency of used closet and during 120 days. In detached house, the frequency of used closet is 14.6 times/day and water supply amount is 219 ℓ/day. The optimum rainwater tank size which is decided by regression equation and using weather data is 8.5 m³. The effect exchanging water supply on the rainwater in detached house is up 50%.

Key words: Water supply(급수량), Frequency of used closet(대변기 사용회수), Regression curve(회귀곡선), Regression equation(회귀방정식)

기 호 설 명

X : 가족수 [인]

Y : 사용회수 [회/day]

U : 우수이용률

1. 연구의 목적과 방법

1.1 연구의 목적

우리나라의 빗물활용은 대지면적 2,000 m² 이상, 연면적 3,000 m² 이상의 건축물에 빗물 저류조를 건축일반심의 규정으로 두고 있다. 이와 같이 대형 건축물의 경우는 심의규정에 의하여 빗물 저

류조를 설치하여 저류된 빗물을 대변기용이나 조경용으로 활용하도록 권장을 하고 있다.

그러나 단독주택에서는 대부분의 경우에 대변기의 세정용수로 상수를 사용하고 있어서 강우의 활용도가 매우 낮은 상황이므로 단독주택의 대변기 세정용수를 상수에서 강우수로 대체 사용하는 것이 수자원 절감면에서 큰 효과를 기대할 수 있을 것으로 판단한다. 우리나라의 전체 건축물 가운데 주택이 차지하는 비율이 31.9%인 3,984,954 가구에 해당됨으로써 우수의 활용을 통한 상수의 많은 양을 절약할 수 있을 것으로 기대할 수 있다.

주택의 경우, 가족 구성원 수 등에 따른 대변기 사용회수의 차이로 인하여 대변기용 세정수량을 산정하는데 어려움이 있다.

본 연구에서는 우수의 활용도를 높이기 위해서는 상세한 용도별 사용수량의 파악이 중요하다고

[†] Corresponding author

Tel.: +82-51-403-3019; fax: +82-51-403-3019

E-mail address: c_sungwoo@hotmail.com

판단하였다. 그 일환으로 급수량의 높은 비율을 차지하고 있는 화장실용 대변기를 선정하여 가족 구성원의 사용회수를 설문조사를 통하여 데이터를 수집하고, 이를 이용하여 회귀식을 통한 추정식을 구하여 급수량을 산정하고자 한다.

또한, 급수량과 기상조건 가운데 강우일수를 감안하여 적정 우수 탱크 용량을 결정하고, 이를 근거로 기존 대변기 세정용으로 사용되고 있는 상수를 우수로 대체하였을 때의 효과를 조사하고자 하는데 연구의 목적을 두고 있다.

1.2 연구방법

화장실 대변기의 사용회수는 부산의 P 대학, 경남의 C 대학의 건축학부에 재학중인 학생들을 대상으로 단독주택에 거주하고 있는 학생들을 선별하여 설문조사를 실시하였다. 설문 내용은 전체 가족 구성원의 수와 성비(性比) 및 대변기 1일 사용회수로 하였다. 가족구성별 설문지의 회수현황은 Table 1과 같다.

조사대상 기간은 3차로 나누어 조사하였고, 1차 조사기간은 2007년 3월 21일~4월 20일, 2차 조사기간은 2008년 3월 17일~4월 16일, 3차 조사기간은 2008년 9월 1일~10월 31일까지로 총 120일간 조사하였고, 설문지는 총 1,569매를 회수하였다.

주택용으로 제작된 대변기의 1회 급수 사용량은 15ℓ로 하였으며, 세정수량의 산정에 대한 회귀식은 가족 구성원의 수에 따라 구하고자 한다.

설문 조사 내용을 근거로 SPSS 통계프로그램을 이용하여 회귀식을 구하였으며, 이를 일반 주택의 배수기준 가운데 대변기의 배수비율을 조사하여 이 값을 회귀식으로부터 구한 세정수량과 비교하여 회귀식의 타당성을 검증하고자 한다.

Table 1 Family constituent members and sampling numbers

Family constituent members	Sampling number
2	128
3	193
4	758
5	398
6	93
계	1,569

대변기 사용회수에 따른 회귀식으로 세정수의 용량을 산정하고 이것을 기상데이터를 이용한 강우일수와 비교하여 우수저장탱크의 적정용량을 선정하여 우수의 상수대체 효과에 대하여 판단하고자 한다.

2. 대변기 사용회수의 추정 및 세정수량 산정

2.1 대변기 사용회수

가족구성원의 수가 2인, 3인, 4인, 5인과 6인으로 구성된 가족의 전체사용회수를 조사하였고, 이에 대하여 각각 가족 구성원의 인원수별에 대한 대변기 사용빈도 수는 Fig. 1과 같다.

대변기 사용빈도 수를 살펴보면, 10~15회/day의 범위가 전체의 56.3%를 차지하는 것으로 조사되었다. 가족수에 관계없이 평균 사용회수는 13.0 회/day로 나타났다. 표준편차는 4.95이다.

대변기 사용회수를 이용하여 세정수량을 산정하기 위한 회귀식은 식(1)과 같이 나타났으며, 이에 대한 유의성 분석은 Table 2 및 Table 3과 같다.

$$Y = 3.431X - 0.846 \quad (1)$$

여기서, Y = 사용회수(회/day), X = 가족수(인)

식(1)에 나타난 회귀모형에 대한 유의성을 판단을 위해서는 상수 값은 유의수준이 0.036이므로

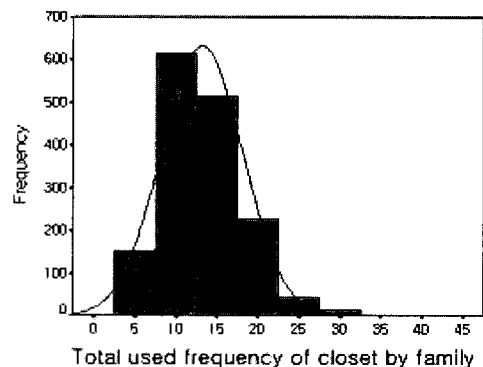


Fig. 1 The used frequency of water closet on family constituent members.

Table 2 Summary of model

R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the estimate
.670	.448	.448	3.68

이는 0.05보다 낮으므로 유의하다고 할 수 있고, 가족수 X에 대한 계수항은 3.431로 유의수준은 0.00으로 유의하다고 할 수 있다.

가족수와 사용회수와와의 상관계수는 0.670로 높게 나타난 것을 알 수 있으며, R²의 값은 일반적인 경우 결정계수는 0.4이상만 되면 통계적으로 유의하다고 볼 수 있으나, 현실적인 분석에선 대략 0.5~0.6정도를 유의한 것으로 판단할 수 있으므로, 본 논문에서의 결정계수 0.448로 설명력을 갖추고 있다고 할 수 있다.

설문조사에서 얻은 각 가족구성원별 대변기 사용 평균회수와 식(1)에서 얻은 추정식의 값을 비교한 결과는 Fig. 2와 같다.

가족구성원이 작은 경우에는 추정식과 설문조사 결과의 차이가 작게 나타난 것을 볼 수 있으나, 가족구성원 큰 경우에는 그 차이가 약간 크다는 것을 볼 수 있다. 이는 가족구성원의 생활 패턴과 관계가 되는 것으로 추정된다.

2.2 세정수량 산정

주택의 경우, 대변기 1일 사용회수나 1일 세정수량에 대한 데이터는 찾아보기가 어려우므로, 배수량 가운데 대변기 세정수가 차지하는 비율을 근거로 1일 사용량을 추정하였고, 이를 제 2.1절에서 구한 추정식과 비교하였다.

가족구성원별 대변기 1일 평균 사용 세정수량과 추정식에 의한 세정수량은 Fig. 3과 같다.

설문조사에 의한 평균 세정수량은 181.5 ℓ이고,

Table 3 Coefficients of regression equation

	Unstandardized Coefficients		Correlation	Sig. level
	B	Std. Error		
Constant	-0.846	.404	-	.036
Family constituent members	3.431	.096	.670	.000

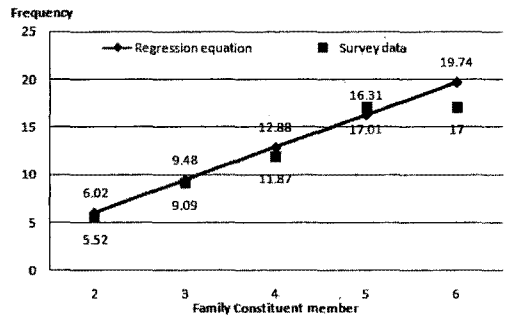


Fig. 2 Comparison between regression results and survey data.

추정식에 의한 평균 세정수량은 193.3 ℓ로 나타났다. 추정식에 의한 세정수량은 2인 가족의 경우 90.3 ℓ, 3인 가족의 경우 142.2 ℓ, 4인 가족의 경우 193.2 ℓ이고, 5인파 6인 가족의 경우에는 각각 244.7 ℓ와 296.1 ℓ로 나타났다.

일반 주택에서의 1인 평균 세정수량은 160~200 ℓ/day이며, 건물 배수 가운데 대변기 세정수가 차지하는 비율은 30~40%라는 보고가 있다.

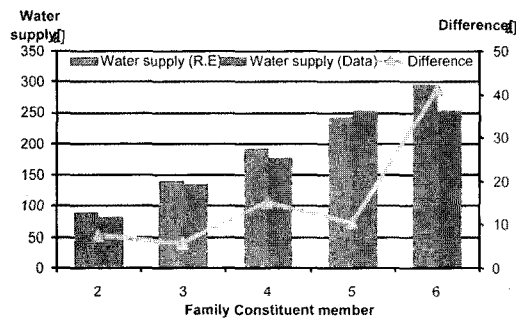


Fig. 3 Water supply by survey data and regression equation.

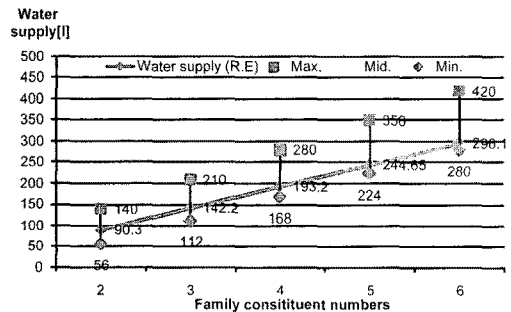


Fig. 4 Prediction of water supply in water closet.

배수 비율을 근거로 계산한 세정수량과 추정식에서 구한 세정수량과의 비교는 Fig. 4와 같다.

일반 주택의 1일 세정수량을 3종류 즉, 최대 200 ℓ, 평균 180 ℓ, 최소 160 ℓ를 기준으로 하였고, 배수 비율은 평균값인 0.35를 기준으로 계산하여 추정식과 비교하였다.

배수 비율을 기준으로 구한 평균 값을 살펴보면, 2인 가족의 경우에는 60 ℓ로 추정식과의 차이가 27.3 ℓ이고, 6인 가족의 경우에는 18.9 ℓ로 조금 크게 나타난 반면, 4인과 5인 가족의 경우에는 그 차이가 각각 4.2 ℓ와 7.3 ℓ로 작게 나타났다. 이는 사용회수를 기준으로 1회 미만으로 나타났다.

본 연구에서는 4인과 5인 가족을 기준으로 평균 값인 219 ℓ를 1일 대변기 세정수량으로 하고, 사용회수로는 14.6회/day로 하였다.

3. 기상데이터 분석

제 2장에서 구한 세정수량과 사용회수를 대상으로 대변기 세정용 우수탱크의 적정크기를 산정하기 위해서는 대상 지역의 강수량 및 강수일수를 조사할 필요가 있다. 강수일수는 비나 눈이 있는 날의 총 일수로서 하루 강수량이 0.1 mm 이상인 날을 일컫는다. 부산지방의 강수일수와 연간 강수량은 Fig. 5와 같다. 강수량은 2000년부터 2003년의 4년간 평균 강수량은 1708.35 mm로 나타났고, 이 가운데 매년 6월부터 9월까지의 강수량이 전체의 60%를 점하고 있는 것으로 조사되었다.

매년 강수량은 2000년도에는 1,248.5 mm, 2001년도는 1,171.5 mm이고 2002년도와 2003년도는 각각 2,085.3 mm와 2,328.3 mm로 2003년도에 가장 크게 나타났으며, 4년간 평균 강수일수는 103.5일로 나타났으며, 각각의 년도에 대한 강수일수는 2000년도 98일, 2001년도에는 91일이며, 2002년과 2003년도는 각각 106일과 119일로 조사되었다.

우수탱크의 용량산정을 위해서는 강수일수와 대변기의 사용회수 뿐만 아니라 강수가 내리지 않는 기간의 조사도 크게 영향을 미칠 것으로 판단하여, 각각의 년도에 대하여 강수가 내리지 않은 가장 긴 기간 동안의 일수를 파악할 필요가 있으며, 이는 Fig. 6과 같다.

강수가 내리지 않은 4년간 평균 일수는 261.5일이고, 연속적으로 강수가 내리지 않는 최장기간은

2000년도에는 39일(1월 24일~3월 9일)이고, 2001년도에는 13일(3월 4일~3월 16일), 2002년도에는 25일(1월 27일~2월 20일), 2003년도에는 18일(9월 25일~10월 12일)까지 조사되었다.

4. 대변기 세정용 우수탱크의 적정크기 및 상수대체효과와 경제성 평가

4.1 우수탱크의 적정크기 결정과 상수대체효과

주택용 대변기의 세정용 우수탱크의 산정은 사용회수와 강수가 내리지 않는 기간 동안의 우수를 저류시킬 수 있는 용량이 타당하다고 판단되며, 제 2.2절에서 구한 1일 사용회수 14.6회/day와 3장에서 구한 강수가 내리지 않은 최장기간인 39일로 하여 추정하였다. 이를 근거로 구한 우수탱크의 적정크기는 식(2)와 같다.

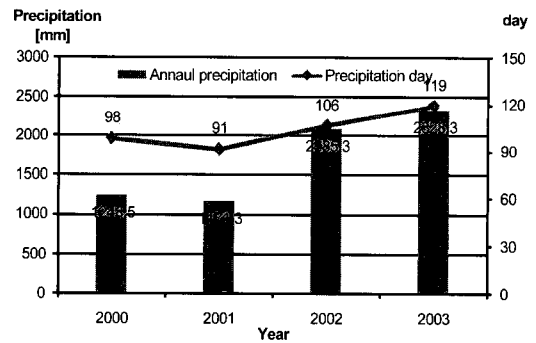


Fig. 5 The precipitation day and annual precipitation in Pusan(2000~2003).

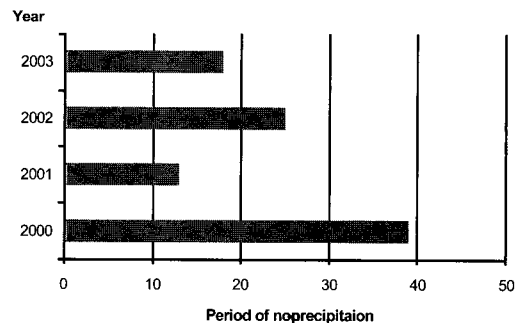


Fig. 6 The period of non-precipitation during 4 years.

우수탱크용량 (2)
 = 1일 급수량 × 비가 내리지 않은 기간
 = 219ℓ/day × 39 day = 8,541ℓ

건축면적 100 m²의 주택이며, 옥상층에서 집수하는 것으로 하였고, 집수면적은 건축면적의 50%인 50 m²로 가정한 경우에 대한 상수대체율에 대한 조사는 Table 4와 같다. 지붕형태는 평지붕으로 한 경우에 대하여 연간 사용일 365일에 대한 우수 대체율을 살펴보고자 한다. 지붕의 유출계수는 0.9로 하였다.

우수이용률은 연간 46.1 m³/년이며, 이에 따른 상수대체율은 57.6%로 나타났다.

4.2 상수대체효과 및 경제성 평가

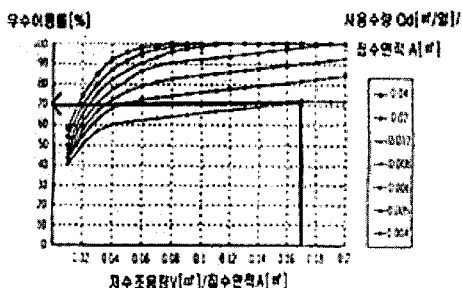
단독주택에서 대변기 세정용 상수를 우수로 대체한 효과를 조사하기 위하여 우리나라 단독주택 가운데 50%인 1,992,477세대에 적용하는 것으로 가정하면, 연간 사용량 1억 5천 9백만 m³ 가운데 우수로 대체되는 양은 9천 1백 7십만 m³에 해당된다.

이를 각각의 단독주택 당 46.0 m³/년의 대변기 세정수의 대체효과를 가지며 2007년 수자원공사에

Table 4 Case study

사용 용도	1일 사용량	집수 면적	연평균강수량 (mm)	유출계수
대변기 세정용	219ℓ	50m ²	1708.35	0.9

- ① 저수조용량/집수면적 = 8.5/50 = 0.17.
- ② 사용수량/집수면적 = 0.219/50 = 0.004.
- ③ 우수 이용률 U = 50 m² × 1708.35 × 10⁻³ × 0.9 × 0.6 = 46.1 m³/year.
- ④ 연간 사용량 = 0.219 × 365 = 79.94 m³.
- ⑤ 상수대체율 = ③/④ = (우수 이용률)/(연간 사용량) = (46.1/79.94) × 100 = 57.6%.



서 제시하고 있는 단가인 213 원/m³를 적용하면, 단독주택에서는 연간 9,789 원으로 절감효과는 미미하다. 그러나 우리나라 전체에서 보면 연간 195 억원의 절감효과를 예측할 수 있다.

또한, 우리나라의 용수 수요 중 생활용수는 2006년의 79억 m³에서 2016년에는 82억 m³으로 매년 3천만 m³씩 증가하는 것으로 전망하고 있다. 그러나 대변기에 사용되는 상수를 대체하여 강우수를 사용함으로써 연간 6천만 m³를 줄일 수 있을 것으로 예측할 수 있다.

5. 결 론

대변기 세정용 우수탱크의 적정용량을 산정하기 위하여 설문조사를 통한 데이터를 이용하여 구한 회귀식 방정식과 이에 따른 1일 사용량 및 급수량에 대한 연구 결과를 요약하면 아래와 같이 정리할 수 있다.

(1) 설문조사를 통한 회귀방정식을 이용한 대변기의 1일 사용회수를 근거로 한 세정수량과 일반 주택의 배수비율을 기준으로한 급수량의 추정에서 약간의 차이를 보이고 있으나, 이는 대변기 1회 사용에 따라 소비되는 세정수량에 미치지 못하므로, 회귀방정식을 이용한 사용회수를 근거로 세정수량을 추정하는 것은 타당성이 있다고 판단된다.

(2) 대변기 세정용 우수탱크의 용량 산정을 할 때, 대상지역의 기상조건 가운데 강수량과 비가 내리지 않은 기간에 대한 조사를 토대로 우수탱크의 용량을 결정하여야 할 것이며, 본 연구에서는 8.5 톤의 우수탱크가 적정하다고 계산되었다.

(3) 본 연구에서 구한 대변기 세정용 우수탱크의 경우, 우수 이용률은 46.1 m³/year로 조사되었고, 이는 대변기 사용 상수의 57.6%의 대체효과를 가져올 것으로 판단된다.

(4) 주택 급수량의 20% 이상을 차지하는 대변기의 경우, 설문조사를 통한 회귀방정식의 도출로 사용회수를 추정하여 이를 토대로 급수량으로 계산하였으나, 보다 나은 데이터의 수집을 위하여 각각의 대변기에 유량계를 설치하여 정확한 데이터를 구할 필요성이 있다고 판단된다.

(5) 향후 우수의 활용은 에너지 절약적인 측면에서도 매우 중요한 요소로서 작용할 것으로 판단되므로, 우수활용을 보다 효과적으로 이용하기

위해서는 각종 기구 및 활용장소에 대한 정확한 급수량 데이터의 수집이 필요하다고 사료된다.

참고문헌

1. <http://www.kosis.kr/>.
2. <http://www.mltm.go.kr/>.
3. <http://www.dcc.co.kr/>, <http://www.kelim.net/>.
4. <http://www.kwater.or.kr/>.
5. Kim B. H., Kim Y. S., Park S. B., An C. H., Lee Y. J., Jung G. B., Cho B. H., Je K. H. and Choi K. R., 1999, The plan manual of architectural equipment, Kimoon dang, Seoul Korea, pp. 44-45 and 174-175.
6. PHCC(Plumbing Heating Cooling Contractor), 2006, National standard plumbing code, pp. 137-140.
7. SAREK, Fundamental of SAREK, 2004, Vol. 4, chapter 1.
8. Ohnishi M., 1999, Environmental symbiosis, Gakugei publish, pp. 200-203.
9. KICT., 1998, A study on the development of wastewater and storm water recycling technique in the residential complex(III), KICT Korea, pp. 13-46.
10. Ministry of land, transport and maritime affairs, 2007, Annual report-The land plan and utilizing, MLTM Korea, pp. 378-380.