

보청천 유역의 평균조도계수 산정

Estimation of Average Roughness Coefficients of Bocheong Stream Basin

전민우*, 이효상**, 안상억***, 조용수****, 전만우*****

Min Woo Jeon, Hyo Sang Lee, Sang Uk Ahn, Young Soo Cho, Man Woo Jeon

Abstract

The roughness coefficients were estimated by the Manning's equation for the measured stage and flow velocity of Bocheong stream basin in Kum river. The relationships between the estimated roughness coefficients and the geomorphologic factors were formulated by the linear, logarithmic, exponential and power type function, thereafter correlation equations were presented. The correlation analysis was performed between the measured stream length and the basin area of Bocheong stream basin by the linear, logarithmic, exponential and power type function, and correlation equation for the stream length was given. The roughness coefficient has strong relationship with stream slope, but low correlation coefficients with stream length and basin area. For the relationship with the roughness coefficients and the stream slope, the logarithmic type function has the smallest correlation coefficient, on the other hand, the exponential type function has the largest correlation coefficient. For the relationship between the stream length and the basin area, the correlation coefficient of the logarithmic type function shows the smallest value, linear type function shows the largest value.

Key word: Stream Area, Average Velocity, Stream Slope, Stream Length, Roughness Coefficient

1. 서 론

조도계수를 추정하는 방법에는 하도의 상황에 따라 기준에 제안된 값을 사용하는 방법과 수리학적 모형에 의해 과거 홍수사상을 가장 잘 재현하는 값을 사용하는 방법이 있다. 기준에 제안된 값을 사용하는 방법은 비교적 간단하지만 하상재료에 따라 주관적으로 조도계수를 결정하기 때문에 다소 주관적이다. 수리학적 모형에 의한 방법은 하상단면재료를 필요로 하기 때문에 다소 복잡하기는 하지만 비교적 객관적으로 조도계수를 구할 수 있다. 이에 따라 개수로흐름계산시 조도계수를 산정하기 위하여 많은 경험과 실험을 통해 제시된 하상 특성별 조도계수를 이용하는 것이 일반적이다. 그러나 이와 같은 조도계수를 산정하는 것은 임의성이 내포되어 있어 산정된 조도계수에 대한 객관적인 타당성을 입증하기는 매우 어렵다. 본 연구에서는 금강수계내의 보청천유역에 대하여 측정된 수위, 유속, 흐름단면적, 유량으로부터 조도계수를 Manning 공식으로 계산하여 조도계수와 지형학적 인자와의 상관성을 분석하여 조도계수에 관한 상관식을 도출하므로써 임의의 미계측유역의 조도계수추정에 기여하고자 한다.

* 정회원 · 충북대학교 토목공학과 교수 · E-mail : minoo@chungbuk.ac.kr
** 정회원 · 충북대학교 토목공학과 전임강사 · E-mail : hyosanglee@chungbuk.ac.kr
*** 정회원 · 충북대학교 토목공학과 석사과정
**** 정회원 · 충북대학교 토목공학과 강사 · E-mail : yscho@chungbuk.ac.kr
***** 한국농어촌공사 지사장

2. 기본이론 및 조도계수

단면과 경사가 일정한 개수로에서의 평균유속은 간단한 이론식인 Chezy식으로 산정할수 있으나 Chezy식에 포함된 마찰계수의 정확도에 따라 식의 신뢰도가 결정된다. 개수로의 마찰계수는 실제로 많은 인자에 의하여 변화하며 이 인자들은 서로 어느 정도 상관관계를 갖는다. Manning은 많은 관측자료와 경험식들을 정리하여 식 (1)과 같은 단순한 형태의 평균유속에 관한 경험식을 제안하였으며, 그 형태가 간단하고 실제적용에 만족할 만한 결과를 주므로 개수로 계산시 가장 널리 사용된다. 여기서 V는 평균유속(m/s), R는 동수반경(hydraulic radius), S는 에너지선의 경사, n은 조도계수(roughness coefficient)이며, 이는 특히 Manning의 n으로 알려져 있다.

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} \sqrt{S} \quad (1)$$

Manning 공식의 적용시 n값을 정확히 산정 하는 방법은 없으며, 대부분 경험과 판단에 의하여 추정하고 있다. 폭이 넓은 수로에서 수로측면은 실제로 중앙부분의 유속분포에 영향을 주지 않는다. 따라서 중앙부분의 흐름은 수리해석에 있어서 2차원으로 간주할 수 있으며, 이 경우 동수반경 R은 수심 h와 거의 같은 값을 갖게 되며, 식 (1)은 식 (2)와 같다.

$$V = \frac{1}{n} h^{2/3} \sqrt{S} \quad (2)$$

조도계수 n은 구하기 위하여 식 (2)를 n에 대하여 정리하면 식 (3)이 된다.

$$n = \frac{1}{V} h^{2/3} \sqrt{S} \quad (3)$$

3. 적용 및 자료분석

본 논문에서 경정된 상관식의 적용성을 검토하기 위하여 금강수계내의 보청천유역을 선정하였다. 보청천유역에서는 산성, 이평, 탄부, 기대 및 산계지점에서 1982년 이후 국제수문개발계획(IHP)의 일환으로 수위 및 유속의 관측이 시행되고 있으며 12개지점에서 강우가 관측되고 있다. 본 논문에서는 산성, 이평, 탄부, 기대, 산계지점의 1991년부터 2000년까지의 10개년간 수문 관측치를 사용하였으며, Table 1은 보청천 유역도로부터 구한 5개 지점의 지형학적 인자를 나타낸 것이다. 산성, 이평, 탄부, 기대 및 산계지점에서는 수위, 흐름단면적 및 유속이 관측되고 있으며 이로부터 유량이 계산되고 있다. 1991년부터 2000년까지 수집된 수문자료를 사용하여 식 (3)에 의하여 각 지점별 유속과 수심관측치에 대한 각각의 조도계수를 구한 후 년도별 평균 조도계수를 구하였으며, 이를 다시 지점별 평균치를 구하여 Table 2에 나타내었다. 탄부지점에서 조도계수가 가장 큰 값(0.23448)을 보였고 기대지점에서 가장 작은 값(0.06730)을 나타내었었으며, 조도계수는 자료별 년도별로 비교적 큰 차이를 나타내고 있다.

Table 1. Geomorphological factors of Bocheong basin

Station	Basin area (Km ²)	Stream slope	Stream length (km)
Sansung	53.7	0.0055	13.05
Ipyung	79.5	0.0047	16.95
Tanbu	72.5	0.0078	20.10
Kidae	346.5	0.0035	31.75
Sangae	475.6	0.0032	51.25

Table 2. Estimated Roughness coefficients

Year	Sansung	Ypyung	Tanbu	Kidae	Sangae
1991	0.14884	0.14372	0.36611	0.07661	0.10764
1992	0.15649	0.08512	0.46591	0.09257	0.13810
1993	0.07439	0.06776	0.13606	0.04543	0.04700
1994	0.18043	0.11499	0.31702	0.04205	0.03953
1995	0.11770	0.06792	0.23330	0.05756	0.07924
1996	0.11543	0.05077	0.25572	0.05916	0.05303
1997	0.07598	0.07377	0.15460	0.05469	0.06382
1998	0.14543	0.07551	0.12568	0.06246	0.05533
1999	0.15405	0.09711	0.16825	0.12312	0.05239
2000	0.13548	0.10910	0.12210	0.05934	0.04663
Average	0.13042	0.08858	0.23448	0.06730	0.06827

Table 2의 실측된 평균조도계수는 자연하천 수로상태에 대한 조도계수와 비교하여 비교적 큰 값으로서, 보침천은 마찰저항이 비교적 크다는 것을 알 수 있다. 조도계수는 수리·수문학적 인자뿐만 아니라 지형학적 인자에 의해서도 다양한 값을 나타내며, 조도계수와 유역 특성인자사이의 상관성을 파악하고자 조도계수를 독립변수로하여 상관분석을 하였다. 이때 가장 상관이 큰 관계식을 얻고자 상관식을 선형(linear type), 지수형(exponential type), 대수형(log type), 冪函數形(power function type)의 4가지 방법으로 하여 상관분석을 하였다. Fig. 1~4는 하천경사와 조도계수와의 관계를 4가지형태로 분석한 결과이며, 그 결과 조도계수는 하천경사와는 강한 상관성을 가지나 하천길이와 유역면적과는 상관성이 적다는 것을 알 수 있으며, 이에 관한 상관식과 상관계수를 Table 3에 나타내었다. 조도계수와 하천경사의 관계에서는 Fig. 3의 대수형이 가장 상관이 적으며 선형, 지수형, 멱수형은 모두 상관이 크게 나타났으나, 그중 Fig. 2의 지수형이 가장 상관이 큰 것으로 나타났다.

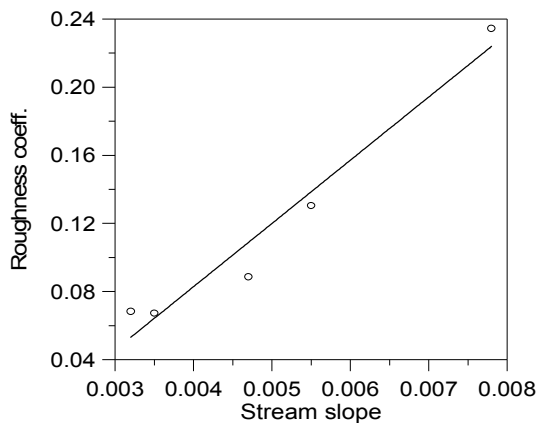


Fig. 1. Relationship between roughness coefficient and stream slope by linear type

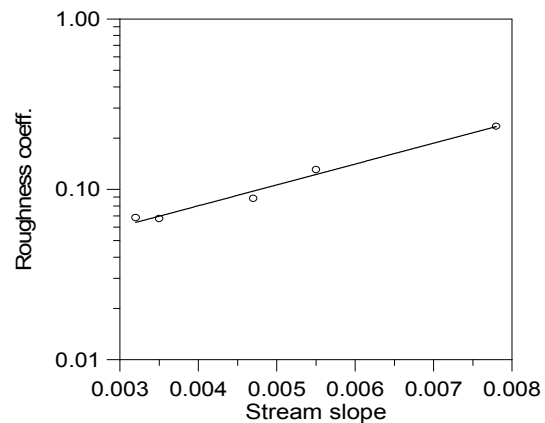


Fig. 2. Relationship between roughness coefficient and stream slope by exponential type

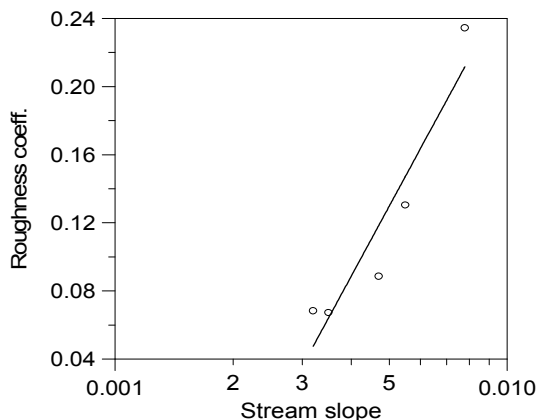


Fig. 3 Relationship between roughness coefficient and stream slope by log type

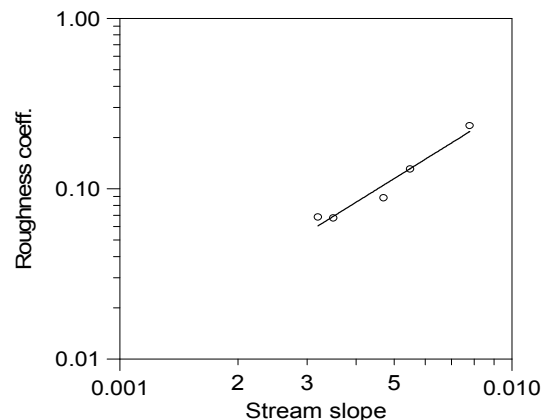


Fig. 4. Relationship between roughness coefficient and stream slope by power type

하천길이와 유역면적과의 상관성을 알아보기 위하여 Table 1의 5개 지점에 대한 지형학적 인자를 사용하여 이들간의 상관분석을 4가지 유형(선형, 대수형, 지수형, 멱수형)으로 하였으며, 그 결과를 Fig. 5~8에 나타내었다. 하천길이와 유역면적간에는 강한 상관성을 확인할 수 있으며, 상관식과 상관계수를 Table 4에 나타내었다. 하천길이와 유역면적사이의 관계는 Fig. 5의 대수형이 가장 상관이 적으며 선형, 지수형, 멱수형은 모두 상관이 크게 나타났으나, 그중 Fig. 6의 선형의 경우가 가장 상관이 큰 것으로 나타났다.

Table 3. Correlation equations of roughness coefficient

	Equations	Corre. coeff.	Res. sum of eq.
Linear type	$n = 31.1158 S - 0.06554$	0.95790	0.000825
Log type	$n = 0.184167 \ln S + 1.10555$	0.89135	0.002133
Exponential type	$\ln n = 281.981 S - 3.6518$ $n = 0.025944 \exp(281.981 S)$	0.98283	0.018964
Power type	$\ln n = 1.42961 \ln S + 5.40861$ $n = 223.321 S^{1.42961}$	0.95473	0.049997
Exponential type	$\ln n = -0.020375 L - 1.71642$ $n = 0.17971 \exp(-0.020375 L)$	0.35830	0.708779
Exponential type	$\ln n = -0.001989 A - 1.84984$ $n = 0.15726 \exp(-0.001989 A)$	0.53559	0.512933

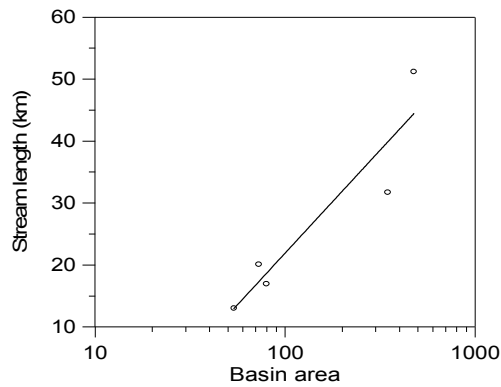


Fig. 5. Log type

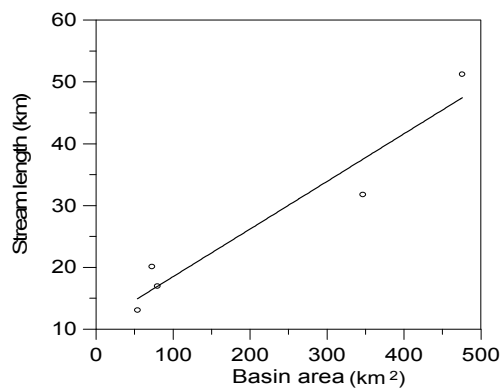


Fig. 6. Linear type

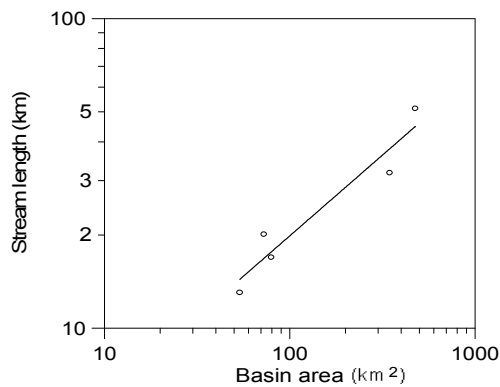


Fig 7. Power type

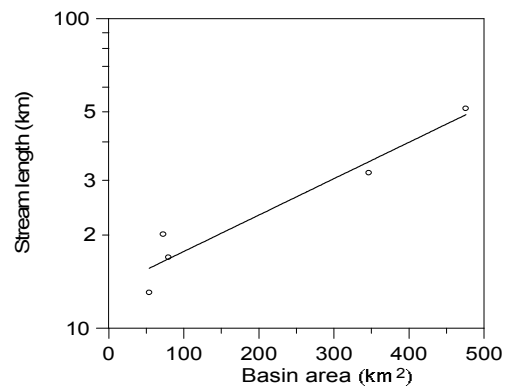


Fig. 8. Exponential type

Table 4. Correlation equations of stream length

	Equations	Corre. coeff.	Res. sum of eq.
Linear type	$L = 0.077095 A + 10.7723$	0.93194	64.87010
Log type	$L = 14.4281 \ln A - 44.5257$	0.87096	122.986
Exponential type	$\ln L = 0.0027052 A + 2.6028$ $L = 13.5015 \exp(0.0027052 S)$	0.93023	0.08202
Power type	$\ln L = 0.52102 \ln A + 0.58920$ $L = 1.80345 A^{0.52102}$	0.92079	0.093123

상관분석결과 가장 강한 상관성을 갖는 지수형태의 조도계수와 하천경사에 관한 상관식 그리고 선형형태의 하천길이와 유역면적에 관한 상관식은 식 (4), (5)와 같다. 보청천 유역의 하천경사와 유역면적을 사용하여 이들 식으로부터 조도계수와 하천길이를 구하여 Table 5에 나타내었다. 그 결과 5개 지점에서 실측된 조도계수와 하천길이는 계산된 값과 대체로 일치하고 있음을 알 수 있다.

$$n = 0.02594 \exp(281.981 S) \quad (4)$$

$$L = 0.07709 A + 10.7723 \quad (5)$$

Table 5. Comparison of Estimated results

Station	Average roughness factor	Stream length(km)	Estimated roughness Coeff.	Estimated stream length
Sangae	0.06827	51.25	0.06396	47.44
Kidae	0.06730	31.75	0.06961	37.48
Tanbu	0.23448	20.10	0.23402	16.36
Ipyung	0.08858	16.95	0.09764	16.90
Sansung	0.13042	13.05	0.12234	14.91

4. 결 론

본 연구에서는 금강수계내의 보청천유역에 대하여 측정된 수위, 유속, 흐름단면적, 유량으로부터 조도계수를 계산하여 조도계수와 지형학적 인자와의 상관성을 분석하여 조도계수에 관한 상관식을 선형, 지수형, 대수형, 冪函數形의 4가지로 도출하였으며, 하천길이와 유역면적에 관한 상관성을 분석하였다. 이로부터 얻어진 결론은 다음과 같다.

1. 조도계수는 하천경사와는 강한 상관성을 가지나 하천길이와 유역면적과는 상관성이 적다는 것을 알 수 있으며, 조도계수와 하천경사와의 관계는 대수형이 가장 상관이 적으며, 지수형이 상관이 잘 표현된 것으로 나타났다.
2. 하천길이와 유역면적사이의 관계는 대수형이 가장 상관이 적으며, 선형의 경우가 가장 상관이 큰 것으로 나타났다.
3. 본 연구의 조도계수와 하천길이의 상관식은 실측치와 비교적 잘 일치하고 있으며, 산정한 보청천의 조도계수는 하상의 조도를 표현하는 절대적인 값은 될 수 없으나 상관식에 의하여 개수로흐름계산시 조도계수를 산정하기 위한 일차적인 값이 될 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

1. 김원, 김양수, 우효섭 (1995). "부정류모형을 이용한 한강하류부 하도의 조도계수 산정", 한국수문학회지, 제28권 제6호, pp. 133 ~ 146.
2. 김현영, 박승우 (1989). "금강하류 홍수의 부정류 해석", 한국수문학회지, 제22권 제1호, pp. 99 ~ 107.
3. 유현권, 김형섭, 김활근, 우효섭 (1993). "충적하천의 하상마찰 변화에 대한 조사 분석", 대한토목학회 논문집, 제13권 제4호, pp. 111 ~ 121.
4. 윤태훈, 이종욱, 제갈선동 (2000). "동수역학모형의 매개변수 산정", 한국수자원학회 논문집, 제33권 제1호, pp. 39 ~ 50.
5. 유동훈 (1995). "사각형개수로 마찰계수", 한국수자원학회 논문집, 제28권 제2호, pp. 155 ~ 168.
6. 건설부, "국계수문개발계획(IHP) 대표시험유역연구조사보고서", 1991, 1992, 1993, 1994, 1995, 1996, 1997, 1998, 1999, 2000.
7. Beaker, L., and Yeh, W. W. G. (1973), "The Identification of Multiple Reach Channel Parameters", *Water Resour. Res.*, Vol. 9, No. 2, pp. 326 ~ 335.