

영월군 소하천 계획하폭 산정에 관한 연구

Determination of Design Channel Width for Small Stream in Youngwol

윤민혜*, 안정환**, 조원철***

Minhyu Yoon, Jeonghwan Ahn, Woncheol Cho

요 지

본 연구는 강원도 영월군 소하천의 계획하폭을 결정하기 위한 관계식에 관한 연구이다. 현재 국내에서 널리 사용되고 있는 계획하폭 산정공식은 모두 중규모 이상의 하천에 대하여 개발되어 하천 및 유역의 특징이 중규모 이상의 하천과 상이한 소하천에 적용하기에는 문제가 있다. 본 연구에서는 영월군내 소규모 하천을 대상으로 유역의 수리·수문학적 특성 인자인 유역면적, 유로연장, 계획홍수량, 하상경사, 그리고 manning의 공식의 특성 인자인 조도계수를 수집하고, 5개의 인자를 매개변수로 하는 다중 회귀 분석을 통해 우리나라 소하천의 다양한 특성을 갖는 계획하폭 관계식을 제안하였다. 유도한 관계식을 다양한 가상 수로에 적용시켜 계획하폭을 검증한 결과 기존에 사용하고 있는 중부지방 경험식, 하천설계기준에 비해 우수한 결과를 나타냈다. 본 연구에서 제안한 소하천의 계획하폭 산정공식은 소하천정비계획 수립시 계획하폭을 결정하기 위한 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 기대한다.

핵심용어 : 계획하폭, 소하천, 계획홍수량, 유역면적, 유로연장, 하상경사, 조도계수, 회귀 분석

1. 서 론

하천정비 기본계획 수립을 위하여 행정자치부(1999)와 건설교통부(2005)의 소하천 하천시설기준은 대하천, 중소하천 및 소하천의 계획하폭 산정공식을 제안하고 있으나, 제시된 중소하천 계획하폭 산정공식은 1930년대에 제안된 공식이다. 더군다나 소하천의 경우는 하천 및 유역의 특징이 중규모 이상의 하천과 상이하다. 본 연구에서는 영월군 홍수량 산정 지점을 기준으로 산정된 유량, 유역면적, 유로연장, 하상경사, 그리고 manning의 조도계수를 매개변수로 결정하여 다중회귀 분석을 실시하여 계획하폭과 주요 지형학적 인자와의 상관관계를 통해 관련성이 높은 매개변수를 선택하여 계획하폭 산정공식을 제안하고자 한다.

2. 연구 대상하천의 선정

* 학생회원 · 연세대학교 토목공학과 석사과정 · E-mail : yunmh@yonsei.ac.kr

** 정회원 · 연세대학교 토목공학과 박사과정 · E-mail : daliza@yonsei.ac.kr

*** 정회원 · 연세대학교 토목공학과 교수 · E-mail : woncheol@yonsei.ac.kr

표 1. 영월군 유역수문특성자료

지역	하천명	유역 면적 A	유로 연장 L	계획 홍수량 Q	하상 경사 S	조도 계수 n	계획 하폭 B
영월읍	능동천 외	0.4	1	7	0.012	0.038	4
	17개소	~7.9	~4.3	~83	~0.226	~0.045	~28
상동읍	섬지천 외	1.4	1.1	24	0.06	0.04	6
	3개소	~13	~5.05	~157	~0.195	~0.045	~17
중동읍	응고개천 외	0.35	0.45	6	0.023	0.038	3
	14개소	~36	~4.6	~92	~0.206	~0.045	~22
하동면	배리골천 외	0.8	0.7	13	0.026	0.038	3
	12개소	~11.3	~5.5	~120	~0.23	~0.045	~26
북면	골요봉천 외	0.25	0.3	4	0.01	0.038	3
	24개소	~9.4	~3.3	~88	~0.164	~0.045	~24
남면	안갈골천 외	0.38	0.21	4	0.154	0.033	2
	13개소	~4.89	~8.07	~67	~0.05	~0.045	~20
서면	돈골천 외	0.42	0.2	4	0.006	0.033	2
	8개소	~5.24	~27.15	~223	~0.17	~0.045	~48
주천면	아침치천 외	0.39	0.13	2	0.012	0.033	1
	18개소	~5.76	~11.32	~120	~0.238	~0.045	~24
수주면	송골천 외	0.66	0.52	9	0.016	0.035	2
	10개소	~9.3	~30.11	~239	~0.28	~0.045	~30

A : 유역면적(km^2), S : 하상경사, n : 조도계수, Q : 계획홍수량(m^3/s), L : 유로연장(km)

연구에 이용될 자료는 영월군 관내 영월읍, 상동읍, 하동면, 북면, 남면, 서면, 수주면, 주천면 등에 위치하며, 지점별로 조도계수의 차이가 다양한 소하천 지역이다. 영월군을 가로질러 한강 본류가 흐르고 있으며, 영월읍을 기준으로 동쪽으로 동강(한강본류), 서류를 따라 서강(평창강)이 흐르며, 두 수계는 영월읍 하송리에서 합류되어 각동리를 지나 충주후를 거쳐 한강으로 유입된다. 총 128개소 375개 지점으로 유역수문특성자료는 표1과 같다.

3. 기존 계획하폭 공식 검토

행정자치부의 소하천 시설기준(1999)에서 제시한 소하천 계획하폭 결정공식과 건설교통부(2005) 중소하천의 계획하폭 산정 경험식을 표2에 제시하였다. 가능한 한 최대 폭을 확보하도록 규정하고 있으며, 소하천시설기준의 경우, 계획홍수량이 $300m^3/s$ 이하이고 유역면적이 $10km^2$ 이하인 소하천에 대해 적용토록 규정되어 있다.

4. 계획하폭공식 산정

4.1 매개변수 산정

계획하폭 공식 산정에 사용된 매개변수는 유역면적, 유로연장, 계획홍수량, 하상경사, 조도계수이다. 식의 유도에 이용된 하천별 매개변수를 회귀분석하여 얻은 매개변수별 상관계수는 표 3 및

그림 1-그림 4와 같으며, 이들 가운데 유역면적과 계획하폭간의 상관계수가 0.729로 가장 높았다. 조도계수의 경우 상관계수를 형성하기 어려워서 생략하였다.

표 2. 계획하폭 산정 경험식

기 관	내 용	비 고	식 번호
행정자치부 (1999)	$B = 1.235 Q^{0.6376}$	$Q < 300m^3/s$	(1)
	$B = 8.794 A^{0.5603}$	$A < 10km^2$	(2)
건설교통부 (2005)	$B = 1.303 \frac{A^{0.318}}{S^{0.5}}$	중부지방(경기·강원·충남북)	(3)
	$B = 1.698 \frac{A^{0.318}}{S^{0.5}}$	남부지방(호남·영남)	(4)

여기서, B : 계획하폭(m), A : 유역면적(km^2), Q : 계획홍수량(m^3/s), S : 하상경사

표 3. 계획하폭과 각 매개변수간의 상관관계 분석

매개변수	상관계수(R^2)
유역면적 (km^2)	0.729
유로연장 (km)	0.650
계획홍수량 (cms)	0.705
하상경사	0.510

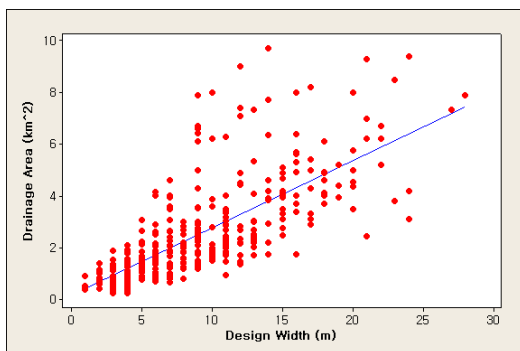


그림 1. 계획하폭과 유역면적 상관관계

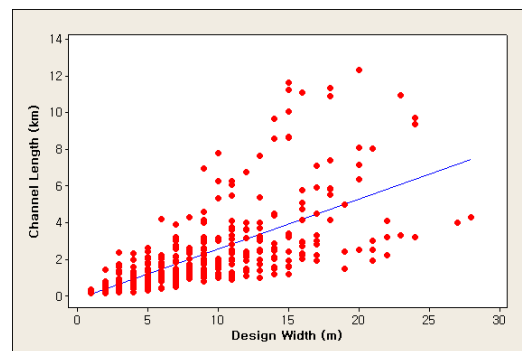


그림 2. 계획하폭과 유로연장 상관관계

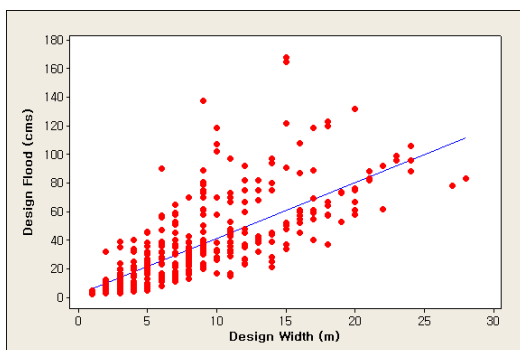


그림 3. 계획하폭과 계획홍수량 상관관계

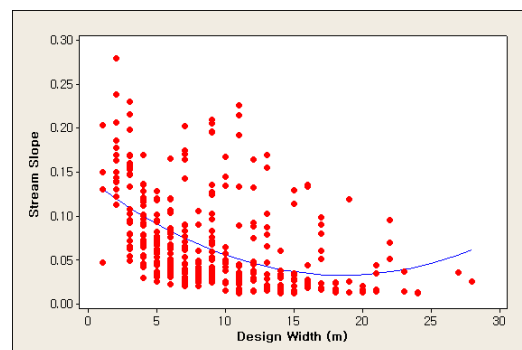


그림 4. 계획하폭과 하상경사 상관관계

표 4. 기존 경험식과 유도된 방정식의 비교

		R^2	RMSE	회귀식
유도된 제안식	선형	0.721	2.79	$B = 1.14A + 0.33L + 0.0302Q + 0.116S^{-1} + 151n - 4.84$ (5)
		0.718	2.81	$B = A + 0.0565Q + 0.123S^{-1} + 139n - 4.42$ (6)
	비선형	0.748	0.32	$B = 4.572A^{0.175} L^{0.117} Q^{0.278} S^{0.297} n^{0.459}$ (7)
		0.744	0.32	$B = 2.117A^{0.136} Q^{0.409} S^{-0.311} n^{0.343}$ (8)
기존 경험식	식(1)	0.548	4.81	$B = 1.235Q^{0.6376}$
	식(2)	0.578	6.15	$B = 8.794A^{0.5603}$
	식(3)	0.610	3.48	$B = 1.303 \frac{A^{0.318}}{S^{0.5}}$

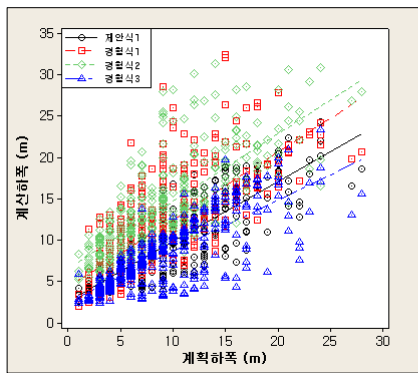


그림 5. 식(5)에 대한 하폭 검정

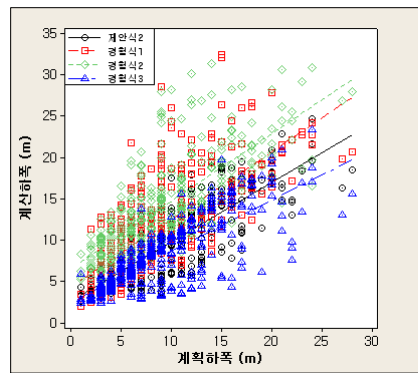


그림 6. 식(6)에 대한 하폭 검정

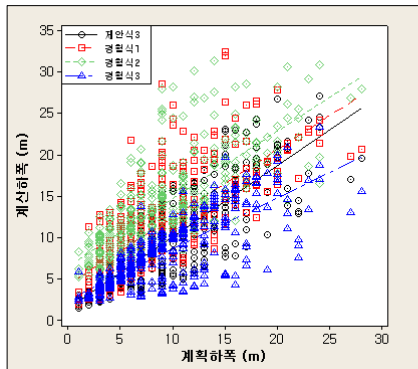


그림 7. 식(7)에 대한 하폭 검정

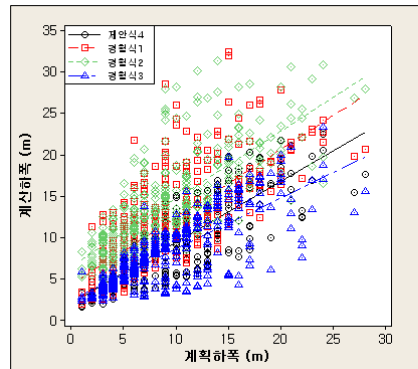


그림 8. 식(8)에 대한 하폭 검정

4.2 계획하폭공식 산정

연구대상 128개소 375개 지점에 대한 수리·수문학적 특성인자를 다중회귀분석에 의해 유도한 계획하폭 산정 제안식은 표4와 같으며, 이들 관계를 기존 경험식과 제안식과의 비교결과는 그림5-그림8과 같이 나타났다. 유도된 계획하폭 산정식은 5개 매개변수를 갖는 비선형회귀 방법으로 구한 식(7)이 상관계수 $R^2 = 0.75$, 평균제곱근오차 $RMSE = 0.32$ 로 가장 높은 상관관계를 보이는 것으로 나타났다.

4.3 가상 유역면적과 하상경사, 조도계수를 이용한 제안식의 검증

표 5 가상 유역면적, 하상경사, 조도계수에 따른 제안식 비교

A (km ²)	S	n	Q (cms)	L (km)	계산하폭 B(m)				Manning 식	
					(1)	(2)	(3)	(7)	h(m)	B(m)
5	0.002	0.3	71.64	3.75	19	22	49	29	4.13	21
5	0.002	0.033	71.64	3.75	19	22	49	31	4.29	22
5	0.002	0.04	71.64	3.75	19	22	49	34	4.61	24
5	0.002	0.045	71.64	3.75	19	22	49	35	4.81	25
5	0.005	0.3	71.64	3.75	19	22	31	22	3.48	18
5	0.005	0.033	71.64	3.75	19	22	31	23	3.61	19
5	0.005	0.04	71.64	3.75	19	22	31	26	3.88	20
5	0.005	0.045	71.64	3.75	19	22	31	27	4.05	21
5	0.01	0.3	71.64	3.75	19	22	22	18	3.06	16
5	0.01	0.033	71.64	3.75	19	22	22	19	3.17	16
5	0.01	0.04	71.64	3.75	19	22	22	21	3.41	18
5	0.01	0.045	71.64	3.75	19	22	22	22	3.56	18
5	0.02	0.3	71.64	3.75	19	22	15	15	2.69	14
5	0.02	0.033	71.64	3.75	19	22	15	15	2.78	14
5	0.02	0.04	71.64	3.75	19	22	15	17	2.99	15
5	0.02	0.045	71.64	3.75	19	22	15	18	3.13	16

가장 우수한 회귀 제안식 (7)을 가상의 유역면적과 하상경사, 조도계수를 가지는 미계측 유역의 하천에서 검증하였다. 검증방법은 실무에서 주로 쓰이는 Manning의 식을 이용하여 등류수심에 대한 계획하폭을 산정하였으며, 검증에 필요한 유로연장과 계획홍수량의 산정은 본 연구에서 선정한 대상하천의 유역면적과 홍수량과의 관계식 $Q = 13.874A^{1.02}$, 유역면적과 유로연장과의 관계식 $L = 0.863A^{0.912}$ 를 이용하였다. 유역면적 $5km^2$ 에서의 제안식 비교결과는 표 5와 같으며, 기존의 경험식보다 우수함을 비교분석을 통해 알 수 있다.

5. 결 론

본 연구에서는 현 소하천시설기준 및 국내 연구결과를 이용하여 소하천의 하폭을 산정하는 방법에 대하여 조사하고 비교분석하였다. 매개변수를 이용한 계획하폭 산정식으로 4개의 선형 및 비선형식이 유도되었으며, 이들 식 중 $B = 4.572A^{0.175}L^{0.117}Q^{0.278}S^{0.297}n^{0.459}$ 가 결정계수와 평균제곱근오차 비교에서 가장 우수한 식으로 나타났으며, 기 발표된 경험공식과의 비교에서도 계획하폭 산정의 우수함이 검증되었다. 본 연구에서 제안한 소하천의 계획하폭 산정공식은 소하천정비계획 수립시 계획하폭을 결정하기 위한 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 기대한다.

참 고 문 헌

1. 건설교통부(2005). 하천설계기준·해설
2. 전세진, 안태진, 박정웅(1998). 한강유역의 중소하천에 대한 계획하폭 산정, 한국수자원학회 논문집, 제 31권, 제 6호, pp. 765-684.
3. 맹봉재, 이종석, 차영기(2007). 금강 유역내 중규모 하천의 계획하폭 산정, 한국방재학회논문집, 제7권, 제 1호, pp. 47-56.
4. 행정자치부(1999). 소하천 시설기준 제정 연구 보고서