

# 부자 보정계수 적용방법별 산정유량 비교

## A Comparative Study on Discharge Estimation according to Methods of Float Correction Factor

류 성 수\*, 김 치 영\*\*, 정 성 원\*\*\*

Seong Su Ryu, Chi Young Kim, Sung Won Jung

### 요 지

부자의 보정계수를 결정하는 방법은 크게 다음과 같이 현행 방법과 WMO 제안 방법으로 구분할 수 있다. 현재 국내에서 적용하고 있는 방법으로 표면부자부터 4.0m부자까지 사용된 부자의 종류에 따라 사전에 정해진 보정계수를 적용한다. WMO에서 제안하고 있는 방법은 해당 하천의 수심과 사용된 부자 흡수(吃水)의 상대적 비로부터 산정되는 보정계수를 적용하는 방법이다.

본 연구는 국내 유량측정기술의 개선을 위한 선행연구로, '07~'08년의 국토해양부 부자 측정성과(86개 지점 788개 유량측정성과)를 현행 방법 및 WMO 제안 방법을 적용하여 산정된 유량을 비교 분석하였다.

분석 결과, WMO 방법을 이용하여 산정된 유량은 각 측정성과별로 현행 방법을 적용하여 산정한 유량 대비 -7.69~+7.20%의 차이를 보였으며, 평균 1.57% 작게 산정되었다. 각 수계별로 한강은 -5.90~+2.55% 범위에서 평균 -2.11%, 낙동강은 -7.69~+7.20% 범위에서 평균 -2.45%, 금강은 -7.39~+7.03% 범위에서 평균 -0.52%, 영산강은 -6.50~+2.58% 범위에서 평균 -1.59% 로 산정되었다.

또한 각 성과에 대해 각 지점의 주요 인자들과의 상관성을 검토한 결과, 산정된 유량의 차이는 지점의 수심에 매우 큰 상관성을 가지는 것으로 나타났다. 저수심에서는 WMO 방법이 상대적으로 크게 산정되었으며, 고수심에서는 현행 방법을 적용하여 산정한 유량이 상대적으로 크게 나타났다. 특히 약 8m 이상의 수심에서는 보다 큰 차이가 나타나는 것을 확인할 수 있었다.

**핵심용어 : 유량측정, 부자법, 부자 흡수, 보정계수**

### 1. 서론

유량자료는 수자원의 이용을 위한 이수 목적, 홍수범람 방지를 위한 제방설계 등의 치수 목적, 하천환경문제의 해결을 위해서도 정확한 유량자료의 획득이 매우 중요한 변수이다. 특히 치수 측면에서는 홍수기의 정확한 유량자료 수집이 중요하다.

국내의 경우, 홍수기에는 일반적으로 부자에 의한 측정방법이 널리 활용되며, 최근에는 전자과표면유속계와 같이 비접촉식 측정방법을 이용하기도 한다. 부자법과 비접촉식 방법은 대부분 하천의 표면유속을 측정하는 방법이 많으며, 표면유속으로부터 평균유속과 유량을 계산하기 위해서는 평균유속과 표면유속의 비를 나타내는 보정계수를 적용하는 것이 필수적이다(USGS, 1982).

본 연구에서는 홍수기의 대표적 유량측정방법인 부자법에 대하여 측정유속을 평균유속으

\* 정회원 · 유량조사사업단 품질정책실 연구원 · E-mail : fbtjdn@kict.re.kr  
\*\* 정회원 · 유량조사사업단 유량조사실 실장 · E-mail : cy\_kim@kict.re.kr  
\*\*\* 정회원 · 유량조사사업단 단장 · E-mail : swjung@kict.re.kr

로 변환하기 위해 사용되는 보정계수를 현재 국내에서 사용되고 있는 방법과 세계기상기구(WMO)에서 제시하고 있는 방법을 각각 적용하여 비교하였다.

부자의 보정계수와 관련하여 홍수기 유량측정방법으로 부자법을 사용하고 있는 일본에서 많은 연구가 진행되었다. Nehei와 Sakai(2007)는 일본의 Ara 강과 Edo 강에서 부자 보정계수의 이론적 식에 대한 적합성을 평가하였다. Fukami 등(2008)은 홍수시에 비점측 도플러식 유속계와 부자 측정을 통해 해당 방법들의 홍수기 측정의 적절성을 검토하였다. 이 외에도 Kra와 Merkley(2004)는 부자 측정시 보정계수의 정확한 산정을 위한 수학적 모델에 관한 연구를 진행하였다.

### 3. 적용 방법

본 연구를 수행하기 위하여 '07년부터 '08년까지 국토해양부에서 부자법을 이용한 유량측정성과(전국 4대 수계의 86개 지점의 788개 자료)를 이용하였으며, 대표적인 부자 보정계수 적용 방법인 일본의 Aki 방법(현행 국내적용)과 WMO(1994)에서 제시한 방법을 적용하여 두 방법 간 산정유량의 차이를 비교하였다.

#### 2.1 Aki 식에 의한 방법

앞서 서술한 바와 같이 현재 국내의 부자 보정계수 적용 방법은 Aki의 연구 결과를 이용하고 있다. 이에 따르면 유속의 수직분포는 다음의 식 (1)과 같이 표현되며, 이는 평균유속에 대한 상대적 비로 식 (2)와 같은 형태로 보정계수를 산정할 수 있다.

$$u = \sqrt{Th} C + \frac{20}{3} - 20a + 40a \frac{z}{h} - 20 \left(\frac{z}{h}\right)^2 \quad (1)$$

$$\alpha_z = \frac{u_m}{u_{mz}} = \frac{C}{C + \frac{20}{3} - 20a + 20a \frac{z}{h} - \frac{20}{3} \left(\frac{z}{h}\right)^2} \quad (2)$$

$T$ 는 수면고도경사,  $z$ 는 수면으로부터 깊이,  $C$ 는 Chezy 계수,  $\alpha$ 는 부자 보정계수,  $a$ 는 최대 유속의 상대수심이다. 부자의 보정계수를 평가할 때  $a$ 는 수심에 대한 함수로 주어지며, 수심  $h < 1m$ 에서 0,  $1 < h < 2m$ 에서 0.1,  $2 < h < 4m$ 에서 0.2,  $4m < h$ 에서 0.3의 값을 갖는다.

이 방법은 현재 일본과 국내에서 사용하고 있으며, 수심에 따라 사용 부자를 결정하고 각 부자에 따라 특정 보정계수 값을 적용한다(표 1).

표 1. Aki 보정계수(Aki(1932), 국토해양부(2009))

적용 수심	0.7m 이하	0.7~1.3m	1.3~2.6m	2.6~5.2m	5.2m 이상
부자 흘수	표면부자	0.5m	1.0m	2.0m	4.0m
보정계수	0.85	0.88	0.91	0.94	0.96

## 2.2 WMO에서 제안한 방법

WMO(1994)에서도 부자의 측정유속으로부터 평균유속으로 변환할 때 보정계수를 적용토록 하고 있다. 보정계수는 측선의 수직 유속분포 형태와 부자가 잠긴 상대 깊이(홀수)에 따라 결정되므로, 보정계수를 적용하기 위해서는 각 하천에서 세밀한 측정을 통해 결정하도록 하고 있다. 그러나 현실적으로 하천별로 보정계수를 결정하기는 어려우므로 일반적으로 수심과 홀수의 비(R)를 이용하여 보정계수를 결정할 수 있도록 표 2와 같이 일반화하여 제시하고 있다.

표 2. 보정계수(WMO)

R(홀수/수심)	F(보정계수)
0.10 이하	0.86
0.25	0.88
0.50	0.90
0.75	0.94
0.95	0.98

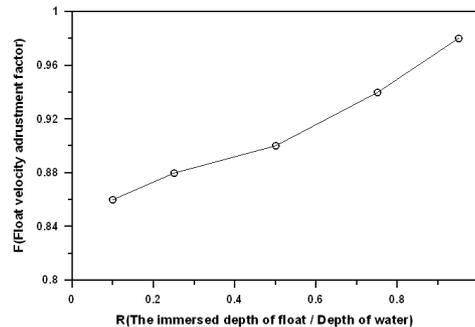


그림 1. 보정계수(WMO)

## 3. 적용 결과

### 3.1 수심별 적용 보정계수 차이 비교

유량 산정에 앞서, 먼저 두 방법에서의 보정계수 차이를 비교하였다. 비교를 위하여 Aki 방법의 부자별 적용수심을 WMO 방법의 형태와 동일하게 나타내었다. Aki 방법은 0.7m 이하와 5.2m 이상을 제외하고는 R값이 0.38 ~ 0.71의 범위로 동일하게 나타났으며, 이를 WMO 방법과 비교하면 0.5m, 1.0m, 2.0m 홀수의 부자를 사용할 경우 세 경우 모두 0.88~0.93의 동일한 보정계수 범위를 가진다.

또한 적용수심 2.6m까지는 두 방법이 비교적 유사한 보정계수를 갖게 되지만, 2.6m 이상의 수심에서는 WMO의 보정계수가 상대적으로 작게 결정되는 것을 알 수 있다.

표 3. Aki 방법과 WMO방법 간의 보정계수 비교

적용 수심 (홀수/수심)	0.7m 이하 (표면)	0.7~1.3m (0.38~0.71)	1.3~2.6m (0.38~0.71)	2.6~5.2m (0.38~0.71)	5.2m 이상 (~0.77)
Aki	0.85	0.88	0.91	0.94	0.96
WMO	0.86	0.89~0.93	0.89~0.93	0.89~0.93	0.94~

### 3.2 산정유량 비교

Aki 방법과 WMO 방법에 의해 산정되는 유량을 비교하기 위하여 788개의 수집된 측정성

과에 WMO에서 제시한 보정계수를 성과별 각 측선에서의 흘수/수심 비(R)를 계산하고, 이에 따라 WMO 보정계수를 적용하였다.

적용결과 그림 2에서 보는 바와 같이 WMO 방법으로 산정한 유량이 현재 국내에서 사용 중인 Aki 방법과 비교해서 -7.69 ~ +7.20% 범위에서 평균 1.57% 작게 산정된 것을 알 수 있다. 각 수계로 구분했을 때도 전체적으로 비슷한 범위로 나타났으며, 평균적으로 -2.45 ~ -0.52%로 4대 수계 모두 WMO 방법을 적용했을 때 산정유량이 작게 나타났다.

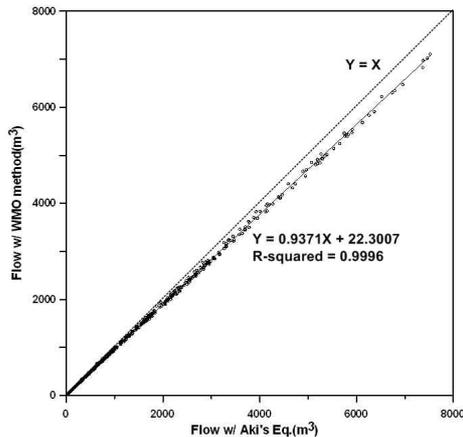


그림 3. 산정유량 비교(전체)

표 4. 산정유량 비교(현행방법 기준)

수계	최소(%)	최대(%)	평균(%)
한강	-5.90	+2.55	-2.11
낙동강	-7.69	+7.20	-2.45
금강	-7.39	+7.03	-0.52
영산강	-6.50	+2.58	-1.59
전체	-7.69	+7.20	-1.57

### 3.3 주요 측정인자와의 상관성

위의 결과를 토대로 특정 측정인자와의 상관성을 갖는지에 대하여 살펴보았다. 그림 3은 주요 측정인자인 측선수, 수면폭, 단면적, 최대수심에 따른 산정유량의 차이를 나타낸 것이다.

그림에서 보면 최대수심과 단면적이 그 경향성이 뚜렷이 나타나는 것을 확인할 수 있다. 일반적으로 수심과 단면적의 관계는 선형성을 띄므로, 수심에 따라 산정유량의 차이가 경향성을 띤다고 볼 수 있을 것이다. 특히 수심이 상대적으로 얇은 곳에서는 WMO 방법이 오히려 크게 산정되며, 3~4m 이상의 수심에서는 WMO 방법이 작게 나타나고 약 8m 이상의 고수심에서는 차이는 약 7%대로 크게 나타났다.

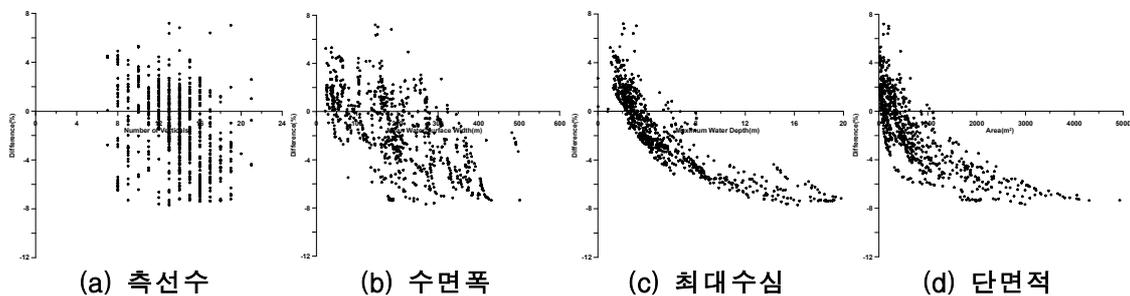


그림 3. 주요 측정인자에 따른 유량차이 비교

#### 4. 결론

수자원 계획 및 효율적 이용, 방재대책 등 수자원의 효율적 이용 및 관리를 위해서는 정확한 유량자료의 수집이 필수적이며, 특히 고수위에서의 유량자료는 치수 목적의 수자원 계획에 매우 중요하다. 이에 본 연구에서는 홍수기의 대표적인 유량측정방법인 부자법의 보정계수 적용방법 개선을 위한 목적으로 현재 국내에서 사용 중인 Aki 방법과 WMO에서 제안한 방법을 국토해양부의 부자측정성과 788개에 적용하여 그 결과를 비교하였다.

연구 결과, WMO 방법으로 산정한 유량이 Aki 방법 대비  $-7.69\sim 7.20\%$  범위에서 평균 1.57% 작게 산정되었다. 또한 수심이 약 3m 이하인 곳에서는 WMO 방법 적용시 산정유량이 상대적으로 크게 나타났으며, 반면 3m 이상의 수심에서는 WMO 방법으로 산정된 유량이 더 크게 나타났다. 이러한 결과는 크게 두가지 원인에 의한 것으로 3m 이상의 적용수심에서 WMO의 보정계수가 Aki 방법보다 작게 산정되는 것과 4.0m 흘수 부자를 10.5m 이상의 경우에는 R값이 0.38 이하로 산정되면서 보정계수의 차이가 커지기 때문인 것으로 판단된다.

본 연구를 통해 부자법 적용시 정확한 유량산정을 위한 보정계수의 중요성을 인식할 수 있었으며, 추후 부자 보정계수 산정에 관한 보다 심도깊은 연구가 필요할 것으로 판단된다.

#### 감 사 의 글

본 연구는 국토해양부에서 출연한 수문조사 방법 및 기준 표준화 연구 사업의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

#### 참 고 문 헌

- 국토해양부 (2009). **하천설계기준·해설**
- E. Y. Kra and G.P. Merkley (2004). "Mathematical modeling of open-channel velocity profilers for float method calibration", *Agricultural Water Management*, Vol.70, pp.229~244.
- K. Aki (1932). "On correction of coefficient of the measured velocity of float, specially of float rod, to the mean velocity of flow in a vertical", *Proc. of the JSCE*, Vol.18(1), pp.105~129.
- K. Fukami, T. Yamaguchi, H. Imamura and Y. Tashiro (2008). "Current status of river discharge observation using non-contact current meter for operational use in Japan", *World Environmental and Water Resources Congress 2008*.
- USGS (1982). **Measurement and computation of streamflow: Volume 1. Measurement of stage and discharge.**
- WMO (1994). **Guide to Hydrological Practices.**
- Y. Nihei and T. Sakai (2007). "ADCP measurements of vertical flow structure and coefficients of float in flood flows", *The International Association of Hydraulic Engineering & Research 2007*.