

HEC-RAS를 이용한 수위-유량곡선의 개선방안

이영화·이창수*·박기범**

대구한의대학교 토목도시디자인학부, *위덕대학교 건축시스템공학부

**영남대학교 토목도시환경공학부

(2004년 4월 23일 접수; 2004년 8월 23일 채택)

Improvement of Rating-curve by HEC-RAS

Yeong Hwa Lee, Chang Soo Lee* and Ki Bum Park**

Department of Civil Engineering & Urban Landscape Design, Daegu Haany University, Gyeongsan 712-715, Korea

*Division of Architectural, Uiduk University, Gyeongsan 780-713, Korea

**Division of Civil and Environment Engineering, Yeungnam University, Gyeongsan 712-749, Korea

(Manuscript received 23 April, 2004; accepted 23 August, 2004)

HEC-RAS model is used for estimation of rating-curve of Musung in Wi stream. Discharge is computed from stage estimated by HEC-RAS model, is compared with the discharge of water surface slope method. The relative deviation of observed and computed discharge is 5.37%, and shows as a good results. A rating-curve by HEC-RAS model shows better results than by water surface slope method.

Key Words : Rating-curve, HEC-RAS, Surface slope method

1. 서론

자연하천에서의 유량자료는 수자원관리의 중요하고 기본적인 필수자료로서 홍수시 홍수방어대책과 가뭄시 용수공급을 결정하는 중요한 자료로 이용되고 있다. 현재 각 수계의 경우 홍수통제소에서 T/M 수위계에 의해서 주로 실시간으로 관측되는 수위자료를 수위-유량곡선으로 하천유량을 계산하고 있다.

신뢰성 있는 수위-유량관계곡선을 구하기 위해서는 수위-유량 측정장소, 횡수, 방법이 적절해야 하고, 정확한 유량조사를 하기 위해서는 첫째, 정확한 통수단면적의 산정이 필수적이며 둘째, 측정에 필요한 기구의 선택 및 정확성이 요구되며 셋째, 측정자의 숙련성이 중요한 요소이다. 대부분의 하도에서는 하상 초목의 계절적인 성장에 따른 조도계수의 변화, 배수의 영향, 하상 또는 수표면이 변하므로 수위-유량관계가 일정하지 않게 된다. 그러므로 수위-유량관계의 정확도를 높이기 위해서 정기적인 측정이 필요하며, 모든 범위의 수위에 대한 수

위-유량관계곡선을 정의하기 위하여 많은 횡수의 측정이 필요하다. 따라서 자연하천에서의 정확한 유량을 측정하는 장기적인 관측, 유량관측시설의 확충, 저수시 유량측정 설비 등이 선행되어야 한다.

하천의 유량을 측정하는 데 있어 주로 사용하는 방법은 유속계와 봉부자를 이용하여 유량을 구하는 방식이 많이 사용되고 있으며, 최근에는 전자파 도플러 현상을 이용한 전자파 표면유속계를 이용하여 유량을 구하는 방법 등을 사용하고 있다.

우리나라의 하천에서 유량을 측정할 경우는 하상구배가 급하고 하도 단면적이 불규칙 할 뿐 아니라 유속이 커서 유량을 측정하는 데 많은 어려움이 따른다. 또한 봉부자를 사용하여 유량을 측정할 경우에 많은 인원이 소요되어 현장에서 측정하는데 있어 대기시간의 소요와 돌발적인 위험 상황에 노출되어 있는 경우가 많으며 관측 기술자의 숙련도에 따라 자료의 정도가 달라지는 경우가 많다.

그리고 유량관측은 우량이나 수위와 같이 연속 관측이 곤란하기 때문에 관측치가 한정되어 있다. 일반 하천에서는 유량을 산출하는 중요한 수단으로 수위와 유량사이에 특정관계를 도출시키는 수위-유량 관계곡선을 작성하여 활용하고 있으나 비용과 측정방법, 측정횟수에 있어서 미흡한 실정이며

Corresponding Author : Yeong Hwa Lee, Department of Civil Engineering & Urban Landscape Design, Daegu Haany University, Gyeongsan 712-715, Korea
Phone : +82-53-819-1419
E-mail : yhlee@dhu.ac.kr

유량관측치와 작성된 수위-유량곡선식에 의해 계산된 유량치의 차이가 날 경우 선택에 있어 상당한 곤란이 따르게 되며 명확한 참값을 알지 못하기 때문에 계산치와 관측치의 선택에 있어 상당한 고민에 빠지게 된다.

국내외적으로 수위-유량관계에 대한 연구는 권오익 등¹⁾ 일본의 적용사례를 조사하여 수위-유량 측정의 정도와 그 개선방향에 대하여 보고한 바 있으며, 이재형 등²⁾가 섬진강 하류부의 수위-유량관계에 대한 연구를 하였고, 이정규 등³⁾ HEC-2 모형을 이용하여 연구를 수행하였으며, 외국에서는 Clarke 등⁴⁾, Birkhead 등⁵⁾, Singh 등⁶⁾이 홍수시 수위-유량관계에 대한 연구를 실시하였다.

본 연구에서는 관측된 자료와 계산된 자료의 오차를 줄이고 보다 편리하고 안전한 방법으로 수위-유량관계를 도출하고, 관측된 자료의 적합성등을 평가하였다.

또한, HEC-RAS모형⁷⁾을 이용하여 단면의 수위를 계산하여 단면적을 산정한 후 유량을 계산하여 유량곡선식에 의한 하천유량과 실측유량을 비교하였다.

2. 분석방법

자연하천에서 수위-유량의 관계를 구하기 위해서는 평수시와 홍수시에 현장에 직접 관측을 통해 다음과 같은 수위-유량관계식을 유도하게 된다.

$$Q = aH + b \quad (1)$$

$$Q = a(H + b)^2 \quad (2)$$

$$Q = ae^{bH} \quad (3)$$

$$Q = aH^b \quad (4)$$

여기서 Q 는 하천유량, H 는 수위, a b 는 계수이다. 이와 같은 관계는 수위표 지점의 하천 지형이 변하지 않거나 변화가 거의 없는 곳에서 설정되는 관계식이다. 또한 하천의 수변경사는 흐름 형태에 관계없이 실제적으로 일정하다고 가정한다. 그러나 홍수파가 발생하는 경우에는 하천유량의 변동에 따라 수변경사가 변화하며, 결과적으로 위와 같은 수위-유량관계를 벗어나게 된다.

Dickinson⁸⁾은 수위-유량관계식의 부정확성을 다음과 같이 제시하였다.

① 수위관측소지점에서 조절단면의 불안정성, 수위관측소는 그 지점에 대한 장기간의 수위-유량관계가 변화하지 않을 때 안정하다고 말할 수 있다.

② 수위-유량관계에 영향을 줄 수 있는 식생등으로 인한 계절적인 변화의 영향.

③ 홍수파의 급상승과 급하강에 따른 지연효과

(Hysteresis Effect). 여기서 유량은 수위와 단면의 기하뿐만 아니라 수변경사와 단면의 조도계수에 따라서도 변한다.

Dickinson⁸⁾이 제시한 바와 같이 관측되어 유도된 수위-유량 곡선식이라도 시간이 흐른 뒤에 적용시에는 많은 문제점이 발생하게 되며, 유량관측시 변화되는 모든 수위를 측정할 수 없는 경우도 많이 발생된다.

최근들어 인터넷의 발달로 인해 현재 각 주요 하천 수위의 수위값을 홍수통제소에서 T/M자료로 공개되어 자료의 이용이 편리하게 되었다. 그러나 홍수통제소에서 기록된 수위자료는 어느 정도 신뢰성을 가질수 있으나 유량은 하천 단면의 변화에 민감하여 실제와 다른 경우가 발생하기도 한다. 본 연구에서는 관측된 수위자료를 HEC-RAS 모형을 이용하여 계산하여 실측자료와 비교하였다. HEC-RAS 모형은 미공병단(Army Corps of Engineers)의 수문공학센터(Hydrologic Engineering Center)에서 개발된 수리해석 프로그램으로서 부정류 해석기능이 추가되어 개발되었다.

HEC-RAS모형은 자연하천에서의 1차원 부정류 해석에 이용되는 동역학적 방정식으로서 연속방정식과 운동량 방정식으로 구성되며, 연속방정식은 시스템 내에서 질량을 보존하게 되는 개념으로 다음 식(5)와 같다.

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial S}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} - q_i = 0 \quad (5)$$

여기서 x 는 수로에 따른 거리, t 는 시간, Q 는 유량, A 는 단면적, S 는 저류량, q_i 는 단위거리당 측방 유입량을 나타낸다.

위 방정식(5)는 주 수로와 홍수터에 대해 각각 표현이 가능하며 식(6)~(7)과 같이 기술할 수 있다.

$$\frac{\partial Q_c}{\partial x_c} + \frac{\partial A_c}{\partial t_c} = q_f \quad (6)$$

$$\frac{\partial Q_f}{\partial x_f} + \frac{\partial A_f}{\partial t} + \frac{\partial S}{\partial t} = q_c + q_i \quad (7)$$

여기서 아래첨자 c 와 f 는 주수로와 홍수터를 나타내고, q_i 는 홍수터 단위길이당 측방 유입량이며 q_c 와 q_f 는 주수로와 홍수터 사이의 물의 교환을 나타내고 있다. 식(6), (7)은 음해형 유한차분을 이용해서 식(8)~(9)로 근사화 된다.

$$\frac{\Delta Q_c}{\Delta x_c} + \frac{\Delta A_c}{\Delta t} = \overline{q_f} \quad (8)$$

$$\frac{\Delta Q_f}{\Delta x_f} + \frac{\Delta A_c}{\Delta t} - \frac{\Delta S}{\Delta t} = \overline{q_c} + \overline{q_i} \quad (9)$$

그런데, 질량 교환량은 같지만 $\Delta x_c q_c = -q_f \Delta x_f$ 와 같이 부호는 반대가 아니다. 따라서 위 식들을 서로 더하여 다시 정리하면 식(10)과 같다.

$$\Delta Q + \frac{\Delta A_c}{\Delta t} \Delta x_c + \frac{\Delta A_f}{\Delta t} \Delta x_f + \frac{\Delta S}{\Delta t} \Delta x_f - \overline{Q}_f = 0 \quad (10)$$

여기서 \overline{Q}_f 은 평균측방 유입량이다.

운동량 방정식은 운동량의 변화가 시스템에서 작용하는 외력과 같다는 것에 기초하여 단일 수로에 대해서 식(11)과 같이 기술할 수 있다.

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial(VQ)}{\partial x} + gA \left(\frac{\partial z}{\partial x} + S_f \right) = 0 \quad (11)$$

여기서, g 는 중력가속도, S_f 는 마찰경사, V 는 유속이다.

식(11)은 주수로와 홍수터에 대하여 식(12)~(13)과 같이 기술할 수 있다.

$$\frac{\partial Q_c}{\partial t} + \frac{\partial(V_c Q_c)}{\partial x_c} + (gA_c \frac{\partial z}{\partial x_f} + S_{fc}) = M_f \quad (12)$$

$$\frac{\partial Q_f}{\partial t} + \frac{\partial(V_f Q_f)}{\partial x_f} + (gA_f \frac{\partial z}{\partial x_f} + S_{ff}) = M_c \quad (13)$$

여기서, M_c 와 M_f 는 각각 주수로와 홍수터 사이에서 교환되는 단위길이당 운동량 흐름을 나타낸다.

식(12)~(13)을 유한차분기법을 이용하여 근사화하면 식(14)~(15)와 같이 기술된다.

$$\frac{\partial Q_c}{\partial t} + \frac{\partial(V_c Q_c)}{\partial x_c} + (g\overline{A}_c \frac{\partial z}{\partial x_f} + \overline{S}_{fc}) = M_f \quad (14)$$

$$\frac{\partial Q_f}{\partial t} + \frac{\partial(V_f Q_f)}{\partial x_f} + (g\overline{A}_f \frac{\partial z}{\partial x_f} + \overline{S}_{ff}) = M_c \quad (15)$$

여기서 $\Delta x_c M_c = -\Delta x_f M_f$ 이다.

식(14)~(15)를 더하여 다시 나열하면 식(16)과 같다.

$$\begin{aligned} & \frac{\Delta(Q_c \Delta x_c + Q_f \Delta x_f)}{\Delta t} + \Delta(V_c Q_c) + \Delta(V_f Q_f) \\ & + \Delta(V_f Q_f) + g(A_c + A_f) \Delta z \\ & + \overline{A}_c \overline{S}_{fc} \Delta x_c + \overline{A}_f \overline{S}_{ff} \Delta x_f = 0 \end{aligned} \quad (16)$$

마지막 두 항은 제방으로 유체에 작용하는 마찰력을 나타내며, 식(17)과 같이 정의될 수 있다.

$$g\overline{A}_f \overline{S}_{ff} \Delta x_f = g\overline{A}_c \overline{S}_{fc} \Delta x_c + g\overline{A}_f \overline{S}_{ff} \Delta x_f \quad (17)$$

여기서 $\Delta x_c =$ 동등한 흐름 경로, $S_f =$ 전단면에 대한 마찰경사, $A = \overline{A}_c + \overline{A}_f$ 이다.

이제 이송항들은 유속분포 인자를 정의함으로써 식(18)과 같이 기술할 수 있다.

$$\beta = \frac{(V_c^2 A_c^2 + V_f^2 A_f^2)}{V^2 A} = \frac{(V_c Q_c + V_f Q_f)}{QV} \quad (18)$$

식(18)은 식(19)와 같이 다시 정리할 수 있다.

$$\Delta(\beta VQ) = \Delta(V_c Q_c) + \Delta(V_f Q_f) \quad (19)$$

따라서 운동량 방정식의 최종형태는 식(20)과 같다.

$$\begin{aligned} & \frac{\Delta(Q_c \Delta x_c + Q_f \Delta x_f)}{\Delta t} + \Delta(\beta VQ) + g\overline{A} \Delta z \\ & + g\overline{A}_f \Delta x_e = 0 \end{aligned} \quad (20)$$

또한, 식(20)에서 각항을 Δx_e 로 나눔으로써 식(21)과 같이 기술할 수 있다.

$$\begin{aligned} & \frac{\Delta(Q_c \Delta x_c + Q_f \Delta x_f)}{\Delta t \Delta x_e} + \frac{\Delta(\beta VQ)}{\Delta x_e} \\ & + g\overline{A} \left(\frac{\Delta z}{\Delta x_e} + S_f \right) = 0 \end{aligned} \quad (21)$$

제방으로부터의 마찰력과 압력은 수체에 작용하는 모든 힘을 항상 나타내고 있는 것은 아니며, 교량의 교각, 주운 댐 및 가물막이 댐과 같은 구조물들은 흐름을 수축시키고 흐름을 방해하는 추가적인 힘을 발휘한다. 국부적인 영역에서는 이러한 힘들이 우세하고, 구조물의 상류단 수두의 증가를 가져온다. 미소거리 dx 에 대하여 수축부에서의 추가적인 힘들은 dh_1 의 수두증가를 가져온다. 이 상승된 수두는 단지 추가적인 힘들과 관련이 있으며 에너지 손실율은 한 지점에서의 경사로서 식(22)와 같이 표현할 수 있다.

$$S_k = \frac{dh_1}{dx} \quad (22)$$

식(21)에서 마찰경사는 식(22)에 의해 증가될 수 있으며, 식을 정리하면 다음 식(23)과 같다.

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial(VQ)}{\partial x} + gA \left(\frac{\partial z}{\partial x} + S_f + S_k \right) = 0 \quad (23)$$

3. 대상유역

위천 유역은 경상북도 의성군 군위군을 통과하여 낙동강에 유입되는 낙동강 제 1지류로서 산두봉(EL 719.0m), 청화산(EL 700.7m), 팔공산(EL 1,192.3 m), 천제봉(EL 358.5m)을 분수령으로 남쪽으로는 급호강 유역과 북쪽으로는 미천 유역과 접하고 있다. 기후는 년평균 11.2°C, 상대습도 72%, 증발량 1,116.2 mm이다. Table 1과 같이 위천의 유역면적

Table 1. Basin characteristics

characteristic River	Basin area A(km ²)	River Length L(km)	Mean width of basin A/L(km)	Shape factor A/L ²	Remarks
Wi chun	472.5	42.9	11.0	0.26	

Table 2. Gaging station characteristic

Gaging staion	River	Location	Observed start day	Height (EL.m)	Remarks
Musung	Wichun T/M	Kyung buk Gun wi musungri	128-34-00 36-11-28	82. 7. 79.584	Nak dong river flood control

은 472.53km², 유로연장 42.9km, 하상경사가 0.011, 유로 중심장이 20.6km, 형상계수가 0.26이다.⁹⁾

본 연구에서는 IHP 과업유역인 위천 유역의 무성수위관측소(Table 2)에서 관측된 2002년 8월 8일 07:00에서 8월 10일 13:30까지의 실측 자료를 이용하여 하류지점수위를 계산하여 실측자료와 비교 검토하여 HEC-RAS 모형을 적용하였다. HEC-RAS 모형을 이용하여 수위-유량을 계산하는 방법은 관측된 수위자료를 이용하여 계산된 유량을 경계조건으로 하고 하류 경계조건은 등류수심을 사용하였다. 최심 하상고의 기울기가 비교적 일정하게 나타나는 무성교 지점(Fig 1.)은 하류경계조건으로

종단측량을 하여 구한 경사 0.0006을 사용하였다. 각 구간의 계산 시간은 1초 간격으로 부정류 계산을 실시하였으며 Table 3에 나타낸 바와 같이 수위표가 있는 지점인 단면 No.0에서 8월 8일 19:30에 EL 84.49m로 최대수위가 관측되었다. 무성수위표가 있는 단면 No.0에서 단면 No.2구간 사이를 계산의 정도를 높이기 위하여 Fig 2와 같이 10m단위로 단면을 보간 하였다. 단면 No.1과 단면 No.2의 단면의 수위를 수면경사법으로 계산한 수위를 관측수위로 하고 HEC-RAS 모형에 의한 수위를 계산수위로 하여 유량을 산정하고 비교 검토하였다. 본 연구기간에 이용될 관측된 자료의 값은 아래 Table 3과 같으며 단면 No.0이 무성수위표지점으로 관측자료중에서 8월 8일 19:30분에 수위가 84.49m로 최대 수위가 관측되었으며, 최대유량은 940.33m³/s로 나타났다.

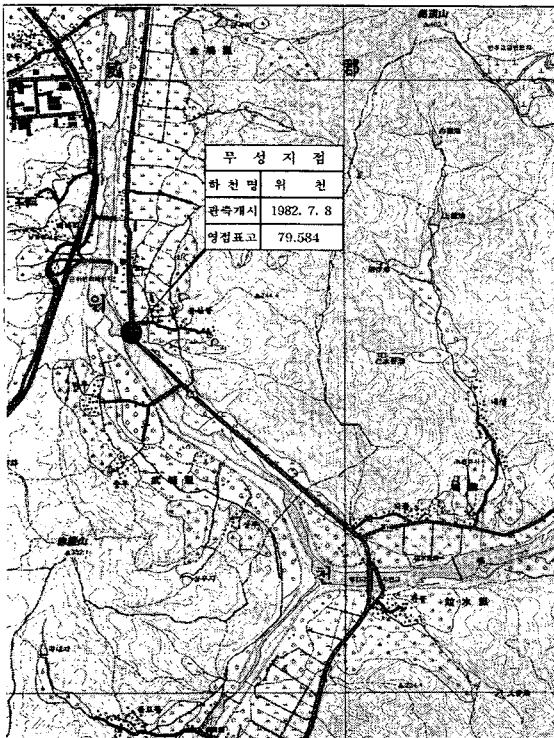


Fig. 1. Location of Musung T/M.

4. 결과 및 고찰

4.1. 수위비교

단면 No.0에서 관측된 수위를 이용하여 단면 No.1과 단면 No.2의 수위를 수면경사법에 의해 계산한 수위와 HEC-RAS 모형에 의해 계산된 수위를 비교하여 보면 단면 No.0에서는 8월 8일 7:00에서 수위 차이가 0.18m로 가장 크게 나타났으며, 단면 No.2에서는 동일한 시간대에 0.21m, 단면 No.3에서 9:00에 0.25m가 차이를 보여 주고 있다. Table 4, Fig. 3~Fig. 5에서 각 단면의 수위를 비교하였다.

4.2. 유량비교

전절에서 살펴본 바와 같이 관측된 수위와 HEC-RAS 3.1.1에 의해 계산된 수위를 이용하여 계산된 유량을 비교하여 보면 Table 4와 Fig. 6과 같다.

또한, 낙동강수계 치천 유량측정조사 보고서(건설교통부/낙동강홍수통제소, 2002)⁹⁾에서 유도된 수위-유량곡선식은 다음 식(24)와 같다.

$$Q = 69.1430(h - 0.7484)^2 \quad 0.69 \leq h \leq 4.47 \quad (24)$$

HEC-RAS를 이용한 수위-유량곡선의 개선방안

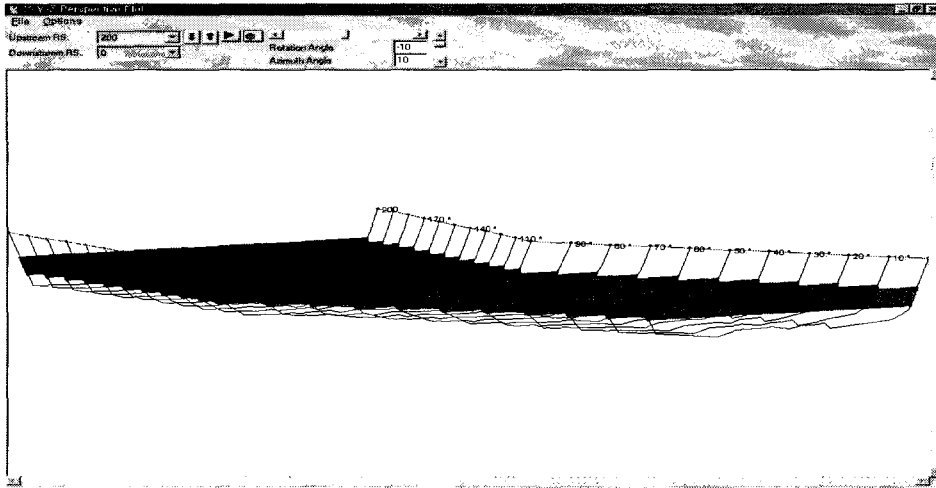


Fig. 2. Interpolation section of HEC-RAS.

Table 3. Observed stages, discharge and velocity at Musung

Time(hr)	Section No. 0 stage (EL: .m)	Surface slope method		Discharge (m ³ /s)	Velocity (m/s)	
		Section No. 1 stage (EL: .m)	Section No. 2 stage (EL: .m)			
2002. 8. 8	07:00	83.42	83.53	83.63	408.89	1.145
	09:00	83.31	83.42	83.54	350.76	1.048
	15:00	84.12	84.23	84.35	751.77	1.582
	17:00	83.93	84.04	84.26	731.32	1.500
	19:00	84.09	84.20	84.31	854.01	1.643
	19:30	84.49	83.60	83.73	940.33	1.595
2002. 8. 9	10:00	82.76	82.87	82.97	262.00	0.934
	12:30	82.63	82.74	82.85	261.27	0.984
	14:30	82.55	82.66	82.78	249.91	0.991
2002. 8. 10	10:00	83.71	83.82	83.94	578.30	1.367
	12:00	83.38	83.49	83.60	541.43	1.376
	13:00	83.14	83.25	83.38	432.38	1.232

Table 4. Comparison of observed stages and computed stages by HEC-RAS at Musung Unit (EL: m)

Time(hr)	Section No. 0	Observed		Computed by HEC-RAS			
		Surface slope method		Section No. 0	Section No. 1	Section No. 2	
		Section No. 1	Section No. 1				
2002. 8. 8	07:00	83.42	83.53	83.63	83.24	83.32	83.45
	09:00	83.31	83.42	83.54	83.14	83.21	83.29
	15:00	84.12	84.23	84.35	84.07	83.14	84.22
	17:00	83.93	84.04	84.26	83.84	83.91	83.99
	19:00	84.09	84.20	84.31	84.08	84.15	84.23
	19:30	84.49	83.60	83.73	84.33	84.40	84.48
2002. 8. 9	10:00	82.76	82.87	82.97	82.70	82.78	82.86
	12:30	82.63	82.74	82.85	82.58	82.65	82.74
	14:30	82.55	82.66	82.78	82.49	82.57	82.66
2002. 8. 10	10:00	83.71	83.82	83.94	83.70	83.77	83.85
	12:00	83.38	83.49	83.60	83.31	83.38	83.46
	13:00	83.14	83.25	83.38	83.15	83.22	83.30

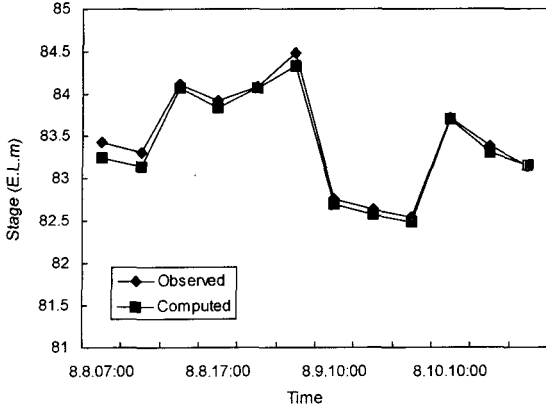


Fig. 3. Comparison of observed and computed stage at Musung(No.0).

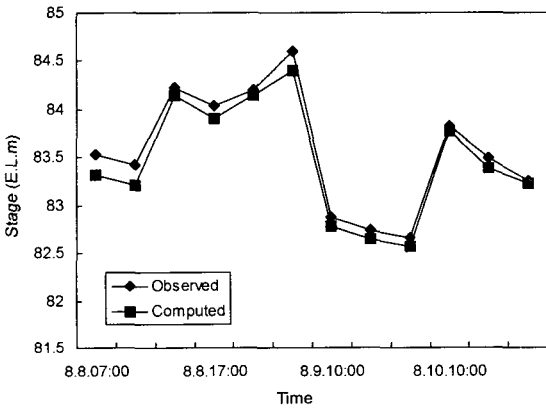


Fig. 4. Comparison of observed and computed stage in Musung(No.1).

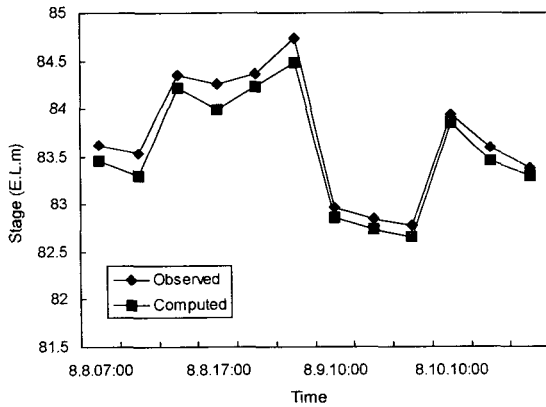


Fig. 5. Comparison of observed and computed stage in Musung(No.2).

관측된 수위는 2002년 8월 8일부터 8월 10일 사이에 실제 관측된 무성교 수위표 지점의 관측수위

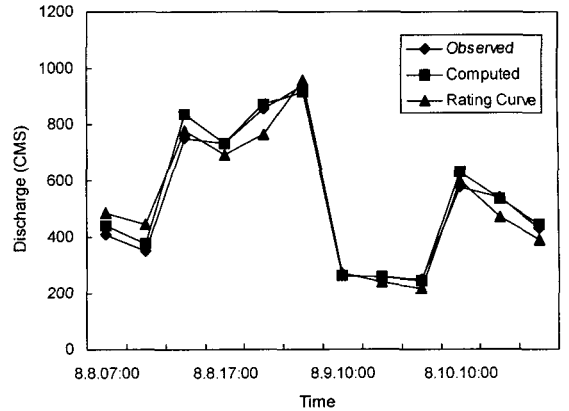


Fig. 6. Comparison of observed and computed discharge

를 이용하였다.

계산된 유량과 실측유량과의 오차는 다음 식(25)로부터 구한 상대편차를 이용하여 평가할 수 있다.

$$\alpha(\%) = \sqrt{\frac{1}{N} \sum \left(\frac{Q_c - Q}{Q} \right)^2} \times 100 \quad (25)$$

여기서 Q_c 는 계산유량, Q 는 관측유량이다.

식(25)에 의해 계산된 상대편차는 5.37%로 나타났다. 관측값과 HEC-RAS에 의해 계산된 값과 수위-유량곡선식에 의해 계산된 값은 Table 5와 같으며 대체로 유사한 결과를 나타내고 있어 유량의 검증에 활용할 수 있을 것으로 판단된다.

5. 결 론

본 연구에서는 유량관측에서 유량계산을 위하여 관측된 수위를 이용하여 수면경사법을 이용하여 각 단면의 수위를 계산하여 유량을 계산하였으며, HEC-RAS 모형을 이용하여 계산한 수위를 이용하여 유량을 계산하여 비교하였다.

먼저 관측된 수위와 HEC-RAS 부정류 계산에 의한 수위를 비교한 결과 각 단면에서 수위의 차가 최고 0.21m 정도 발생하였으나 수위표지점을 제외한 상류단면의 수위도 수면경사법에 의해 계산된 수위이므로 계산방법에 따른 오차로 판단되며, 무성 수위표지점인 단면 No.0지점의 경우 최고 0.18m 정도 차이가 나서 관측오차를 고려할 경우 계산된 결과와 비슷한 결과를 나타낸다고 판단된다.

관측된 수위를 이용하여 수면경사법에 의해 계산한 유량과 HEC-RAS 모형을 이용하여 계산된 수위로 계산한 유량과 상대편차가 5.37%로 양호한 결과를 얻었으나, HEC-RAS 모형의 부정류 계산에 의해 추정된 수위를 이용하였으므로 수면경사법에 의해 계산된 수위 보다 좀더 정밀한 유량계산 결과로

Table 5. Comparison of observed and computed discharge

Time(hr)	Observed (m ³ /s)	Computed (m ³ /s)	Rating Curve (m ³ /s)
2002. 8. 8 07:00	408.89	438.71	486.14
09:00	350.76	377.37	446.65
15:00	751.77	836.68	776.70
17:00	731.32	730.29	691.13
19:00	854.01	871.88	762.86
19:30	940.33	919.66	957.65
2002. 8. 9 10:00	262.00	264.32	271.51
12:30	261.27	257.51	239.62
14:30	249.91	245.37	219.47
2002. 8. 10 10:00	578.30	630.73	598.30
12:00	541.43	537.68	471.59
13:00	432.38	445.88	388.89

수위-유량곡선식의 유도에 정도를 높일 수 있을 것이라 판단된다.

결론적으로 수위관측을 통한 유량계산으로 수위-유량곡선을 유도하는 경우에 홍수기의 한정된 관측 횟수와 측정방법의 곤란 및 관측기술 정도에 따른 부정확 등을 고려할 경우 향후 수위표지점의 관측된 자료를 이용하여 HEC-RAS모형의 입력인자인 조도계수와 변화된 횡단면의 측량, 하도경사의 측정 등을 보완하여 수위표지점의 하도단면을 최대한 유사하게 반영한다면, 단순한 수위관측만으로도 HEC-RAS 모형을 이용하여 보다 많은 수위-유량관계를 유도하여 정도가 높은 관계식의 유도에 도움이 될 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

- 1) 권오익, 요시타니 슈니치, 2001, 일본의 수위-유량곡선의 정도와 개선방향, 한국수자원학회지, 34(6), 23-32.
- 2) 이재형, 황만하, 1994, 섬진강 하류부에서의 수위-유량곡선에 관한 연구, 한국수문학회논문집, 27(4), 115-121.
- 3) 이정규, 이창해, 1993, 수면곡선계산법의 적용에 대한 연구 -HEC-2모형 이용을 중심으로-, 한국수문학회논문집, 26(3), 103-111.
- 4) Clarke, R. T., 1999, Uncertainty in the Estimation of Mean Annual Flood due to Rating-Curve Indefinition, Journal of Hydrology, 222, 185-190.
- 5) Birkhead, A. L. and C. S. James, 1998, Synthesis of rating curves from local stage and remote discharge monitoring using nonlinear muskingum routing, Journal of Hydrology, 205, 52-65.
- 6) Singh, A. K., P. D. Porey and K. G. Ranga Raju, 1997, Criterion for location of downstream control for dynamic flood routing, Journal of Hydrology, 196, 66-75.
- 7) Brunner, G. W., 2002, HEC-RAS, River Analysis User's Manual, Ver. 3.1, US Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center (HEC).
- 8) Dickinson, W. T., 1967, Accuracy of discharge determination, Colorado State Univ. Fort Collins. Colorado, Hydrology paper 20.
- 9) 건설교통부/낙동강 홍수통제소, 2002, 낙동강수계 지천 유량측정조사 보고서, 11-62pp.